

February 1999

Lernen im Hyperspace: interdisziplinär, interaktiv, intuitiv, integrativ

Astrid Blumstengel

Universität GH Paderborn, blumstengel.astrid@bcg.com

Stephan Kassanke

Universität GH Paderborn, kass@uni-paderborn.de

Leena Suhl

Universität GH Paderborn, suhl@uni-paderborn.de

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi1999>

Recommended Citation

Blumstengel, Astrid; Kassanke, Stephan; and Suhl, Leena, "Lernen im Hyperspace: interdisziplinär, interaktiv, intuitiv, integrativ" (1999). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 1999*. 37.

<http://aisel.aisnet.org/wi1999/37>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 1999 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

Lernen im Hyperspace – Interdisziplinär, interaktiv, intuitiv, integrativ

Astrid Blumstengel

Universität GH Paderborn (blumstengel.astrid@bcg.com)

Stephan Kassanke

Universität GH Paderborn (kass@uni-paderborn.de)

Leena Suhl

Universität GH Paderborn (suhl@uni-paderborn.de)

Inhalt

- 1 Management Science/Operations Research lehren und lernen – Interdisziplinärität**
- 2 Aktives Lernen mit ORWelt – Interaktivität**
 - 2.1 Navigation
 - 2.2 Interaktive Grafiken und Simulationen
 - 2.3 Interaktive Schnittstelle zu Optimierungssoftware
 - 2.4 Tests
- 3 Adäquate Darstellung in ORWelt – Intuitivität**
 - 3.1 Begrenzte Nichtlinearität
 - 3.2 Visualisierung
- 4 Einsatz von ORWelt in der Lehre – Integrativität**
 - 4.1 Einsatzerfahrungen
 - 4.2 Weitere curriculare Einbindung
- 5 Ausblick**

Abstract

Dieser Artikel diskutiert neue Lehr-/Lernmethoden für interdisziplinäre Fachgebiete wie z. B. Operations Research/Management Science. Die notwendigen Fähigkeiten zur richtigen Anwendung quantitativer Methoden müssen, ähnlich dem Erlernen eines Handwerks, erst erworben werden. Wir argumentieren, daß der Lernprozeß durch die Behandlung von Fallstudien in Verbindung mit einer hypermedialen Lernumgebung unterstützt werden kann. Wir berichten über Erfahrungen bei der Entwicklung und beim Einsatz der Lernumgebung ORWelt. Besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den Aspekten Interdisziplinarität, Interaktivität, Intuitivität und Integrativität im Kontext des hypermedialen Lernens. Das Entwicklungsteam besteht aus Mitgliedern des Lehrstuhls und wechselnden Gruppen von Studierenden, die in einem partizipativen Ansatz Teile der Lernumgebung entwickeln. Das kooperative Entwicklungsmodell ist ein Weg, um auf der einen Seite Ressourcenmangel zu kompensieren, auf der anderen Seite können die entwickelnden Studenten Kompetenzen in der Erstellung von Hypertexten erwerben.

1 Management Science/Operations Research lehren und lernen – Interdisziplinarität

Unter Management Science (MS) verstehen wir die Modellierung und Lösung von betriebswirtschaftlichen Problemstellungen, wobei Methoden des Operations Research (OR) angewendet werden. Diese quantitativen OR-Methoden umfassen z. B. mathematische Optimierung, Graphentheorie, Warteschlangentheorie und Simulation. Relevante Fragestellungen sind insbesondere in den Bereichen Produktion, Logistik, Finanz- und Personalplanung oft sehr komplex und erfordern die Nutzung moderner Informationstechnik in Form von integrierten, verteilten Anwendungssystemen. Demnach hat Operations Research eine große Bedeutung in der Praxis und kann als ein Teilgebiet der Wirtschaftsinformatik gesehen werden, weist jedoch einen hohen Grad an Interdisziplinarität auf.

Traditionell liegt der Schwerpunkt der MS/OR-Ausbildung auf der Vermittlung mathematischer Methoden wie dem Simplex-Algorithmus für die lineare Programmierung. Zur Unterstützung von Management-Entscheidungen ist jedoch weit mehr als Kenntnis komplexer Algorithmen notwendig. Typischerweise müssen hier zunächst das Problem identifiziert und abgegrenzt sowie die relevanten Informationen zusammengetragen werden. Bei der Modellierung muß aus einer breiten Palette von Ansätzen eine geeignete Methode ausgewählt und in eine computerlesbare Form übertragen werden, denn komplexe praktische Probleme können nicht ohne Computerunterstützung gelöst werden. Solche Computersysteme sind meist als entscheidungsunterstützende Komponente in die informationstechnische Infrastruktur eines Unternehmens eingebunden. Die Programmsergebnisse können die Objektivität von Managemententscheidungen

erhöhen, jedoch ist aufgrund der Komplexität der Problemstellungen die Entscheidungsfindung typischerweise nicht vollständig automatisierbar. Resultierende Lösungsvorschläge bedürfen in letzter Instanz einer Überprüfung durch den verantwortlichen Manager.

