

Holger Arndt
(Universität Bochum)

Modellierung und Simulation im
Wirtschaftsunterricht zur Förderung
systemischen und prozessorientierten
Denkens am Beispiel unternehmensüber-
greifender Kooperation
in Wertschöpfungsketten

Online unter:

http://www.bwpat.de/ausgabe10/arndt_bwpat10.pdf

in

bwp@ Ausgabe Nr. 10 | Juli 2006

Lernfirmen

Hrsg. von Tade Tramm und Franz Gramlinger
<http://www.bwpat.de> | ISSN 1618-8543

www.bwpat.de



ABSTRACT (ARNDT 2006 in Ausgabe 10 von *bwp@*)

Online: www.bwpat.de/ausgabe10/arndt_bwpat10.pdf

Ein wesentliches Charakteristikum der Unternehmenswirklichkeit ist Komplexität, die sich beispielsweise in Zielkonflikten, Nebenwirkungen, Vernetzungen und Dynamiken ausdrückt. In diesem Zusammenhang kommt der beruflichen Bildung die Aufgabe zu, Schüler für die damit einhergehenden Herausforderungen zu qualifizieren, also Handlungskompetenz im Kontext komplexer Rahmenbedingungen zu entwickeln. An Fächergrenzen orientierter Unterricht kann dem nur bedingt gerecht werden. Dazu kontrastierend verspricht der von komplexen Fragestellungen ausgehende Lernfeldansatz ganzheitliche und prozessorientierte Denk- und Handlungsschemata zu fördern. Gleichwohl stellt sich auch hier die Frage, wie die Komplexität der Wirklichkeit im schulischen Umfeld derart anzupassen ist, dass Schülern die wesentlichen Strukturen und Zusammenhänge deutlich werden.

Eine Antwort darauf gibt die in Wissenschaft und zunehmend auch in Schule verbreitete Methode Modellbildung. Modelle reduzieren den Detailreichtum des zugrunde liegenden Sachverhalts derart, dass dessen als relevant erachteten Eigenschaften deutlicher hervortreten. Neben gegenständlichen, verbalen, mathematischen, virtuellen und grafischen Modellen stellen Lernfirmen eine Modellvariante dar, die Schülern einen anschaulichen, aktiv handelnden Lernprozess ermöglicht und sie mit realitätsnahen und somit ganzheitlichen und motivierenden Problemen konfrontiert. Nachteilig wirkt sich die Nähe zum Arbeitshandeln hinsichtlich des Erkennens von größeren Zusammenhängen aus. Insofern bedarf es ergänzend einer distanzierteren Betrachtungsweise, die ein Einordnen, Strukturieren und Transferieren der Tätigkeiten ermöglicht. Dies lässt sich besonders gut erreichen mit logischen Bildern wie ereignisgesteuerten Prozessketten, Wertschöpfungskettendiagrammen, Wirkungsdiagrammen und der System-Dynamics-Notation.

System-Dynamics ist eine computerbasierte Modelliermethodik, welche die Darstellung von vernetzten dynamischen Systemen erlaubt. Darüber hinaus können Simulationen durchgeführt werden, was das Testen unterschiedlicher Handlungsstrategien in kürzester Zeit ohne negative Konsequenzen ermöglicht und somit besondere Lernchancen eröffnet. Die skizzierte Unterrichtsreihe zur Analyse des Peitscheneffekts im Rahmen des Supply Chain Managements verdeutlicht die Chancen des Einsatzes von System-Dynamics im Unterricht und zeigt Transferpotenziale zu anderen Unterrichtsgebieten auf. Die Anwendungsgebiete der Methode sind als Komplement zur Lernfirmenarbeit geeignet, so dass sich im Unterricht die Kombination von konkretem Lernhandeln in Lernfirmen und abstrakterem qualitativen und quantitativen Modellieren und Simulieren empfiehlt.

Modellierung und Simulation im Wirtschaftsunterricht zur Förderung systemischen und prozessorientierten Denkens am Beispiel unternehmensübergreifender Kooperation in Wertschöpfungsketten

1 Einleitung

Ausgehend von der Darstellung betriebswirtschaftlicher Hintergründe zur Prozessorientierung und spezifischer Herausforderungen des Supply Chain Managements im folgenden Abschnitt werden im dritten Abschnitt Anforderungen an qualifizierte Mitarbeiter abgeleitet, die wiederum Konsequenzen für den Wirtschaftsunterricht an Berufsschulen zur Folge haben. Hierbei ist insbesondere die Fähigkeit zu systemischem und prozessorientiertem Denken relevant, die gut im Rahmen des Lernfeldkonzepts förderbar ist, da es von ganzheitlichen und komplexen Lernsituationen ausgeht. Komplexe Lerngegenstände lassen sich bevorzugt mit Modellen erschließen. Im vierten Abschnitt werden Modelltypen, die für den Wirtschaftsunterricht besonders bedeutsam sind, im Hinblick auf deren Eignung zur Entwicklung systemischen Denkens miteinander verglichen. Die diesbezüglich besonders geeignete Modellierungsmethode System Dynamics wird im fünften Abschnitt vorgestellt und deren Einsatzmöglichkeiten im Unterricht aufgezeigt. Das Potenzial der Methode wird im sechsten Abschnitt anhand der Skizze einer Unterrichtsreihe veranschaulicht, die im Wesentlichen den Peitscheneffekt zum Gegenstand hat.

2 Betriebswirtschaftliche Ausgangssituation: Prozessorientierung, Supply Chain Management und komplexe Systeme

Aufgrund der betriebswirtschaftlichen Megatrends wie beispielsweise dem Wandel zu Käufermärkten, verkürzten Produktlebens- und Innovationszyklen, steigenden Kundenanforderungen und immer leistungsfähigerer Informations- und Kommunikationstechnologie sehen sich Unternehmen anspruchsvollen Herausforderungen gegenübergestellt. Der Optimierung des Metazieldreiecks ‚Kosten – Qualität – Zeit‘ kommt infolgedessen verstärkte Bedeutung zu. Bis Anfang der 90er Jahre dominierten lokale Optimierungsbemühungen im Rahmen einer auf funktionale Spezialisierung ausgerichteten Aufbauorganisation entsprechend den Überlegungen zu Arbeitsteilung von beispielsweise Smith, Taylor und Ford. Aufgrund der vielfältigen Probleme dieses Ansatzes – insbesondere Schnittstellenbildung, demotivierte Mitarbeiter, mangelnde Kundenorientierung und erhöhter Aufwand zur Steuerung und Koordination der funktionalen Einheiten – vollzieht sich seit Beginn der 90er Jahre in den Wirtschaftswissenschaften und der unternehmerischen Praxis ein Paradigmenwechsel weg von der Funktions- hin zur Prozessorientierung. Dies betrifft die Aufbauorganisation dahingehend, dass ihr Zentralisationsprinzip nicht verrichtungs-, sondern objektbezogen ist, wobei die

zentralen Prozesse als Strukturierungsobjekte dienen. Mit Prozessorientierung gehen Maßnahmen zur Erhöhung der Flexibilität, Agilität und Schlantheit einher, was sich beispielsweise in konkreten Managementkonzeptionen wie Lean Management, Total Quality Management und Supply Chain Management niederschlägt (ARNDT 2005a).

Unter Supply Chain Management wird im Hinblick auf die in Abschnitt sechs dargestellte Unterrichtsreihe „die unternehmensübergreifende Koordination und Optimierung der Material-, Informations- und Wertflüsse über den gesamten Wertschöpfungsprozess von der Rohstoffgewinnung über die einzelnen Veredelungsstufen bis hin zum Endkunden mit dem Ziel, den Gesamtprozess sowohl zeit- als auch kostenoptimal zu gestalten“ verstanden (Arndt 2005a, 46). Prozessorientierung im Rahmen des Supply Chain Managements beinhaltet die Zielsetzung eines harmonischen, engpassfreien Ablaufs der Material- und Informationsflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette und geht damit über die bloße Abstimmung direkt benachbarter Teilprozesse hinaus (LA ROCHE/ SIMON 2000). An dieser Stelle ist ein besonderes Merkmal dynamischer Komplexität zu berücksichtigen; Entscheidungen können lokal rational sein, bezogen auf die gesamte Prozesskette jedoch insgesamt dysfunktional (STERMAN 2000), beispielsweise wenn ein Unternehmen Lagerkosten zulasten der Lieferfähigkeit reduziert und in Folgestufen deswegen teilweise die Produktion still steht. Angesichts einer angestrebten Win-Win-Situation im Rahmen einer langfristigen vertrauensvollen Zusammenarbeit gilt dies umso mehr, besonders bei Anerkennung der Entwicklung, dass weniger einzelne Unternehmen als ganze Supply Chains miteinander konkurrieren (WEBER/ DEHLER 2000). Innerhalb einer Supply Chain sind Unternehmen auf die Lieferfähigkeit ihrer Lieferanten angewiesen. Angesichts niedriger Bestände zur Minimierung der Lagerkosten kommt der Lieferzuverlässigkeit besondere Bedeutung zu. Fällt nur ein Glied der Kette aus, kann dies fatale Folgen für nachgelagerte Unternehmen haben.

