



Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft

Software zur Entscheidungsanalyse – Eine Marktübersicht

Robert Klein und Armin Scholl

19/2004

**Arbeits- und Diskussionspapiere
der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

ISSN 1611-1311

Herausgeber:

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Carl-Zeiß-Str. 3, 07743 Jena
www.wiwi.uni-jena.de

Schriftleitung:

Prof. Dr. Hans-Walter Lorenz
h.w.lorenz@wiwi.uni-jena.de
Prof. Dr. Armin Scholl
a.scholl@wiwi.uni-jena.de

Software zur Entscheidungsanalyse – Eine Marktübersicht

von Robert Klein

Technische Universität Darmstadt
Institut für Betriebswirtschaftslehre
Fachgebiet Operations Research
Hochschulstr. 1, D-64289 Darmstadt
E-Mail: rklein@bwl.tu-darmstadt.de

und Armin Scholl

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftliche Entscheidungsanalyse
Carl-Zeiß-Straße 3, D-07743 Jena
E-Mail: a.scholl@wiwi.uni-jena.de

Die vorliegende Übersicht enthält in knapper Form eine Aufstellung von kommerziellen Softwarepaketen, die Entscheidungsträger beim Treffen von Entscheidungen unterstützen sollen. Dabei beschränkt sich die Aufstellung auf Endbenutzersysteme, mit deren Hilfe die Abbildung und Analyse von Entscheidungssituationen unmittelbar durch den Entscheidungsträger vorgenommen wird, und schließt unternehmensweite Softwarelösungen wie z.B. ERP-Systeme oder Business Intelligence Lösungen aus. Zur Kategorisierung der Softwarepakete erfolgt die Betrachtung von drei grundlegenden Entscheidungssituationen. Für jede Entscheidungssituation werden wesentliche Planungstechniken identifiziert und die Produkte im Hinblick auf entsprechende Funktionalität untersucht. Des Weiteren geben wir Hinweise zu weiteren frei verfügbaren Übersichten, die auf hier nicht behandelte Produkte eingehen.

Keywords: Entscheidungsanalyse, Standardsoftware

1. Vorbemerkungen

Die Vorbereitung und das Treffen von Entscheidungen ist in der betrieblichen Praxis ohne Computerunterstützung nicht mehr denkbar. Dabei wird der Computer häufig v. a. als Instrument zur Beschaffung, Bereitstellung und Aufbereitung von Daten genutzt. Zu diesem Zweck entwickelte Softwarelösungen finden sich unter dem Oberbegriff *Data Support Systeme* und schließen z.B. *Management Information Systeme* oder *Business Intelligence Systeme* ein, wobei letztere neben Werkzeugen zur Integration und Aufbereitung von Daten auch Komponenten zur automatischen Datenanalyse im Hinblick auf entscheidungs- und führungsrelevante Informationen beinhalten.¹

Neben diesen eher datenorientierten Anwendungen existieren so genannte *Entscheidungsunterstützungssysteme (EUS)* bzw. *Decision Support Systeme*, die Entscheidungsträgern über die Versorgung mit relevanten Informationen hinaus bei der eigentlichen Lösung von Entscheidungsproblemen helfen sollen. Sie basieren häufig auf einem interaktiven Problemlösungsprozess, der Entscheidungen nicht voll automatisiert, sondern das Einfließen der Erfahrungen und des Urteilsvermögens des Entscheidungsträgers ermöglicht. Dabei ist grundsätzlich zwischen *spezialisierten EUS*, die zur Lösung konkreter Entscheidungsprobleme entwickelt werden, und *generellen EUS*, die sich für ganze Klassen von Entscheidungen einsetzen lassen, zu unterscheiden. Beispiele für spezialisierte EUS sind ein Expertensystem, das einem Arzt die Diagnose von Krankheiten ermöglicht, oder die Software eines Leitstands, welche einen Produktionsplaner bei der Entwicklung von Maschinenbelegungsplänen unterstützt. Zu generellen EUS zählen z.B. Softwarepakete, welche die Anwendung der Nutzwertanalyse zur Durchführung von Mehrzielentscheidungen oder die Erstellung von Entscheidungsbäumen ermöglichen.