Die erfolgreiche Anwendung von MS/OR-Techniken verlangt daher Fähigkeiten aus verschiedenen Bereichen. Dazu gehören OR-spezifische Kompetenzen in Mathematik, Informatik und Betriebswirtschaft, aber z. B. auch psychologische Fähigkeiten für die Gewinnung von Akzeptanz bei der praktischen Einführung eines Systems.

Die Lösung konkreter Problemstellungen erfordert weit mehr als die mechanische Anwendung von Algorithmen. Vergleichbar mit dem Erlernen eines Handwerks, kann erst durch aktive Auseinandersetzung und Übung an verschiedenen realistischen Beispielen eine solche Lösungskompetenz aufgebaut werden. Dieses ist z. B. durch die Integration komplexer Fallstudien in der Lehre möglich. Dadurch sind die Methoden in einen situierten Kontext eingebunden, wobei die Studierenden selbst herausfinden müssen, welche Methode(n) angewendet werden können. Dazu zählt oft auch die gezielte Adaption an die spezifischen Gegebenheiten des Problems. Eine solche Vorgehensweise ist wesentlich anspruchsvoller für Lehrende und Lernende, jedoch hoch motivierend. Insgesamt liegt die Vermutung nahe, daß ein nachhaltiger und qualitativ hochwertiger Lernerfolg erzielt werden kann.

Der traditionelle Frontalunterricht läßt zu wenig Zeit für die Präsentation und Diskussion komplexer Fallstudien. Die Erläuterung komplexer Algorithmen in der Vorlesungszeit geht derzeit zu Lasten der angestrebten Praxisorientierung. Ein intensiver Unterricht in Kleingruppen ist in Grundlagenveranstaltungen aus Kapazitätsgründen nicht möglich. Beispielsweise nehmen an der Uni-GH Paderborn regelmäßig mehr als 100 Studierende an diesen Vorlesungen teil. Zudem belegen diese unterschiedliche Studiengänge wie Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsingenieurwesen, Informatik, BWL und VWL. Sie haben damit auch sehr unterschiedliche Voraussetzungen und Interessen. Auch hier sind klassische Unterrichtsformen nicht geeignet, den individualisierten Bildungsbedarf abzudecken und den heterogenen Voraussetzungen Rechnung zu tragen.

Aus diesem Grund sollte den Studierenden ein Hilfsmittel angeboten werden, um algorithmische Grundlagen auch im Selbststudium zu erwerben und dadurch die Präsenzveranstaltung von elementaren Inhalten zu entlasten. Dadurch kann Präsentation und Diskussionen ein größerer Stellenwert eingeräumt werden. Die mangelnde Anschaulichkeit herkömmlicher Darstellungsformen (z. B. für die Vermittlung von Netzwerkalgorithmen) macht OR für viele Studierende zu einem vergleichsweise schwierigen und durch Selbststudium von Fachliteratur schwer erschließbaren Gebiet.

Diese oben genannten Überlegungen führten zur Konzeption eines interaktiven und individualisierbaren Lernsystems für Operations Research - ORWelt. Hiermit sollte eine wirtschaftswissenschaftlich orientierte Referenz- und Lernumgebung für OR geschaffen werden, die nicht auf die Unterstützung einzelner Veranstaltungen beschränkt ist, sondern ein flexibles, hypermediales und konfigurierbares

Netzwerk von Themenbereichen anbietet. Auch Dozenten anderer Universitäten sollten das System an ihre Bedürfnisse anpassen und im Rahmen der Lehre einsetzen können. Im Rahmen einer Umfrage wurde ein signifikanter Bedarf an einem solchen System und eine allgemein positive Grundeinstellung gegenüber computerunterstützten Lernsystemen ermittelt (siehe Blumstengel 1998). Die universitätsübergreifende Anwendbarkeit ist nur dadurch realisierbar, daß die methodischen Basisinhalte des OR relativ standardisiert sind (vgl. Blumstengel/Suhl 1996). Eine computerunterstützte Lösung erscheint weiterhin sinnvoll, da OR-Inhalte vergleichsweise stabil sind. Der hohe Entwicklungsaufwand für ein solches System kann so durch eine lange Nutzungsdauer in Verbindung mit der kostengünstigen Vervielfältigung gerechtfertigt werden. Zudem bleibt der Wartungsaufwand in vertretbaren Grenzen.

Das System wurde in einem partizipativen Ansatz mit Studenten implementiert. Das kooperative Entwicklungsmodell stellt nicht nur eine Möglichkeit dar, unter finanziellen Restriktionen Software von hoher Qualität herzustellen; Studenten haben hier vielmehr die Möglichkeit, einen Hypertext selbst zu strukturieren. Die Gliederung und Ausarbeitung eines Hypertextes erfordert bestimmte Fähigkeiten, die über die zum Verfassen eines linearen Textes nötigen hinausgehen und erst erworben werden müssen (für Details zum Entwicklungsmodell siehe Blumstengel 1998; Blumstengel/Kassanke 1998). Als Entwicklungsumgebung wurde Asymetrix ToolBook II Instructor unter Windows98/NT eingesetzt.