Ein zentrales Problem der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit, dessen Bewältigung im Rahmen des Supply Chain Management hohe Bedeutung zukommt, ist der so genannte Peitscheneffekt (siehe Abschnitt sechs). Dieser Begriff bezeichnet das Phänomen steigender Oszillationen der Bestellmenge mit zunehmender Distanz eines Unternehmens vom Endkunden. Bei einer Wertschöpfungskette, die beispielsweise aus Einzelhändler, Großhändler, Regionallager und Fabrik besteht, führt eine kleine Änderung der Endkundennachfrage häufig zu etwas größeren Änderungen des Bestellverhaltens des Einzelhändlers an den Großhändler, der noch mehr bei seinen Lieferanten bestellt bis schließlich sehr große Bestellungen beim Hersteller ankommen. Da aufgrund zu hoher Bestellungen die Lager nach einiger Zeit überfüllt sind, folgt eine Phase, in der auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette nur wenig bestellt wird. Die Konsequenzen dieses Phänomens sind stark schwankende Lagerbestände mit der paradoxen Situation niedriger Lieferfähigkeit bei hohen Lagerkosten. Die Ursachen des Peitscheneffekts liegen in Zeitverzögerungen des Informations- und Materialflusses, fehlenden oder verzerrten Informationen über die aktuelle und künftige Endkundennachfrage, langen Wertschöpfungsketten und vor allem in suboptimalen Bestellentscheidungen der verantwortlichen Mitarbeiter, welche die dem „System Wertschöpfungskette“ immanente Komplexität nicht adäquat berücksichtigen (MILLING/ GRÖBLER 2001).

Komplexität entsteht in Systemen insbesondere, wenn sie Rückkopplungsschleifen enthalten, ihre Elemente miteinander vernetzt sind und sich ihr Verhalten im Zeitverlauf ändern kann. Komplexe Systeme sind schwer zu steuern, da ihr Verhalten gekennzeichnet ist durch Nicht-linearität, Irreversibilität, Kontraintuitivität, Absichtsresistenz, Nebenwirkungen und Oszillationen aufgrund von Zeitverzögerungen (SENGE 1990). Beispiele für Konsequenzen von Fehlentscheidungen in komplexen Systemen finden sich in fast allen Bereichen menschlichen Wirkens. Zu erwähnen sind im wirtschaftlichen Kontext neben dem Peitscheneffekt unterschiedliche Schweinezyklen (ARNDT 2005b) und Probleme des Arbeitsmarkts sowie der sozialen Sicherungssysteme (ARNDT 2006).

3 Neue Qualifikationsanforderungen und das Lernfeldkonzept

Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen die Notwendigkeit zum kompetenten Handeln in komplexen Systemen, das Vernetzungen, Nebenwirkungen, Zeitverzögerungen und Zielkonflikte berücksichtigt. Gleichwohl zeigen alltägliche Beobachtungen (siehe obige Beispiele) und kognitionspsychologische Studien zum Handeln in komplexen Systemen große Defizite in diesem Bereich (DÖRNER 1992; FUNKE 1985). Stattdessen ist eine Tendenz zu linearem, monokausalem Denken zu konstatieren, wie in Abbildung 1 dargestellt.

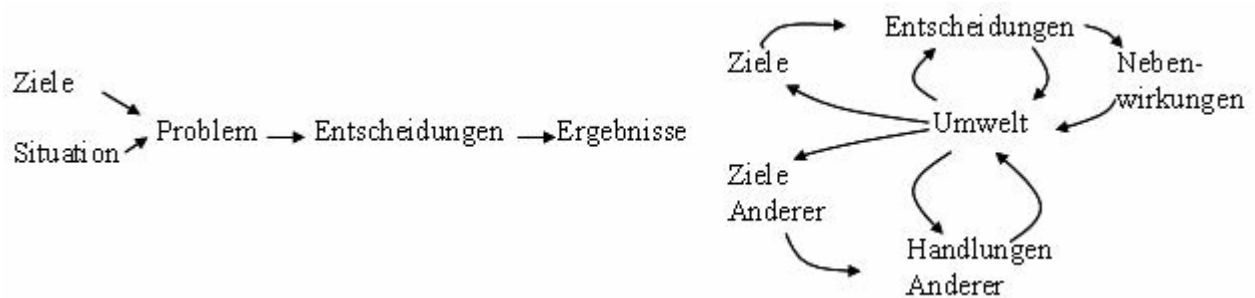


Abb. 1: Lineare vs. komplexe Denkstrukturen

Um Ansatzpunkte zur Behebung dieser Defizite im Unterricht zu finden, bedarf es der Klärung ihrer Ursachen. In diesem Zusammenhang hilft das Konstrukt des Mentalen Modells. Hierunter wird das domänenspezifische Wissen eines Individuums verstanden, das auch Strukturzusammenhänge und dynamische Verhaltensweisen eines Gegenstandsbereichs umfasst. Mentale Modelle ermöglichen Menschen gedankliche Simulationen durchzuführen, wodurch sie Schlüsse ziehen, neue Ideen und Konzepte ableiten und künftige Zustände antizipieren können. Nach NORMAN sind mentale Modelle unvollständig, stabil und unwissenschaftlich (NORMAN 1983). In diesem Zusammenhang lässt sich „Lernen“ definieren als Veränderung mentaler Modelle aufgrund theoretischer Reflektion oder früherer Erfahrungen. Lernprozesse können gefördert werden, wenn Entscheidungen, die aufgrund ungeeigneter mentaler Modelle getroffen wurden, nicht zu den gewünschten Ergebnissen führen. Wird ein individuelles mentales Modell als ineffektiv erkannt, besteht die Bereitschaft es anzupassen. In diesem Zusammenhang kommt Unterricht die Aufgabe zu, entsprechende kognitive Disso-

nenzen zu provozieren und bei der so entstehenden Gelegenheit zur Veränderung den Lernprozess mit Strukturierungsangeboten zu unterstützen. Im Hinblick auf systemisches Denken kann die Förderung hinsichtlich folgender vier Dimensionen nach OSSIMITZ (2000, 52) erfolgen:

1. Vernetztes Denken, das neben vernetzten Wirkungsbeziehungen insbesondere indirekte Wirkungen und Rückkopplungen berücksichtigt.
2. Dynamisches Denken, das insbesondere zum Erkennen langfristiger Wirkungen befähigt.
3. Denken in Modellen, das u.a. die Prämissen von Modellen, deren Anwendungsbereiche und Transfermöglichkeiten auf reale Situationen umfasst. Darüber hinaus gehört hierzu die Fähigkeit, eigene Modelle zu erstellen.
4. Systemgerechtes Handeln, womit die bewusst-reflektierte auch langfristig erfolgreiche Steuerung komplexer Systeme gemeint ist.

Neben der Fähigkeit zu systemischem Denken ist für Mitarbeiter von Unternehmen außerdem Team- und Kommunikationsfähigkeit sowie eigenverantwortliches Handeln von Bedeutung. Werden solche Kompetenzen auch in anderen Fächern gefördert, sind Entwicklung von Kundenorientierung und die Bereitschaft zur permanenten Verbesserung primär Gegenstand des Wirtschaftsunterrichts. Als weiteres Ziel ist der Erwerb von Fachkompetenz zu erwähnen, die breiter angelegt sein muss als bei funktionsorientierten Stellenbeschreibungen und erhöhte IT-Kompetenz mit einschließt. Noch wesentlicher ist jedoch die Fähigkeit zu prozessorientiertem Denken. Damit geht eine Erweiterung der Perspektive und des Verständnisses über die eigene Abteilung (oder bei vielen Mitarbeitern auch nur über den eigenen Arbeitsplatz) hinaus zum verantwortungsbewussten Handeln im Interesse des Gesamtunternehmens bzw. der ganzen Wertschöpfungskette.