In der Praxis werden datenorientierte und spezialisierte EUS zunehmend integriert. Zu nennen sind hier beispielsweise Enterprise Resource Planning oder Supply Chain Management Systeme, die neben Komponenten zur Datenverwaltung auch Planungskomponenten enthalten.² Eine weitere Klasse solcher Systeme bilden Softwareprodukte zum Projektmanagement.³

Bei der in den Abschnitten 2 bis 4 gegebenen Übersicht konzentrieren wir uns auf generelle EUS, deren Zweck die Ermittlung, Bewertung und Auswahl einer zur Lösung eines vorliegenden Entscheidungsproblems geeigneten Alternative ist.⁴ Zur Klassifikation betrachten wir die folgenden grundlegenden Typen von Entscheidungssituationen (vgl. Klein und Scholl 2004, Kap. 2.2.2):

- *Entscheidungen bei mehreren Zielen:* Bei dieser Entscheidungssituation unterstellen wir, dass Alternativen zur Lösung des Problems explizit vorgegeben sind bzw. ermittelt werden können und dass eine von ihnen zur Realisierung auszuwählen ist. Die Beschreibung der Alternativen erfolgt durch Attribute, deren Ausprägungen (Ergebnisse) für jede Alternative mit Sicherheit

1. Vgl. zur Klassifikation solcher Systeme sowie zu Entscheidungsunterstützungssystemen z.B. Gluchowski et al. (1997, Kap. 10-12), Alpar et al. (2002, Kap. 12), Mertens und Griese (2002, Kap. 1), Klein und Scholl (2004, Kap. 1.5.2) sowie Stahlknecht und Hasenkamp (2005, Kap. 7.5). Vergleichende Übersichten zu Data Support Systemen sind den Autoren nicht bekannt.

2. Ein Überblick zu entsprechenden Softwarepaketen findet sich z.B. in Meyr et al. (2002) oder Aksoy und Derbez (2003).

3. Zu entsprechenden Übersichten vgl. z.B. Kolisch und Hempel (1996), Mellentien und Trautmann (2001) sowie Mellentien et al. (2002).

4. Ähnliche Übersichten finden sich z.B. in Rösch und Schwindt (2001) sowie Maxwell (2002).

bekannt sind. Entsprechende EUS bieten Unterstützung bei der Auswahl von Alternativen, wenn der Entscheidungsträger konfliktäre Ziele, welche die Ergebnisse unterschiedlicher Attribute erfassen, bei der Bewertung berücksichtigen möchte.

- *Entscheidungen bei Unsicherheit:* Diese Entscheidungssituation unterscheidet sich von der zuvor geschilderten dadurch, dass für einzelne Attribute die Ergebnisse der Alternativen aufgrund unsicherer Umweltentwicklungen nicht mit Sicherheit bekannt sind. Bereits bei nur einem Ziel ergibt sich die Schwierigkeit, die möglichen Ergebnisverteilungen zu bestimmen und bei der Auswahl von Alternativen zu berücksichtigen.
- *Entscheidungen durch Optimierung:* Bei einer solchen Entscheidungssituation lässt sich die Menge der Alternativen nicht explizit angeben, sondern lediglich implizit durch Restriktionen beschreiben. Die Abbildung des Entscheidungsproblems kann dann in Form eines mathematischen Optimierungsmodells erfolgen, das mit geeigneter Software zur Bestimmung einer optimalen Alternative gelöst werden muss. Entsprechende EUS enthalten zumeist eine Umgebung zur Modellentwicklung sowie Komponenten zur Ermittlung und zur Aufbereitung (optimaler) Lösungen.