Der derzeitige Entwicklungsstand des Systems ORWelt wird in (Blumstengel 1998) präsentiert und enthält wesentliche Themengebiete des Operations Research (vgl. Abbildung 1), wie z. B.:

- Lineare Optimierung, insbesondere Lösung linearer Optimierungsmodelle, Simplex-Algorithmus, Dualität, Sensitivitätsanalyse.
- Lösung gemischt-ganzzahliger Optimierungsmodelle mit Branch and Bound.
- Spezielle Modellierungstechniken für Problemstellungen wie Fixkosten, Schwellenwerte, alternative und weiche Restriktionen.
- Graphenalgorithmen (insbesondere Tourenplanung und Netzwerkalgorithmen).
- Simulation, speziell diskrete Simulation inkl. Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Zufallszahlen.

Diese Themengebiete werden durch Fallstudien aus der Lehrstuhlpraxis ergänzt. Zu allen Hauptkomponenten in ORWelt existieren jeweils Testkomponenten, mit denen der Benutzer das erworbene Wissen überprüfen kann.

Die hypermediale Struktur von ORWelt unterstützt verschiedene Sichten und Detaillierungsgrade des Lehrstoffs. Der Zugriff auf das System ist prinzipiell von zwei Seiten möglich. Aus den methodischen Komponenten (z.B. über lineare Programmierung oder Graphenalgorithmen) wird man bei Interesse in Anwendungsgebiete bzw. Fallstudien geführt, in denen die gegebenen Methoden eingesetzt werden. Umgekehrt können aus Anwendungsgebieten oder Fallstudien die methodischen Grundlagen über Hyperlinks erreicht werden.

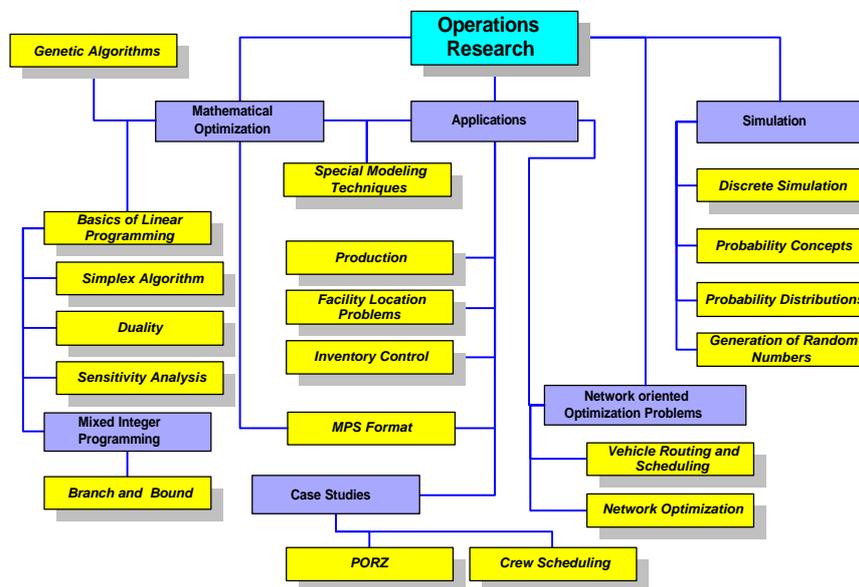


Abbildung 1: Bereiche aus ORWelt

Die hier genannten Inhalte können unter Berücksichtigung bestimmter Richtlinien beliebig erweitert werden, da Navigation und Administration in übergreifenden Komponenten behandelt werden.

2 Aktives Lernen mit ORWelt – Interaktivität

Der Bereitstellung umfangreicher Interaktionsmöglichkeiten für den Benutzer wird ein großer Stellenwert in ORWelt eingeräumt. Hohe Interaktivität ermöglicht ein individualisiertes Lernen, bei dem sich die Informationsdarstellung variabel an den jeweiligen Interessen des Benutzers orientiert. Zusätzlich erfüllt die Möglichkeit zur Interaktion eine motivierende Funktion, der Benutzer muß nicht länger passiv rezipieren, sondern kann vielmehr aktiv in die Präsentationsform der Informationsressourcen eingreifen (siehe dazu auch Haack 1997; Strzebkowski 1997).

Lernende können in ORWelt die im folgenden beschriebenen Formen der Interaktivität nutzen. Das Medium Papier ist jedoch nur bedingt geeignet, die im folgenden beschriebenen Beispiele adäquat wiederzugeben.

2.1 Navigation

Zur Gewährleistung der notwendigen Flexibilität im Informationszugriff wurde eine Reihe von Navigationshilfsmitteln zur Verfügung gestellt. Eine grundlegende Navigation ist durch Blättern, Hyperlinks und History-Funktion möglich. Daneben

bietet ORWelt auch einen grafischen Browser (Explore Modus), der eine strukturelle Orientierung und gezieltes Besuchen einzelner Gebiete ermöglicht. Als Navigationshilfsmittel für komplexe Hypermedia-Lernsysteme sind diese Hilfsmittel aus unserer Sicht jedoch nicht ausreichend. Deshalb wird auch der Besuch vorher festgelegter Guided Tours als Orientierungshilfsmittel angeboten. Guided Tours sollen Orientierungsschwierigkeiten vor allem bei unerfahrenen Benutzern entgegenwirken (zur Notwendigkeit von Guided Tours vgl. auch (Witt 1995)). Zusätzlich zu den vordefinierten Touren können auch individuelle Touren eingerichtet werden. Durch Komponentenauswahl und die Vorgabe von Touren können Lehrende für die Unterstützung anderer Veranstaltungen auch andere Schwerpunkte setzen.