Eine wesentliche Zielsetzung der Berufsschule besteht in der Qualifikation der Schüler hinsichtlich deren künftiger beruflicher Anforderungen. Traditionell ist der Berufsschulunterricht eher fachwissenschaftlich ausgerichtet. Die systematische Erschließung abstraktionshierarchischer Begriffstrukturen bedingt Klassenbildung und Prinzipien der Überordnung und Deduktion. Diese Abbildung der fachwissenschaftlichen Systematik der funktionsorientierten speziellen Betriebswirtschaftslehren im kaufmännischen Unterricht korrespondiert sehr gut mit den Systematiken funktionaler Aufbauorganisationen von Unternehmen. Anders formuliert: Die funktionale Sichtweise dominiert sowohl die wissenschaftliche Forschung, als auch den kaufmännischen Unterricht und die betriebliche Praxis. Konkret: Theoretische Erkenntnisse der Absatzlehre werden im Fach allgemeine Betriebswirtschaftslehre analog zur wissenschaftlichen Strukturierung vermittelt – wenngleich nur exemplarisch und didaktisch reduziert – und im Beruf in der Marketingabteilung angewendet (TRAMM 2003). Mit dem oben skizzierten Wandel der Unternehmenskultur zur Prozessorientierung entsteht allerdings ein Spannungsfeld zwischen beruflichen Anforderungen und von der Schule vermittelten Inhalten bzw. Kompetenzen. Weiterhin ergibt sich bei fachwissenschaftlich orientiertem Unterricht häufig das Problem des „trägen Wissens“, das außerhalb der ursprünglichen Lernsituation nicht erfolgreich angewendet werden kann. Ferner überwiegt in der Unterrichtspraxis die

Vermittlung von unverbundenem Detailwissen während die Erarbeitung struktureller Zusammenhänge anhand komplexer, realistischer Probleme nur geringen Raum einnimmt (ACHTENHAGEN 1984; REBMANN 1993). Die Förderung prozessorientierten und systemischen Denkens ist unter solchen Rahmenbedingungen deutlich erschwert.

Als Reaktion auf die entsprechend vorgebrachte Kritik an den Berufsschulen seitens der Wirtschaftsverbände sind die „Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe“ von 1996 zu verstehen. Damit verlagert sich der Schwerpunkt von Lehrplänen, die prinzipiell im Spannungsfeld von Situations- und Wissenschaftsorientierung stehen, weg von der fachwissenschaftlichen Systematik. Vielmehr bilden berufliche Handlungssituationen den Ausgangspunkt des Lernprozesses, bei denen bereits zu Beginn Informationen aus vielen verschiedenen Bereichen benötigt werden, die durch die jeweilige Situation miteinander verknüpft sind. Ferner steht bei der Arbeit mit Lernfeldern die Vollständigkeit einer Handlung im Zentrum, umfasst also deren Planung, Durchführung und Kontrolle bzw. Reflexion. Entsprechend ergeben sich unterschiedliche Akzentuierungen, insbesondere bzgl. der Stofffülle, Aneignungsabfolge und der Komplexität zu Beginn einer Lerneinheit. Mit dem Lernfeldansatz vollziehen Lehrpläne den Paradigmenwechsel zur Prozessorientierung im unternehmerischen Umfeld für die Berufsschule nach (CLEMENT 2003; TRAMM 2003). Der Lernfeldansatz scheint nicht nur geeignet, den Schülern zu einem prozessorientiertem Verständnis betrieblicher Aktivitäten zu verhelfen, sondern auch, um ihre Fähigkeit zu systemischem Denken zu entwickeln, da er von ganzheitlichen und komplexen Fragestellungen ausgeht und sie multiperspektivisch untersucht. Neben mehreren anderen Problemen und Herausforderungen, die mit der Arbeit mit Lernfeldern einhergehen (siehe z.B. KREMER 2003; GETSCH/PREISS 2003) stellt sich insbesondere die Frage nach dem Umgang mit Komplexität, die bewusst in den Unterricht integriert wird.

4 Methoden der Modellierung im Wirtschaftsunterricht

Bewältigung von Komplexität ist eine zentrale didaktische Aufgabe. Mit Hilfe des didaktischen Prinzips der Reduktion wird der Komplexitätsgrad dem Verständnishorizont der Schüler angepasst. Umgekehrt lässt sich jedoch auch die Fähigkeit der Schüler entwickeln, mit Komplexität umzugehen. Eine Möglichkeit dazu bietet die Arbeit mit Modellen, die insbesondere in den Wirtschaftswissenschaften mit Gewinn angewendet wird. Mit Modellen lässt sich die Komplexität eines Wirklichkeitsbereichs gezielt einschränken, wodurch relevante Strukturen und Zusammenhänge deutlicher hervortreten können (MANKIW 2004). So verstandene Modelle finden sich im Wirtschaftsunterricht neben Planspielen und Lernfirmen beispielsweise als gegenständliche, verbale, mathematische, virtuelle oder grafische Modelle. Die nachstehende Abbildung zeigt eine Auswahl von Modellen, die für den Wirtschaftsunterricht bedeutsam sind und ordnet diese nach den Kriterien (visuelle) Anschaulichkeit und Dynamik. Erstgenannter Aspekt ist relevant zur Unterstützung des Lernprozesses während die Frage der Dynamik eine wesentliche Komponente systemischen Denkens darstellt. Darüber

hinaus sind an den einzelnen Modellvarianten durch entsprechende Zahlen die Dimensionen systemischen Denkens aufgeführt, zu deren Entwicklung sie einen Beitrag zu leisten vermögen. Ein „+“ deutet eine besondere Eignung an.

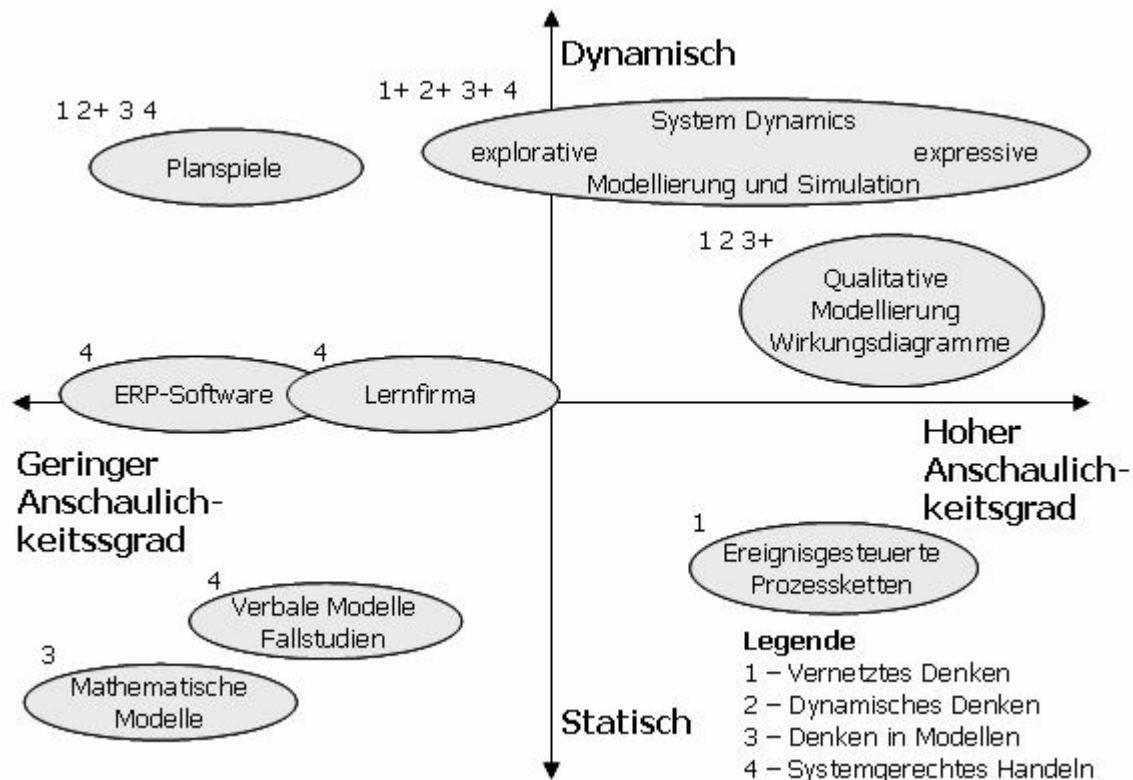


Abb. 2: Typologie ausgewählter Modelliervarianten

- Textmodelle beschreiben einen realen oder fiktiven Sachverhalt verbal. Ein für den Wirtschaftsunterricht bedeutsames Textmodell ist die Fallstudie.

- Mathematische Modelle sind häufig Gegenstand des Wirtschaftsunterrichts, beispielsweise die Andler'sche Formel zur Losgrößenberechnung, die Preisbildung von Monopolisten (Berechnung des Cournot'schen Punkts), mikroökonomische (z.B. Gleichgewichtspreis, Elastizitäten) und makroökonomische Modelle. Mathematische Modelle sind für Schüler jedoch wenig anschaulich und aufgrund ihres hohen Formalisierungsgrads nur für relativ einfache Probleme mit geringer Komplexität verwendbar.