Die genannten Typen von Entscheidungssituationen erlauben bereits die Einordnung vieler genereller EUS Produkte. Daneben existieren zahlreiche weitere Produkte, deren primärer Fokus nicht die eigentliche Entscheidungsfindung, d.h. die Bestimmung, Bewertung und Auswahl von Alternativen, sondern die Entscheidungsvorbereitung ist. Dabei besitzen die folgenden drei Gruppen besondere Relevanz:

- *Quantitative Prognose:* In den meisten Entscheidungssituationen sind Ziele zukunftsbezogen, d.h. die Ergebnisse von Alternativen oder zu ihrer Ermittlung benötigte (Umwelt-) Daten müssen prognostiziert werden. Zu diesem Zweck wurden insbesondere in der Statistik zahlreiche quantitative Prognosemethoden entwickelt (vgl. z.B. Klein und Scholl 2004, Kap. 6.1.2). Zu den bekanntesten Vertretern zählen die Zeitreihenanalyse oder künstliche neuronale Netze. Neuere Übersichten zu entsprechender Software finden sich z.B. in Sanders und Menrodt (2003) sowie Yurkiewicz (2003).
- *Simulation:* Für Methoden der Simulation existieren zwei wesentliche Anwendungsmöglichkeiten in Abhängigkeit vom primären Zweck der Simulation (vgl. Klein und Scholl 2004, Kap. 6.1.2). Zunächst kann die Simulation primär einer Prognose zukünftiger Umweltentwicklungen dienen, wenn zahlreiche Einflussfaktoren unsicher sind. Entsprechende EUS, die v. a. auf dem Ansatz der Risikoanalyse beruhen, behandeln wir im Zusammenhang mit Entscheidungen bei Unsicherheit in Abschnitt 3. Bei einer so genannten Wirkungsprognose steht dagegen die Untersuchung der Wirkung einer Alternative bei bekannten Rahmendaten, aber komplexen Zusammenhängen im Vordergrund. Hier ist zwischen einer diskreten (ereignisorientierten) und einer kontinuierlichen Simulation, die zumeist auf dem System Dynamics Ansatz beruht, zu unterscheiden. Mit einer diskreten Simulation lassen sich z.B. Lagerhaltungssysteme und Fertigungsprozesse geeignet abbilden. Anwendungsbeispiele der kontinuierlichen Simulation sind z.B. das Testen von Preiswirkungen in nichtlinearen Marktmodellen oder die Bilanzfortschreibung in Abhängigkeit von bestimmten Investitionsmaßnahmen. Eine Übersicht zu ereignisorientierten Simulationspaketen findet sich in Swain (2003). Eine Liste mit Paketen zum System Dynamics Ansatz findet sich z.B. unter www.csdnet.aem.cornell.edu/link.html.

- *Kreativitätstechniken*: Entsprechende EUS helfen dem Entscheidungsträger insbesondere beim Sammeln, Ordnen und Strukturieren von Ideen sowie beim systematischen Erfassen von Wirkungszusammenhängen. Zu den wichtigsten Vertretern zählen Pakete, welche die Anwendung von Mind Mapping bzw. Cognitive Mapping Techniken unterstützen. Zu nennen sind u.a. die Produkte Decision Explorer, MindManager, MindMapper, OpenMind, VisiMap und VisualMind.⁵

In den folgenden drei Abschnitten stellen wir entsprechend den zuvor diskutierten grundlegenden Entscheidungssituationen kommerzielle EUS vor. Der Aufbau der einzelnen Abschnitte ist dabei jeweils gleich. Zunächst werden knapp wesentliche Komponenten diskutiert, die grundsätzlich in entsprechenden Softwarepaketen enthalten sein können. Anschließend folgt eine Tabelle, welche die bekanntesten Produkte samt Herstellerangaben sowie zugehörige Internetadressen auflistet. Außerdem wird angegeben, welche Komponenten in der jeweiligen Software realisiert sind. Die bei der Beschreibung der Komponenten verwendeten Begriffe orientieren sich an Klein und Scholl (2004) sowie im Bereich Optimierung an Domschke und Drexl (2002). Dort finden sich jeweils auch ausführliche Darstellungen der erwähnten Planungs- bzw. Optimierungstechniken, so dass wir zur kompakteren Präsentation in den folgenden Abschnitten auf weitere Literaturangaben verzichten.