Für die gezielte Suche nach einzelnen Konzepten wird zusätzlich ein Glossar sowie eine umfangreiche Volltext- und Schlüsselwortsuche über alle Komponenten angeboten.

Benutzeraktionen werden in einem Logfile anonymisiert protokolliert (siehe Blumstengel 1998; Blumstengel/Kassanke/Suhl 1997). Dieses wird einerseits bei der begleitenden Evaluation eingesetzt, dient jedoch auch einer Individualisierung der Lernumgebung, da beispielsweise die Markierung bereits besuchter Seiten (Footprints) oder gesetzte Lesezeichen (Bookmarks) aus einer früheren Sitzung rekonstruiert werden können.

2.2 Interaktive Grafiken und Simulationen

Auch auf der Ebene einzelner Seiten soll ein möglichst hoher Interaktivitätsgrad erzielt werden. Durch die computergestützte Form der Realisierung verliert die Darstellung den statischen Charakter. So kann der Lernende Parameter verändern und die Ergebnisse direkt beobachten. Damit wird die Abbildung dynamisiert und um What-If-Komponenten ergänzt.

Beispielhaft ist in Abbildung 2 eine Seite der Komponente „Wahrscheinlichkeitsverteilungen“ dargestellt, auf der die Poisson-Verteilung abgebildet wird. Durch Zeigen mit der Maus auf die einzelnen Elemente der Wahrscheinlichkeitsfunktion kann sich der Benutzer zusätzliche Informationen zur Funktion anzeigen lassen. Diese sog. „Popups“ werden durchgehend in den Themenkomponenten verwendet. Sie bieten den Vorteil, daß die Bildschirmdarstellung nicht überfrachtet wird und Zusatzinformationen nur auf explizite Benutzeraktion angezeigt werden. Zusätzlich wird bei Veränderung des Parameters λ das links plazierte Schaubild zur Poisson-Verteilung aktualisiert.

Theoretische, diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Poisson-Verteilung

Sie wird verwendet, um das Eintreffen **voneinander unabhängiger gleichartiger Ereignisse** in einem Zeitintervall zu beschreiben, z. B. Maschinenausfälle oder Anrufe. Ein typischer Anwendungsbereich ist die Modellierung der Ankunft in Warteschlangensystemen (z. B. Ticketschalter).

Beispiel: Durchschnittlich kommen in einem Zeitintervall **2 Kunden** an einen Ticketschalter. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, daß in demselben Zeitintervall **genau 3** Kunden am Schalter erscheinen?

Formel für die Wahrscheinlichkeitsfunktion:

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

λ = mittlere Anzahl pro Zeiteinheit
 x = Anzahl im Intervall

für das linke Beispiel: $\lambda = 2$, $x = 3$.

$$P(x=3) = \frac{2^3 e^{-2}}{3!} = 0.180$$

Exponentialverteilung

Schaubild für die Poisson-Verteilung:

Beispiel

λ : 2

8 / 12

Abbildung 2: Darstellung der Poisson-Verteilung in ORWelt

Über einen Hyperlink kann zum verwandten Thema „Exponentialverteilung“ verzweigt werden (siehe Abbildung 2). Dadurch kann die Hypertextbasis durch assoziatives Browsing erschlossen werden. Die linear-sequentielle Reihenfolge der Informationspräsentation wird durch eine nicht-lineare Verzweigungsmöglichkeit erweitert. Dadurch werden neue potentielle Lernwege offeriert, der Lernende kann, seinen Präferenzen folgend, frei die angebotenen Inhalte erkunden (vgl. Blumstengel/Kassanke/Suhl 1997).

2.3 Interaktive Schnittstelle zu Optimierungssoftware

Die Bedienung von Optimierungssoftware erfordert in der Regel einen relativ hohen Lernaufwand. Typisch sind Kommandosprachen und streng definierte Dateiformate. Die Einbindung der Optimierungssoftware MOPS® (siehe Suhl 1994) ermöglicht es, zu Lernzwecken auch ohne diesen Umweg mathematische Optimierungsmodelle zur Laufzeit zu generieren, zu verändern und zu lösen. Fortgeschrittene Lernende können selbstverständlich Optimierungsmodelle über das Standard-MPS-Format importieren und lösen lassen. Lernen und Anwendung sind so eng miteinander verzahnt.

In Abbildung 3 wird ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsproblem behandelt, dessen Parameter der Benutzer über Interaktionselemente verändern kann und das abschließend durch MOPS gelöst wird. Die Präsentation der numerischen Optimierungsergebnisse wurde zusätzlich grafisch in Form eines Tortendiagramms aufbereitet.