- Ein für den Unterricht zunehmend wichtiger Modelltyp sind Enterprise Resource Planning Programme wie R/3 oder Navision Attain. Sie bilden Unternehmen in ihren Mengen- und Wertströmen weitgehend vollständig im Computer ab. Aus dem zunehmendem Einsatz integrierter ERP-Software und dem gleichzeitig geforderten verbessertem Verständnis der Gesamtzusammenhänge ergibt sich jedoch ein Dilemma. Bei angepassten Softwarelösungen werden viele Tätigkeiten von vernetzter und leistungsfähiger Software übernommen, Teilaufgaben verschwinden sozusagen hinter der Bildschirmoberfläche. Mit der einhergehenden reduzierten Transparenz geht Wissen um die Strukturen und Zusammenhänge tendenziell verloren (GETSCH/ PREISS 2003). Gerade dieses Zusammenhangwissen ist jedoch im Zuge

der Prozessorientierung unabdingbar. Mitarbeiter sehen sich also mit der Herausforderung konfrontiert, effiziente, aber den Gesamtzusammenhang eher verschleiende Software bedienen zu können und sich gleichzeitig eben dieser Zusammenhänge bewusst zu sein.

- Grafische Modelle wie Ereignisgesteuerte Prozessketten, Wirkungsdiagramme und die System-Dynamics-Notation sind dagegen sehr anschaulich und können im Allgemeinen besser verstanden und erinnert werden (NELSON 1979; NELSON / REED/ WALLING 1976; WEIDENMANN 1994).

Ereignisgesteuerte Prozessketten sind besonders geeignet, um betriebswirtschaftliche Prozesse abzubilden und können die potenziellen Probleme der Arbeit mit ERP-Software abbilden, da sie den Gesamtzusammenhang visualisieren und Strukturen transparent machen (ARNDT 2005c; ARNDT 2005d).

Eine einfache Methode zur Förderung systemischen Denkens ist die qualitative Modellierung mit Wirkungsdiagrammen. Sie sind insbesondere zur Darstellung von Systemen mit Vernetzungen und Rückkopplungsschleifen geeignet. Wirkungsdiagramme zeigen kausale Zusammenhänge zwischen Systemvariablen auf, wobei ein Pfeil von der abhängigen Variable auf die unabhängige Variable zeigt. Bei gleichgerichteten Korrelationen wird ein + an den Pfeil geschrieben, während bei gegenläufigen Wirkungsrichtungen ein – am Pfeil steht. (KIM 1992)

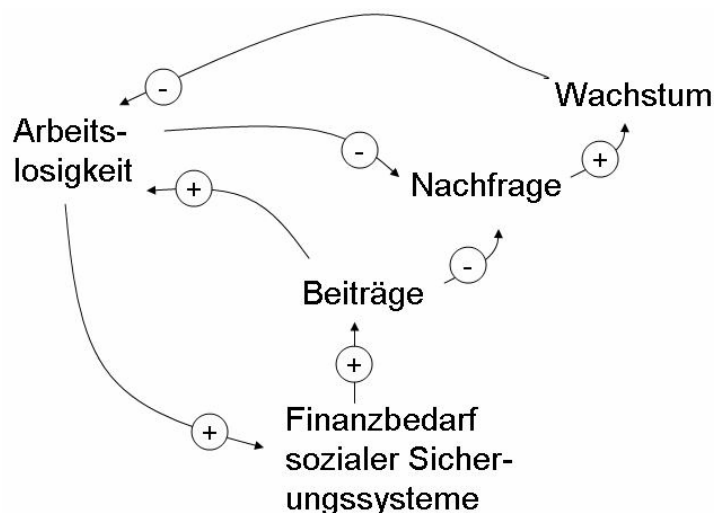


Abb. 3: Beispiel eines Wirkungsdiagramms zur Veranschaulichung des Problems sozialer Sicherungssysteme (ARNDT 2006)

- Im Hinblick auf die Förderung prozessorientierten und systemischen Denkens erscheint die Modellierungs- und Simulationsmethode System Dynamics besonders viel versprechend, weshalb sie im folgenden Abschnitt detailliert erläutert und anschließend mit der Darstellung einer Unterrichtsreihe zum Supply Chain Management veranschaulicht wird.

5 Einsatz von System Dynamics im Unterricht

Im Gegensatz zu rein grafischen Modellierungen wie EPKs oder Wirkungsdiagrammen erlauben Computermodelle deren Simulation, was eine genaue Analyse des dynamischen Systemverhaltens ermöglicht. In diesem Zusammenhang hat sich die von FORRESTER entwickelte System-Dynamics-Modelliermethode besonders bewährt, welche die Modellierung komplexer Systeme mit im Wesentlichen folgenden fünf Notationselementen erlaubt:

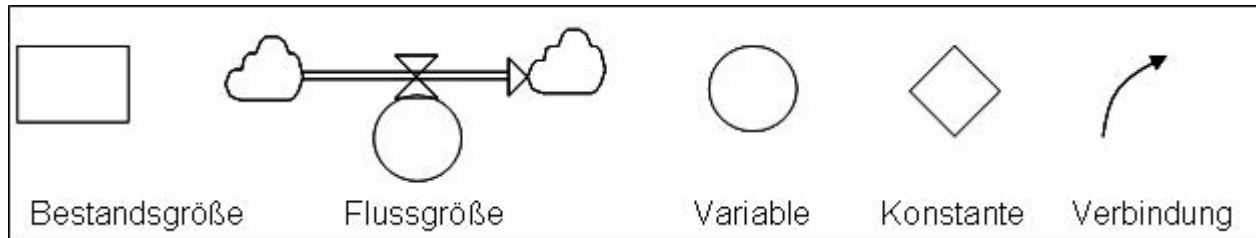


Abb. 4: Elemente der System-Dynamics-Notation

Bestandsgrößen haben einen Anfangswert, der sich im Zeitverlauf durch Zu- und Abflüsse ändern kann. Hier wird jeweils der Wert der Vorperiode gespeichert, auf den in der Folgeperiode Bezug genommen werden kann. Beispiele: Kontostand, Lagerbestand, Menschen im Rentenalter.

Flussgrößen verändern die Bestandsgrößen durch Zu- und Abflüsse, zum Beispiel Einzahlungen, Auszahlungen, Lagerzugänge, Lagerabgänge, Sterbefälle.

Variable sind systemendogene Größen, die in jeder Periode neu berechnet werden. Sie sind durch mathematische Formeln definiert und beziehen sich oft auf andere Größen des Modells, mit denen sie durch Verbindungspfeile verknüpft sein müssen. Beispiele: Zinserträge, Kapitalkosten, Rentenversicherungsbeitrag.

Konstante sind systemexogene Größen, die im Unterschied zu Variablen nicht berechnet sondern als gegeben betrachtet werden. Sie werden vielfach für Berechnungen in Variablendefinitionen verwendet, zum Beispiel Zinssatz, Geburtenrate, Berufsaustrittsalter.

Informationsverbindungen werden durch Pfeile dargestellt. Sie sind nötig, um Informationen an Variable weiterzugeben.

Diese Notation wird von Modellbildungs- und Simulationssoftware wie Powersim, Dynasys oder Stella unterstützt. Mit ihrer Hilfe lassen sich quantitative Modelle nicht nur mathematisch sondern auch grafisch erstellen und darstellen, was intuitiv und anschaulich ist. Softwaretools kommt bei diesen Anwendungen die Bedeutung eines hilfreichen kognitiven Werkzeugs zu, da sie den Anwender und Lernenden von Routineaktivitäten wie mathematischen Berechnungen entlasten, wodurch er seine Konzentration auf die Systemzusammenhänge richten kann (JONASSEN 1991; SWELLER 1988). Bei der Wahl der Software ist allerdings auf deren leichte Handhabbarkeit zu achten. Ansonsten besteht die Gefahr, dass mehr Aufmerksamkeit auf die Softwarebedienung als auf die Modelle gelenkt wird (KLIEME/

MAICHLE 1991; OSSIMITZ 1994; WEIDENMANN 1996). Ein wichtiges Element der Softwaretools besteht in der Funktionalität, auf Basis eines im Computer generierten Modells Simulationen durchzuführen. Dadurch kann in kürzester Zeit untersucht werden, wie ein Modell auf Parametervariationen reagiert, wodurch sich verschiedene Szenarien analysieren und miteinander vergleichen lassen.