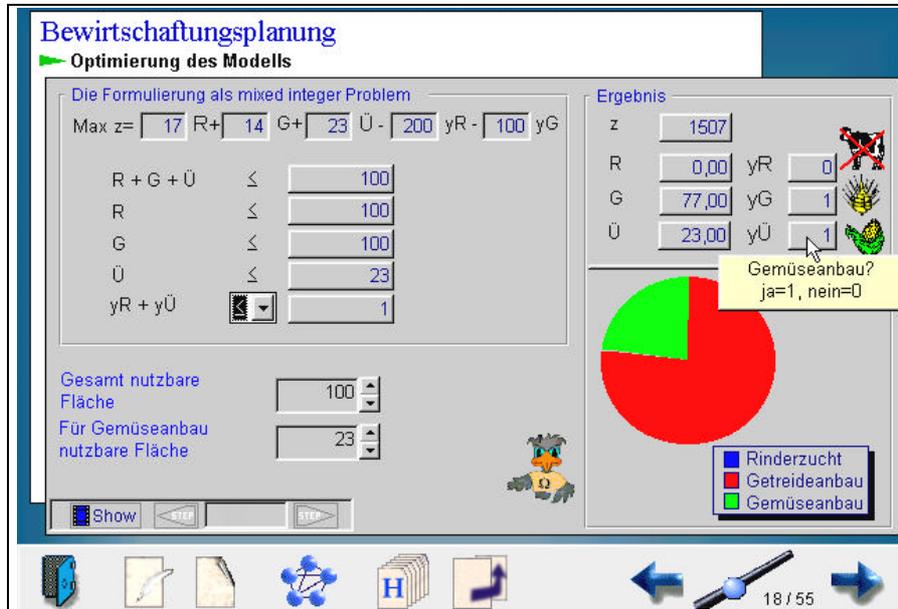


Abbildung 3: Lösung eines mathematischen Optimierungsproblems mit MOPS®

2.4 Tests

Zu den Hauptkomponenten in ORWelt existieren jeweils Testkomponenten, mit denen der Benutzer das erworbene Wissen überprüfen kann. Bei der Realisierung wurde nach Möglichkeit auf einfache Multiple-Choice-Fragen verzichtet. Warum der Lernende sich für die eine oder andere Alternative entschieden hat, wird in dieser Frageform nicht ermittelt. Hier ist die Gefahr gegeben, daß der Lernende, insbesondere bei wenigen Wahlmöglichkeiten, die Antwort einfach nur errät („multiple guess“ (Bork 1992)). Multiple-Choice-Fragen werden jedoch oft in computergestützten Lernsystemen eingesetzt, da sie technisch relativ einfach zu implementieren sind. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für eine Testaufgabe, bei der der Lernende die Lösung aktiv konstruieren muß.

Wie die bisherigen Erfahrungen gezeigt haben, ist der Aufwand zur Erstellung guter Tests mit hohem Interaktionsgrad und detailliertem Feedback sehr viel höher als bei Multiple-Choice-Fragen. Dieser Aufwand ist damit zu begründen, daß der Benutzer aus einer passiven Rezeptionshaltung herausgeholt und zur aktiven Beschäftigung mit den Lerninhalten angeregt werden soll. Dieser Grundsatz gilt natürlich nicht nur für die Testkomponenten, sondern ebenfalls in den Lerneinheiten.

Tests - Sweep-Verfahren 6/8
 Bestimmung eines Tourenplans 4 Punkte

Aufgabe

Beim Sweep-Algorithmus werden mehrere Tourenpläne miteinander verglichen.
 Bilden Sie den **fünften** dieser Tourenpläne, wenn die Bedingung $Q = 3$ gilt.

Diagramm: Ein zentrales Knoten 0 ist mit Pfeilen verbunden mit Knoten 1, 2, 3, 5, 6. Knoten 4 ist isoliert. Die Pfeile von 0 zeigen zu 1, 2, 3, 5, 6. Die Pfeile von 1, 2, 3, 5, 6 zeigen weiter zu anderen Knoten, was eine Tour darstellt.

Abbildung 4: Eine Testfrage zur Komponente Tourenplanung

3 Adäquate Darstellung in ORWelt – Intuitivität

Die Realisierung von ORWelt als Hypermedia System resultierte aus entsprechenden Vorüberlegungen zum Einsatz eines solchen Systems. Hypermedia bietet die Möglichkeit zur Gestaltung von direkt-manipulativen Oberflächen, wobei auch nicht-lineare Strukturen adäquat repräsentiert werden können. Hinzu kommt, daß realistische Optimierungsprobleme in der Regel aufgrund ihrer Größe ohne Computerunterstützung nicht lösbar sind, Computer spielen demzufolge eine Schlüsselrolle im Bereich des OR. Sie sind ein authentisches Werkzeug und sollten auch bereits bei der Ausbildung von OR-Studenten einbezogen und genutzt werden.

3.1 Begrenzte Nichtlinearität

Das betrachtete Themengebiet OR ist stark interdisziplinär geprägt (siehe Abschnitt 1). Es müssen viele unterschiedliche Aspekte und Sichtweisen berücksichtigt werden, die nicht notwendigerweise eine bestimmte Argumentationsreihenfolge implizieren. Es gibt keine primäre, dominante Lernsequenz, so daß eine nicht-lineare, hypermediale Struktur vorteilhaft erscheint (vgl. Abbildung 1). Dadurch ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, den vorliegenden Text zu lesen. Auf diese Weise werden auch unterschiedliche Schwerpunktsetzungen beim

Lesen unterstützt: „The writer is no longer making all the decisions about the flow of the text.“ (Conklin 1987, S. 36).

Daraus resultiert, daß Themen aus verschiedenen Perspektiven und in multiplen Kontexten betrachtet werden können. Multiple Kontexte sind für den Wissenserwerb von essentieller Bedeutung. Sie stellen sicher, daß „das Wissen nicht auf einen Kontext fixiert bleibt und auch auf andere Probleme und Situationen übertragen werden kann“ (Reinmann-Rothmeier 1994, S. 47). Eine hypermediale Repräsentation entspricht zudem im Vergleich mit anderen Formen computerunterstützten Lernens am ehesten einer „realen“ Lernumgebung mit Literatur, Referenzen, Abbildungen, Artikeln etc., die lose vernetzt sind (Schulmeister 1996, S. 249).

3.2 Visualisierung

Wie oben bereits ausgeführt, existieren dedizierte Optimierungssysteme, die aber durch typische komplexe Kommandosprachen vom Anfänger einen erhöhten Lernaufwand erfordern. Dadurch wird zusätzlicher „kognitiver Overhead“ erzeugt, der vom eigentlichen Lernziel ablenken kann. Durch die Einbindung des Optimierungscodes MOPS können in ORWelt Optimierungsmodelle integriert werden. Diese Modelle zeichnen sich durch eine vereinfachte Eingabe der Modellparameter und eine direkt-manipulative Bedienungsoberfläche aus. Im Gegensatz zu den typischen tabellarischen Ausgaben kommerzieller Optimierungspakete können die Optimierungsergebnisse grafisch aufbereitet werden (siehe auch Abbildung 3).

Bei vielen typischen Lehrinhalten bieten neue Darstellungsformen, wie z. B. Animationen und interaktive Grafiken, Vorteile bzgl. der Anschaulichkeit und Verständlichkeit der Darstellung. Beispielhaft seien hier Tourenplanungsalgorithmen, der Branch-and-Bound-Algorithmus und Methoden zur Generierung von Zufallszahlen genannt.

Haupteinsatzgebiet für Animationen in ORWelt ist die Visualisierung von Abläufen und Algorithmen. Vor allem Algorithmen können mit herkömmlichen Mitteln oft nur schwer dargestellt werden. Algorithmen sind wesentliches OR Handwerkszeug, eine solide Kenntnis der Methoden ist notwendige Basis zur Lösung realer Problemstellungen. Vielen Studenten bereitet das Verstehen von Algorithmen jedoch Schwierigkeiten, „because an algorithm describes a process that is abstract and dynamic, while the methods used to teach them are not“ (Hansen/Narayan/Schrimpscher 1998). Animationen sind dagegen sehr gut zur Visualisierung geeignet: „Animating an algorithm allows for better understanding of the inner workings of the algorithm; furthermore it makes apparent its shortcomings and advantages, thus allowing for further optimization“ (Gloor 1997, S. 229).

Komplexere Animationen werden in ORWelt durch abgestimmte textuelle Erläuterungen ergänzt, da sie im Vergleich zu sprachlichen Erklärungen vorteilhafter zu sein scheinen. In Abbildung 5 ist eine Animation zum 2-opt-Verfahren zu sehen. Die Animationsschritte können einzeln angesteuert und beliebig oft

wiederholt werden. Dabei ist jeweils auch zu sehen, welcher Schritt des Algorithmus gerade abgearbeitet wird. Das Ergebnis des Algorithmus ist von der anfänglich gewählten Position der Knoten abhängig, wird also dynamisch berechnet.

Verbesserungsverfahren
 Beispiel und Algorithmus, 2-opt-Verfahren

Iteration

```

for i := 1 to n-2 do
  for j := i+2 to n-1 do
    if  $c(t_i, t_{i+1}) + c(t_j, t_{j+1}) > c(t_i, t_j) + c(t_{i+1}, t_{j+1})$  then
      bilde neue Tour:
       $[t_1, \dots, t_n, t_1] := [t_1, \dots, t_i, t_j, t_{j-1}, \dots, t_{i+1}, \dots, t_n, t_1]$ ;
      beginne erneut mit Iteration
    endif;
  enddo;

```

Sind die neuen Kanten kürzer?