Bei der Arbeit mit System-Dynamics im Unterricht sind unterschiedliche Freiheitsgrade möglich. Zu unterscheiden ist prinzipiell die expressive von der explorativen Vorgehensweise (BLISS 1994).

Beim expressiven Arbeiten erstellen Schülerinnen und Schüler selbst Modelle zu komplexen Sachverhalten. Die Lernenden erhalten normalerweise zu Beginn eine verbale Fallschilderung, die im Hinblick auf die relevanten Größen analysiert und anschließend modelliert wird. Zur Unterstützung des Modellierungsprozesses bietet sich die Anfertigung von Wirkungsdiagrammen an. Nachdem alle Elemente (Fluss- und Bestandsgrößen, Variable und Konstanten) definiert und miteinander verbunden sind, lässt sich das Modell simulieren. Um die Schüler nicht zu überfordern, sollte der zugrunde liegende wirtschaftliche Sachverhalt anfangs recht einfach sein und sukzessive komplexer werden. Für das expressive Modellieren spricht die intensive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Prämissen, den Elementen und der Struktur des Modells. Darüber hinaus beschäftigen sich Schüler nachhaltig mit der dem Modell zugrunde liegenden Thematik. Da mit den stofflichen Inhalten aktiv und in einem für die Schüler bedeutungsvollen Zusammenhang gearbeitet wird, kann davon ausgegangen werden, dass sie besser und nachhaltiger in deren kognitive Struktur integriert werden.

Bei der explorativen Arbeit wird Schülern ein bereits (in Teilen oder komplett) konstruiertes Modell zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe erkenntnisleitender Fragestellungen und Aufgaben sollen sie dieses Modell dann untersuchen.

HILLEN hat im Rahmen eines umfangreichen Unterrichtsforschungsprojekts Hinweise darauf gefunden, dass expressives Modellieren bessere Lernergebnisse zur Folge hat, Schüler motiviert und zum kooperativen Arbeiten anregt. Exploratives Arbeiten ist HILLENs Erkenntnissen zufolge geeignet, vorhandene Wissensstrukturen zu vertiefen (HILLEN 2003). Ferner sind Zeitbedarf und benötigte Modellierungskompetenz beim Explorieren deutlich geringer.

Expressives und exploratives Modellieren schließen sich keinesfalls aus, vielmehr sind sie miteinander kombinierbar. So können Lernumgebungen entwickelt werden, die den Fähigkeiten der Lerngruppe, dem Komplexitätsgrad des Stoffs und der verfügbaren Zeit optimal angepasst sind. Beispielsweise kann Schülern ein verbesserungsbedürftiges Grundmodell zur Verfügung gestellt werden. Nachdem sie dieses untersucht und dessen Defizite erkannt haben, wäre es eigenständig weiterzuentwickeln.

Unabhängig von der gewählten Modellierungsmethode ist der Umgang mit Simulationsläufen bedeutsam. Idealerweise sind vor Durchführen einer Simulation deren Ergebnisse zu antizipieren. Die tatsächlichen Simulationsergebnisse können dann mit den erwarteten Resultaten

verglichen werden. Im Falle größerer Abweichungen sind deren Ursachen zu untersuchen. Diese können im Computermodell begründet liegen, das dann zu verbessern wäre. Andererseits könnte die Diskrepanz auch aus falschen inhaltlichen Vorstellungen bzw. defizitären mentalen Modellen der Schüler resultieren. Simulationen können somit Verständnisdefizite aufdecken und zu deren Beseitigung beitragen. Dieses Potenzial lässt sich jedoch nur nutzen, wenn die Ergebnisse der Simulationen bewusst hinterfragt werden. Ein gedankenloses Simulieren führte zu einem wenig lernförderlichen Video-Spiel-Syndrom (LEWALTER 1997; SCHNOTZ 1997; STERMAN 2000).

Empirische Studien (z.B. BERENDES 2002; HILLEN 2003; KLIEME/ MAICHLE 1994; OSSIMITZ 2000) belegen, dass die System-Dynamics-Methode Lernenden beim Verständnis komplexer Systeme hilft, indem sie daran gewöhnt werden, sowohl in Modellen zu denken als auch Dynamiken und Vernetzungen adäquat zu berücksichtigen. Insofern lässt sich mit der Methode generell die Fähigkeit zu systemischem Denken fördern. Bei geeigneten Lernumgebungen bzw. Inhalten kann auch die Prozessorientierung entwickelt werden, wie im folgenden Abschnitt gezeigt wird.

6 Skizze einer Unterrichtsreihe zur Förderung systemischen und prozessorientierten Denkens: Der Peitscheneffekt in Wertschöpfungsketten

Um für den in Abschnitt zwei erläuterten Peitscheneffekt in Wertschöpfungsketten zu sensibilisieren und um im systemischen Denken zu schulen, hat FORRESTER (1961) das so genannte Beer Distribution Game entwickelt, das seither Tausende Studenten und Manager kennen gelernt haben. Auf der Idee dieses Spiels aufbauend hat ARNDT (2002) eine umfassende Lerneinheit entwickelt, die mit Hilfe der System Dynamics Methode und der Software Powersim (zu der eine kostenlose Light-Version verfügbar ist, z.B. unter <http://www.uniklu.ac.at/users/gossimit/sw/PSLite.exe>) den Peitscheneffekt in Wertschöpfungsketten untersucht. Nachstehend wird die zugehörige Unterrichtsreihe skizziert, für die ca. vier Doppelstunden benötigt werden. Kennen die Schüler weder die System-Dynamics-Methode noch die Software Powersim, sollten ca. ein bis zwei weitere Doppelstunden eingeplant werden, um entsprechende Grundlagen zu vermitteln, beispielsweise mit Hilfe eines Tutorials von ARNDT (2005e). Sämtliche Modelle, Arbeitsblätter, Präsentationsfolien und theoretische Hintergrundinformationen können für nichtkommerzielle Zwecke kostenlos unter http://arndt-sowi.de/publikationen/scm/k4_planspiel_scm.zip herunter geladen werden.¹

Der Einstieg in die Problematik erfolgt mittels einer Folie, in der die betriebswirtschaftlichen Kernthemen der Stunde und der ganzen Unterrichtsreihe angedeutet sind: ein ungeduldig wartender Kunde, langsame Transportwege zwischen Einzelhändler und Kunde, ein hoher Lagerbestand des Einzelhändlers, die weiteren Mitglieder der Supply Chain.

¹ Ausführlichere didaktische Hinweise zur Unterrichtsreihe finden sich in ARNDT (2002).



Abb. 5: Ausgangssituation der Unterrichtsreihe

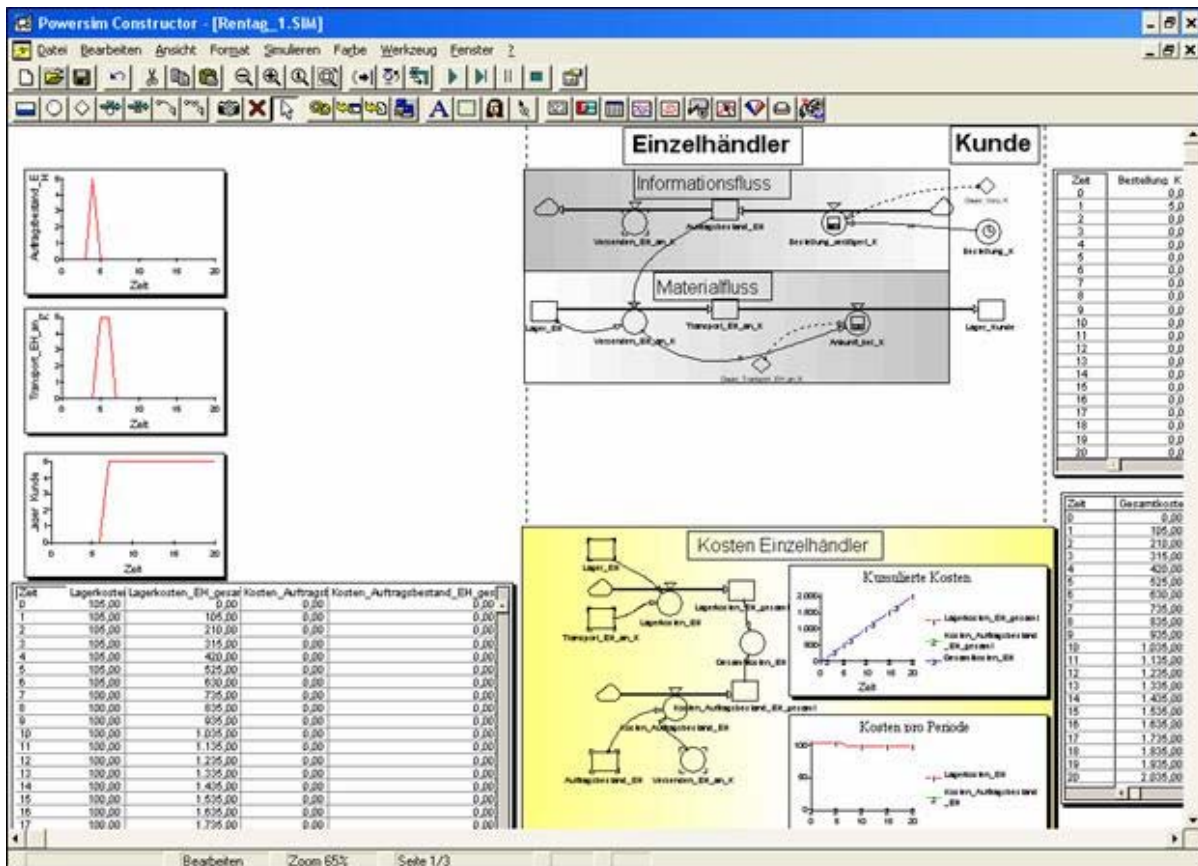


Abb. 6: Das Basismodell (Rentag_1.SIM)