Entfernungen

	1	2	3	4	5
1	0	34	11	16	25
2		0	25	27	17
3			0	19	23
4				0	12
5					0

$i := 1$ $j := 3$
 $34 + 19 > 11 + 27 = \text{wahr}$
 Knoten 2 \rightarrow Knoten 4 = 27

16 / 19

Abbildung 5: Animation zum 2-opt-Verfahren in ORWelt

4 Einsatz von ORWelt in der Lehre – Integrativität

ORWelt wird in Lehrveranstaltungen zum Operations Research zunächst als Selbstlernsystem zusätzlich zur Verfügung gestellt. Eine solche *additive* Verwendung nutzt bereits einige potentielle Vorteile von CUL. Dazu zählen die im betrachteten Anwendungsbereich realisierbare Verbesserung der Anschaulichkeit, aber auch die von den Studenten gewünschte Arbeit in selbstbestimmtem Tempo und zu selbstbestimmten Zeiten. Ein Lernen in Arbeitsgruppen ist zwar wünschenswert, da die gemeinsame Lösung von Problemen Teamfähigkeit fördert, die in der Praxis eine immer größere Rolle spielt. Teamarbeit wird bei dieser Form der curricularen Einbindung jedoch nicht besonders gefördert oder gar vorausgesetzt.

4.1 Einsatzerfahrungen

Eine erste Auswertung von aufgezeichneten Nutzungsdaten und Fragebögen zur Bewertung von ORWelt erfolgte erstmals im Wintersemester 97/98 mit Besuchern der Lehrveranstaltung „Grundlagen von Optimierungssystemen“ an der Universität GH Paderborn. Hier sind nur die wichtigsten Ergebnisse zusammengefaßt, für detaillierte Ergebnisse siehe Blumstengel 1998.

Der Gesamteindruck von ORWelt wurde mit „gut“ bewertet. Jedoch sind offensichtlich einige Möglichkeiten des Programms relativ wenig bekannt. Dies gilt beispielsweise für die benutzerspezifische Anpassung über eigene Guided Tours, Bookmarks und Annotationen. Dementsprechend wurden sie auch nur selten benutzt. Hier scheint eine bessere Einführung in die Funktionalität des Lernsystems zu Beginn des Semesters sinnvoll.

Durch die Lernenden wurden viele sinnvolle Anregungen und Verbesserungsvorschläge unterbreitet, die größtenteils in weiteren Programmversionen berücksichtigt werden können. Auffällig ist das starke Bedürfnis nach einer weiteren inhaltlichen Vertiefung des Lehrstoffes und der Integration weiterer Themen.

Die Akzeptanz kann insgesamt als hoch eingeschätzt werden. Alle Befragten würden das Programm wieder einsetzen. Tests und Animationen werden als besonders nützlich angesehen. Die Verständlichkeit der Darstellung wurde als „gut“ bewertet.

Die Verwendung von ORWelt ist relativ stark am Explore-Modus orientiert. Die Nutzung erfolgte besonders intensiv zum Nachschlagen von Begriffen, zur Wiederholung und zur Unterstützung der Bearbeitung von Übungsaufgaben. Dabei arbeiteten die Lernenden überwiegend allein.

4.2 Weitere curriculare Einbindung

Langfristig wird eine Umgestaltung der OR-Grundlagenveranstaltungen angestrebt. Eine problemorientierte Vorgehensweise hat sich bereits in projektorientierten Vertiefungsveranstaltungen im Bereich OR bewährt, in denen sowohl ein hoher Motivationsgrad als auch ein guter Lerneffekt festgestellt werden konnte. Dabei stehen der Erwerb anwendungsfähigen Wissens und die Problemlösungskompetenz in realen Kontexten im Mittelpunkt. Ein solcher Ansatz ist jedoch mit herkömmlichen Mitteln nicht auf größere Gruppen übertragbar. Denkbar ist eine Kombination selbstgesteuerten Lernens (unterstützt durch ORWelt) mit qualitativ hochwertigem, von elementaren Inhalten entlastetem Lernen in Präsenzveranstaltungen (vgl. auch Hitzges/Betzl et al. 1994, S. 4). Dabei sollte der Frontalunterricht zumindest teilweise durch Veranstaltungen mit hohem Interaktionsgrad ersetzt werden. In diesen können praxisnahe Problemstellungen und Fallstudien diskutiert werden. Die hypermediale Lernumgebung wird als eine essentielle Komponente in die Lehre *integriert*. Anhand der gegebenen Fallstudien können sich studentische Arbeitsgruppen mit Hilfe der Lernumgebung algorithmische Grundlagen erarbeiten und unmittelbar zur Lösung

der Aufgaben einsetzen. Zumindest innerhalb der Übungstermine können dabei auch die studentischen Teams ihre Ergebnisse präsentieren und diskutieren. Durch eine solche problemorientierte Vorgehensweise können soziale Einbettung und Authentizität gegenüber einer rein additiven Verwendung gesteigert werden.

Ein Lernsystem, das eine solche Arbeitsweise unterstützt, kann also kein lineares Drill & Practice-Programm sein. Es muß sowohl erstmaliges und wiederholendes systematisches Lernen unterstützen, als auch als Toolset für die Lösung von Fallstudienaufgaben geeignet sein, bei dem je nach Bedarf bestimmte Aspekte vertieft und Querverbindungen aufgezeigt werden. Es muß für Lernende mit unterschiedlichen Vorkenntnissen und Lernstile einsetzbar sein.

Neben dem Einsatz auf Seiten der Lernenden können Teile von ORWelt auch direkt innerhalb von Lehrveranstaltungen durch den Dozenten eingesetzt werden. Dies gilt besonders für Algorithmenanimationen, wie beispielsweise die Demonstration von Tourenplanungsalgorithmen (vgl. Abbildung 5), sowie interaktive Darstellungen, wie z. B. zu Wahrscheinlichkeitsverteilungen (vgl. Abbildung 2).

5 Ausblick

Weil unsere bisherigen Erfahrungen beim Einsatz von Hypermedia in einem interdisziplinären Gebiet sehr positiv sind, wird das System ORWelt kontinuierlich weiterentwickelt. Der Einstieg durch Fallstudien soll weiter ausgebaut werden, so daß eine eigenständige, praxisorientierte Lösung von Planungsproblemen effektiver trainiert werden kann. Am Lehrstuhl durchgeführte Praxisprojekte werden in Zukunft verstärkt als Fallstudien in ORWelt eingebunden, z. B. praktische Optimierungsmodelle. Gleichzeitig werden die Strukturen von universitären Lehrveranstaltungen so modifiziert, daß Projekt- und Teamarbeit auch bei einer größeren Teilnehmeranzahl ermöglicht wird.

Als das Projekt ORWelt startete, waren die technischen Interaktionsmöglichkeiten des World Wide Web noch nicht so weit, daß das System im WWW sinnvollerweise hätte entwickelt werden können. Nach der Einführung von JAVA und umfangreichen Programmbibliotheken hat sich die Situation schnell geändert. In der Zukunft wird aus ORWelt eine offene Internet-Version angeboten. Dabei können Links in die „Außenwelt“ sowie zu anderen Benutzern einer Lehrveranstaltung effizient benutzt werden.

Zusammenfassend haben unsere bisherigen Erfahrungen gezeigt, daß eine interaktive, flexible Hypermedia-Lernwelt die universitäre Lehre entscheidend bereichern sowie die Zielsetzung einer praxisorientierten Lehre essentiell unterstützen kann.

Literaturverzeichnis

- Blumstengel, A. (1998): Entwicklung hypermedialer Lernsysteme, Wissenschaftlicher Verlag Berlin, 1998. Nicht-lineare Version unter http://dsor.uni-paderborn.de/organisation/blum_diss/.
- Blumstengel, A./Kassanke, S. (1998): A Hypermedia Learning Environment by Students for Students, Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM 98.
- Blumstengel, A./Kassanke, S./Suhl, L. (1997): Praxisorientierte Lehre im Fach Operations Research unter Einsatz einer hypermedialen Lernumgebung. in: *Wirtschaftsinformatik*, 39 (1997) 6, S. 555-562, Verlag Vieweg, Wiesbaden.
- Blumstengel, A./Suhl, L. (1996): Die hypermediale Lernumgebung ORWelt. In: Werners B./Gabriel R. (Hrsg.): Tagungsband der Herbsttagung der wissenschaftlichen Kommission Operations Research im Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft, Universität Bochum.
- Conklin, J. (1987): Hypertext - An Introduction and Survey. in: *IEEE Computer*, 20 (9), S. 17-41, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos.
- Bork, A. (1992): Learning in the Twenty-First Century: Interactive Multimedia Technology. in: Giardina, M. (Hrsg.): *Interactive Multimedia Learning Environments: Human Factors, Technical Considerations on Design Issues*, S. 2-18, NATO ASI Series, Series F, Computer and Systems Sciences, vol. 93, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London.
- Gloor, P. (1997): *Elements of Hypermedia Design: Techniques for Navigation and Visualization in Cyberspace*. Birkhäuser, Boston, Basel, Berlin.
- Haack, J. (1997): Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In: Issing, L./Klimsa, P. (Hrsg.). *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union, Weinheim.
- Hansen, S. R./Narayanan, N.H./Schrimpscher, D. (1998): Rethinking Algorithm Animation: A Framework for Effective Visualizations, Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM 98.
- Hitzges, A./Betzl, K. et al. (1994): Chancen und Risiken von interaktiven Multimedia Systemen in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung. Forschungsbericht Technikfolgenabschätzung des BMFT, IRB-Verlag, Stuttgart.
- Reinmann-Rothmeier, G./Mandl, H./Prenzl, M. (1994): *Computerunterstützte Lernumgebungen: Planung, Gestaltung und Bewertung*. Publicis-MCD-Verlag, Erlangen.
- Schulmeister, R. (1996): *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme: Theorie - Didaktik - Design*. Addison-Wesley, Wokingham, Reading, Menlo Park, New York.
- Strzebkowski, R. (1997): Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken. In: Issing, L./Klimsa, P. (Hrsg.). *Information und*

Lernen mit Multimedia, 2. Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union, Weinheim.

Suhl, U. (1994): MOPS - Mathematical Optimization System. In: European Journal on Operations Research, 72 (1994), S. 312-322.

Witt, R. (1995): Strukturierte Navigation in mehrdimensionalen Lernobjekträumen. In: Schoop, E./Witt, R./Glowalla, U. (Hrsg.). Hypermedia in der Aus- und Weiterbildung, Schriften zur Informationswissenschaft, Bd. 17.: Universitätsverlag Konstanz, Konstanz.