Darauf aufbauend sollen die Schüler arbeitsblattgeleitet (siehe Abb. 6) drei zugehörige Modelle mit zunehmendem Komplexitätsgrad explorieren. Außer den Material- und Informationsflüssen sind auch die Kostenstrukturen modelliert. Die Lernenden sollen die Modelle analysieren, kritisieren und verbessern und sich so mit der deren Struktur und Prämissen vertraut machen.

In der folgenden Einheit der Unterrichtsreihe wird die Perspektive auf die gesamte viergliedrige Wertschöpfungskette ausgedehnt, die aus je einem Einzelhändler, Großhändler, Regionallager und einer Fabrik besteht. Nach einer kurzen Vorstellung der Regeln und Ziele, kann das Netzwerkspiel begonnen werden.² Vierergruppen steuern jeweils eine Wertschöpfungskette, wobei jeder Schüler ein Unternehmen lenkt. Das Ziel des Spiels besteht darin, Kosten sowohl der einzelnen Unternehmen als auch der gesamten Wertschöpfungskette zu minimieren. In jeder Spielperiode ist lediglich eine Entscheidung bezüglich der Bestellmenge (im Falle der Fabrik der Produktionsmenge) zu treffen. Optimale Bestellmengen führen zu niedrigen Lagerhaltungskosten bei gleichzeitig hoher Lieferfähigkeit. Um gute Bestellentscheidungen treffen zu können, sollten die Größen Auftragseingang, Auftragsbestand, bisherige Bestellungen beim Lieferanten und Lagerbestand berücksichtigt werden. Da Informationsverzögerungen hinsichtlich der Bestellungen eine wichtige Ursache des Peitscheneffekts sind, dürfen Schüler nicht direkt sondern nur über den Computer (siehe Abbildung 7) miteinander kommunizieren. Während des Spiels sollen nicht nur Bestellentscheidungen getroffen, sondern auch die zugehörigen Überlegungen schriftlich festgehalten werden, so dass die Analyse nach dem Spiel erleichtert wird.

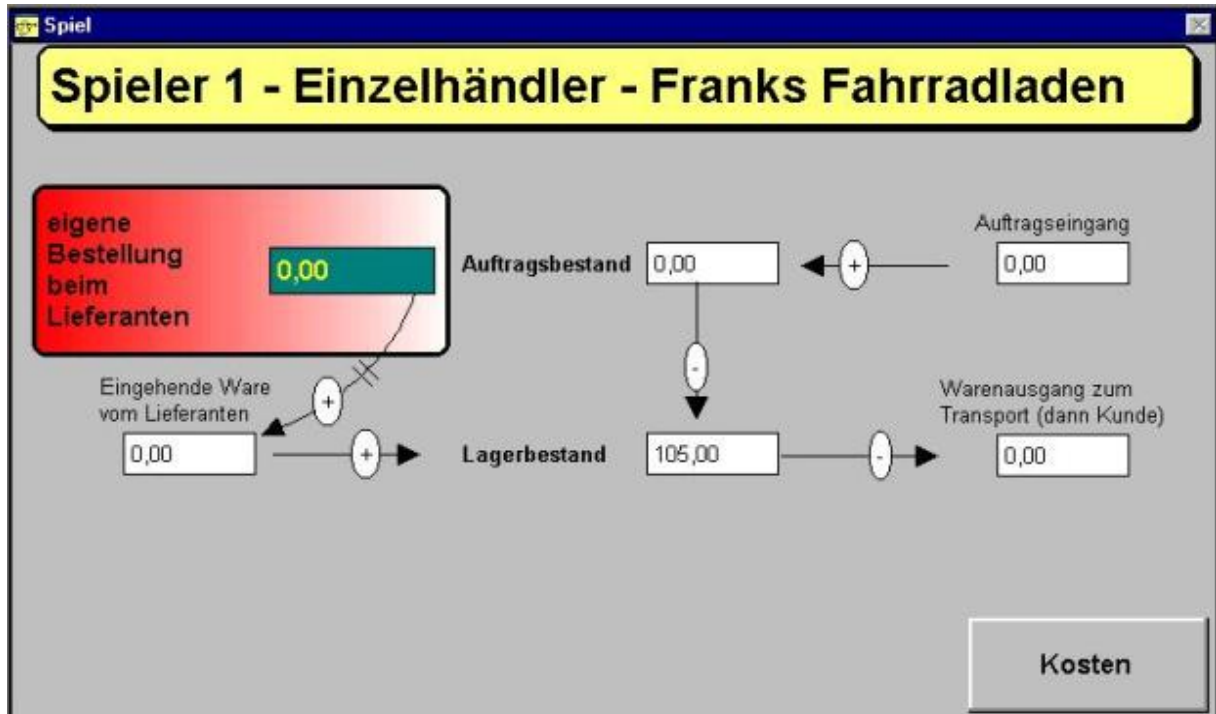


Abb. 7: Entscheidungsumgebung des Netzwerkspiels

² Die Installation des Netzwerkspiels setzt vertiefte Kenntnisse voraus. Alternativ kann diese Unterrichtsphase auch mit einem online verfügbaren Spiel gestaltet werden: <http://www.beergame.lim.ethz.ch/>

Zu Beginn des Spiels befindet sich die Wertschöpfungskette bei konstanten Bestellungen von 10 Fahrrädern pro Periode im Gleichgewicht. Kurz danach steigt die Nachfrage auf 20 Räder und bleibt bis zum Ende des Spiels konstant. In der Folge fällt das System Wertschöpfungskette aufgrund Verzögerungen des Material- und Informationsflusses und falscher Bestellentscheidungen meistens in ein starkes, andauerndes Ungleichgewicht. So bestellen Spieler oft deutlich zu viel, nur weil sie selbst einen hohen Auftrags- und geringen Lagerbestand haben. Dabei werden die eigenen Bestellungen – die jedoch noch nicht angeliefert wurden – meist nicht hinreichend berücksichtigt, so dass nach einiger Zeit deutlich mehr Artikel geliefert werden, als benötigt, was explodierende Lagerbestände zur Folge hat.

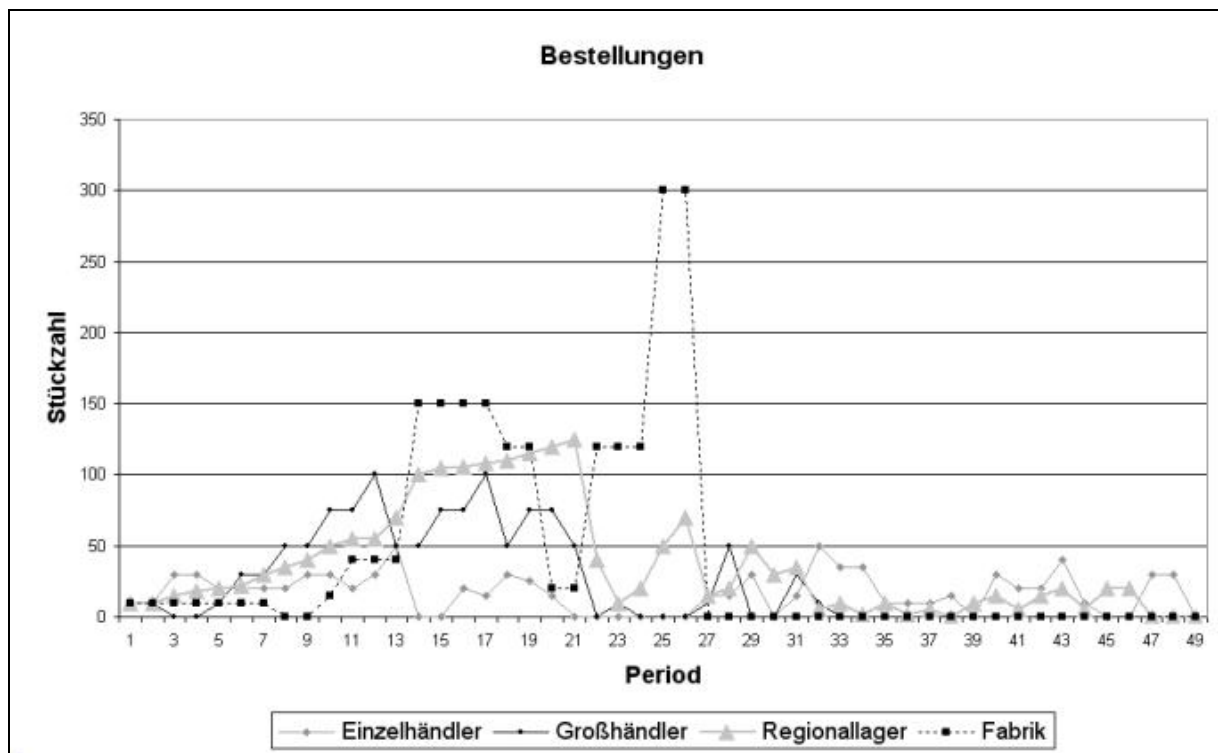


Abb. 8: Peitscheneffekt im Spielverlauf

Das Diagramm illustriert den Peitscheneffekt sehr deutlich: Je weiter ein Unternehmen vom Endkunden entfernt ist, desto höher werden seine Bestell- bzw. Produktionsspitzen. So hat die Fabrik beispielsweise zwei Perioden mit einer Produktionszahl von jeweils 300 Rädern obwohl die Endkundennachfrage nur bei 20 Fahrrädern pro Periode liegt. Außerdem wird nach der 27. Runde nichts mehr produziert, da die Lagerbestände der anderen Unternehmen ebenfalls sehr hoch sind. Dem Spiel folgt die Analyse der Probleme und die Suche nach Lösungsansätzen, wie beispielsweise Reduktion der Zeitverzögerungen, Information aller Unternehmen über die tatsächliche Endkundennachfrage, Reduktion der Länge der Wertschöpfungskette und Verbesserung des Bestellverhaltens.

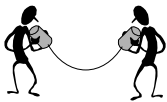
In der nächsten Einheit der Unterrichtsreihe erhalten die Schüler verschiedene Modelle, mit denen sie die Auswirkungen der vorgeschlagenen Verbesserungsmöglichkeiten analysieren

können. In einem Modell ist beispielsweise die „No-Strategy“-Strategie modelliert, bei der jedes Mitglied der Wertschöpfungskette genau die Menge der jeweiligen Endkundennachfrage bestellt bzw. produziert. Die Schüler untersuchen die Modelle und deren Verhalten, antizipieren die Simulationsergebnisse und vergleichen diese mit ihren eigenen Ergebnissen. Dieser Lernprozess wird durch entsprechende Arbeitsblätter (siehe Abbildung 9) strukturiert.

2 – Öffnen Sie die Datei `SCM_Opt2.SIM`

Auch hier bestellt der Computer nach der ‚No-Strategy‘-Strategie.
Das ist das optimierte Modell:

- eine SC-Stufe weniger, das Regionallager wurde aufgelöst.
- Informationen werden geteilt.
- Transportdauer der Fahrräder auf einen Tag reduziert.




2.1 Analysieren Sie die Kostenentwicklung

2.2 Momentan erfolgt in der zweiten Periode ein Nachfragesprung auf 20 Fahrräder.
Schätzen Sie die zuerst die Gesamtkosten für 50 Räder und ermitteln Sie anschließend den Wert durch Simulation. Tun Sie im Anschluss das Gleiche für 70 Fahrräder.

	<i>geschätzte Gesamtkosten</i>	<i>tatsächliche Gesamtkosten</i>
a) 50 Fahrräder	_____	_____
b) 70 Fahrräder	_____	_____

2.3 Evtl. haben die Ergebnisse Sie überrascht. Erklären Sie die Unterschiede der Kosten bei Bestellmengen von 20, 50 und 70 Fahrrädern. Wie brauchbar ist die ‚No-Strategy‘-Strategie?



Zeit: 10 Minuten

Abb. 9: Beispiel eines Arbeitsblatts zur Modellexploration

Nachdem die Schüler die Wertschöpfungskette mit optimierter Struktur und die Stärken und Schwächen der „No-Strategy“-Strategie untersucht haben, sollen sie eine bessere Strategie entwickeln. Dabei werden sie mit einem auf den Modellen aufsetzenden „Management-Cockpit“ unterstützt.

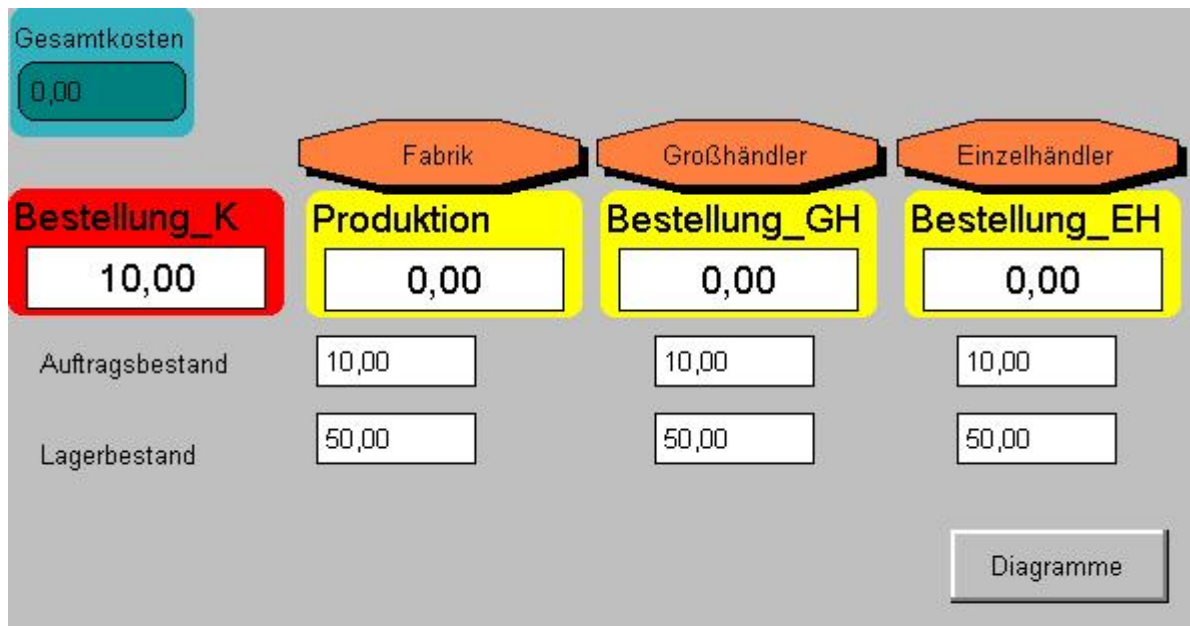


Abb. 10: Management Cockpit zur Unterstützung der Strategieentwicklung

Zum Abschluss der Unterrichtsreihe soll das Gelernte von den Schülern zusammengefasst werden. Ferner sind Transfermöglichkeiten der Modellerkenntnisse auf reale Sachverhalte zu erörtern. Abschließend könnte die Unterrichtsreihe selbst Gegenstand konstruktiver Kritik sein, was die Entwicklung metakognitiver Fähigkeiten zu fördern vermag.

7 Fazit

Wie in den Abschnitten drei und vier gezeigt wurde, ist die Arbeit mit Modellen im Unterricht geeignet, um systemisches und bei geeigneten Inhalten auch prozessorientiertes Denken der Schüler zu fördern. Besonderes Potenzial hat in dieser Hinsicht die computergestützte Modellierung und Simulation mit System Dynamics, die vernetzte Systeme anschaulich darzustellen und deren dynamisches Verhalten aufzuzeigen vermag. Gleichwohl haben die anderen dargestellten Modelliermethoden ebenfalls ihre Berechtigung im betriebswirtschaftlichen Unterricht. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, in welchen Situationen welche Modelliermethode idealerweise zu verwenden bzw. wie die verschiedenen Methoden aufeinander zu beziehen sind.

Sehr viele Lerngegenstände dürften gut im Rahmen von Lernfirmen erarbeitbar sein, wobei ERP-Software integriert werden sollte. Durch prozessbezogene Visualisierungen – beispielsweise mithilfe ereignisgesteuerter Prozessketten – lassen sich die Lernhandlungen strukturieren und in einen größeren Kontext einbetten. Gleichwohl stoßen diese Methoden bei dynamischen Phänomenen wie dem Peitscheneffekt oder der Preisbildung auf Märkten (ARNDT 2005b) an Grenzen. Solche Lerngegenstände sind besser durch Modellierung und Simulation zu erschließen.

Dieser Vorschlag beruht jedoch nur auf Plausibilitätsüberlegungen und ist noch nicht empirisch belegt. Die Entwicklung und Evaluation entsprechender Lerneinheiten wäre eine für die Wissenschaft herausfordernde und die Unterrichtspraxis hilfreiche Aufgabe.

Literatur

ACHTENHAGEN, F. (1984): Didaktik des Wirtschaftslehreunterrichts. Opladen.

ARNDT, H. (2002): Förderung der Handlungskompetenz durch Modellbildung und Simulation in der kaufmännischen Ausbildung – konkretisiert an der Neuordnung des Ausbildungsberufs Industriekaufmann/Industriekauffrau. *Erziehungswissenschaft und Beruf* 4/2002, 407-427:

ARNDT, H. (2005a): Supply Chain Management. Optimierung logistischer Prozesse. Wiesbaden.

ARNDT, H. (2005b): Was der Schweinezyklus mit Angebots- und Nachfragekurven zu tun hat - Systemdynamische Modellierung und Simulation im Unterricht am Beispiel des Preisbildungsmodells. *Unterricht Wirtschaft* 4/2005, 18-22.

ARNDT, H. (2005c): Regeln statischer Prozessmodellierung. Online: <http://www.lehrer-online.de/url/notation-prozessmodellierung> (10-06-2006).

ARNDT, H. (2005d): Betriebswirtschaftliche Prozessmodellierung mit ARIS. Online: <http://www.lehrer-online.de/url/prozessmodellierung-mit-aris> (10-06-2006).

ARNDT, H. (2005e): Einführung in die Modellierung mit Powersim. Online: <http://www.lehrer-online.de/url/powersim-tutorial> (10-06-2006).

ARNDT, H. (2006): Qualitative und quantitative Modellbildung zur Entwicklung von Urteils- und Handlungskompetenz in komplexen Systemen am Beispiel der sozialen Sicherungssysteme im politisch-ökonomischen Unterricht. Erscheint in: SEEBER, G. (Hrsg.): Die Zukunft der sozialen Sicherung als Herausforderung für die ökonomische Bildung. Bergisch Gladbach.

BERENDES, K. (2002): Lenkungscompetenz in komplexen ökonomischen Systemen: Modellbildung, Simulation und Performanz. Wiesbaden.

BLISS, J. (1994). From mental models to modelling. In: MELLAR, H./ BLISS, J./ BOOHAN, R./ OGBORN, J./ TOMPSETT, C. (Hrsg.): Learning with artificial worlds: Computer based modelling in the curriculum. London, 27-32.

CLEMENT, U. (2003): Fächersystematik oder Situationsorientierung als curriculare Prinzipien für die berufliche Bildung? In: *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, Ausgabe Nr. 4. Online: http://www.bwpat.de/ausgabe4/clement_bwpat4.shtml (20-06-2006).

DÖRNER, D. (1992): Die Logik des Misslingens. Reinbek.

FORRESTER, J. (1961): Industrial Dynamics. Cambridge.

FUNKE, J. (1985): Problemlösen in komplexen computersimulierten Realitätsbereichen. In: Sprache und Kognition, 4, 113-129.

GETSCH, U./ PREISS, P. (2003): Geschäftsprozessorientierter Einsatz integrierter Informationssysteme als Herausforderung für die didaktische Reduktion lernfeldstrukturierter Lehrpläne. In: *bwp@* Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe Nr. 4. Online: http://www.bwpat.de/ausgabe4/getsch_preiss_bwpat4.shtml (20-06-2006).

HILLEN, S. (2003): Systemdynamische Modellbildung und Simulation im kaufmännischen Unterricht. Frankfurt am Main.

JONASSEN, D. (1991): What are cognitive Tools? In: KOMMERS, P./ JONASSEN, D./ MAYES, T. (Hrsg.): Cognitive Tools for Learning. Berlin, 1-6.

KIM, D. (1992): Guidelines for Drawing Causal Loop Diagrams. In: The Systems Thinker, Vol. 3, No. 1, 5-6

KLIEME, E./ MAICHLE, U. (1991): Erprobung eines Modellbildungssystems im Unterricht.. Bonn.

KLIEME, E./ MAICHLE, U. (1994): Modellbildung und Simulation im Unterricht der Sekundarstufe I. Bonn.

KMK (1996/2000): Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Stand: 15. September 2000. Online: <http://www.kmk.org/doc/publ/handreich.pdf> (01-06-2006).

KREMER, H.-H. (2003): Handlungs- und Fachsystematik im Lernfeldkonzept - Anforderungen an Lehrkräfte und Implementationserfahrungen. In: *bwp@* Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe Nr. 4. Online: http://www.bwpat.de/ausgabe4/kremer_bwpat4.shtml (20-06-2006).

LA ROCHE, U./ SIMON, M. (2000): Geschäftsprozesse simulieren. Flexibel und zielorientiert führen mit Fließmodellen. Zürich.

LEWALTER, D. (1997): Kognitive Informationsverarbeitung beim Lernen mit computerpräsentierten statischen und dynamischen Illustrationen. Unterrichtswissenschaft, Jg. 25, H. 3, 207-222.

MANKIW, M. (2004): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. 3. Aufl. Stuttgart.

MILLING, P./ GRÖßLER, A. (2001): Management von Material- und Informationsflüssen in Supply Chains: System-Dynamics-basierte Analysen. Forschungsberichte der Fakultät für Betriebswirtschaftslehre. Universität Mannheim, Nr. 2001-01. Mannheim.

- NELSON, D.L. (1979): Remembering pictures and words: Appearance, significance and name. In: CERMAK, L./ CRAIK, I.M. (Hrsg.): Level of processing in human memory. Hillsdale.
- NELSON, D.L./ REED, V.S./ WALLING, J.R.: Pictorial superiority effect. In: Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory. Vol. 2, 523-528.
- NORMAN, D.A. (1983): Some Observations on Mental Models. In: GENTNER, D./ DRAPER, S.W. (Hrsg.): Mental Models. Hillsdale, 7-14.
- OSSIMITZ, G. (1994): Systemdynamiksoftware im Unterricht. Das Simulationsprogramm MODUS in der Schulpraxis. Klagenfurt.
- OSSIMITZ, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen. München.
- REBMANN, K. (1993): Komplexität von Lehrbüchern für den Wirtschaftslehreunterricht. Göttingen.
- SCHNOTZ, W. (1997): Zeichensysteme und Wissenserwerb mit neuen Informationstechnologien. In: GRUBER, H./ RENKL, A. (Hrsg.): Wege zum Können. Determinanten des Kompetenzerwerbs. Bern, 218-235.
- SENGE, P. (1990): The Fifth Discipline. New York.
- STERMAN, J. (2000): Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston.
- SWELLER, J. (1988): Cognitive load during problem solving: Effects on learning. In: Cognitive Science, 12, 257-285.
- TRAMM; T. (2003): Prozess, System und Systematik als Schlüsselkategorien lernfeldorientierter Curriculumentwicklung. In: *bwp@* Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe Nr. 4. Online: http://www.bwpat.de/ausgabe4/tramm_bwpat4.shtml (20-06-2006).
- WEBER, J./ DEHLER, M. (2000): Entwicklungsstand der Logistik. In: PFOHL, H.-C. (Hrsg.): Supply Chain Management: Logistik plus? Logistikkette – Marketingkette – Finanzkette. Darmstadt, 45-68.
- WEIDENMANN, B. (1994): Lernen mit Bildmedien: psychologische und didaktische Grundlagen. Weinheim.
- WEIDEMANN, B. (1996): Instruktionsmedien. In: WEINERT, F. (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie. Göttingen, 319-368.

Der Autor:



Prof. Dr. HOLGER ARNDT

Didaktik der Sozialwissenschaften, Ruhr-Universität Bochum

GC 04/59 - Universitätsstraße 150 – 44780 Bochum

E-mail: [holger \(at\) arndt-sowi.de](mailto:holger(at)arndt-sowi.de)

Homepage: www.arndt-sowi.de