2. Entscheidungen bei mehreren Zielen

EUS für Entscheidungen bei mehreren Zielen beinhalten typischerweise eine oder mehrere Komponenten, um den Entscheidungsträger bei der Bewältigung der folgenden Aufgaben bzw. der Anwendung der folgenden Techniken zu unterstützen:

- *Zielgenerierung (ZG)*: Zur Bewertung der vorliegenden Alternativen ist es in der Regel sinnvoll, ein Zielsystem in Form einer Zielhierarchie zu entwickeln. Softwarepakete, die dies nicht nur in simpler Listen-, sondern auch in graphischer Form erlauben, erhalten in Tab. 1 einen Haken.
- *Nutzwertanalyse (NW)*: Nach Erfassung der Ziele muss der Entscheidungsträger Höhen- und Artenpräferenzen bestimmen. Im Rahmen der Nutzwertanalyse, einer der einfachsten Techniken zu diesem Zweck, ordnet der Entscheidungsträger zunächst jeder Alternative für jedes Ziel einen Nutzenwert auf einer einheitlichen Skala (z.B. zwischen 0 und 100) so zu, dass der ihm aus dem Ergebnis resultierende Nutzen möglichst adäquat abgebildet wird. Des Weiteren legt er für jedes Ziel einen Gewichtungsfaktor fest, der die Bedeutung des Ziels ausdrücken soll. Der Gesamtnutzen einer Alternative errechnet sich dann als gewichtete Summe der Nutzenwerte für die einzelnen Ziele.
- *Multiattributive Nutzentheorie (NT)*: Aus theoretischer Sicht weist die Nutzwertanalyse erhebliche Defizite auf, die dazu führen können, dass die Präferenzen des Entscheidungsträgers nicht richtig abgebildet werden und somit die Wahl einer nicht optimalen Alternative erfolgen kann. Diese Defizite werden durch die Multiattributive Nutzentheorie behoben, die zu diesem Zweck geeignete und gegenüber der Nutzwertanalyse fortentwickelte Befragungstechniken zur Verfügung stellt.

5. Die URLs der Hersteller lauten: www.banxia.com, www.mindmanager.com, www.mindmapper.com, www.matchware.net, www.visimap.com, www.visual-mind.com

- *Analytic Hierarchy Process (AH)*: Der Analytic Hierarchy Process stellt eine weitere Methode zur Bewertung von Alternativen dar. Seine Grundidee beruht darauf, die Höhen- und Artenpräferenzen durch paarweise Vergleiche von Alternativen und Zielen zu ermitteln. Durch diesen einheitlichen Ansatz, der wie bei der Nutzwertanalyse zu theoretischen Defiziten führt, ist seine Anwendung sehr intuitiv, was zu einer weiten Verbreitung insbesondere im angloamerikanischen Raum geführt hat.
- *Sensitivitätsanalyse (SA)*: Alle zuvor aufgeführten Bewertungstechniken verlangen vom Entscheidungsträger, dass er eindeutige Bewertungen vornimmt, auch wenn er sich bezüglich seiner Präferenzen nicht in dem dadurch geforderten Maß sicher ist. So muss er etwa bei der Nutzwertanalyse jedem Ziel einen eindeutigen Gewichtungsfaktor zuordnen. Daher bieten viele Softwarepakete die Möglichkeit, Sensitivitätsanalysen durchzuführen, welche die resultierenden Veränderungen in der Gesamtbewertung in Abhängigkeit von Veränderungen in den Teilbewertungen (z.B. von Nutzenwerten oder Gewichtungsfaktoren) systematisch auswerten und geeignet visualisieren.
- *Portfolioentscheidungen (PE)*: In bestimmten Entscheidungssituationen ist nicht eine einzige Alternative, sondern ein Portfolio von Alternativen so auszuwählen, dass ein möglichst hoher Gesamtnutzen entsteht. Dabei sind zumeist bestimmte Restriktionen (z.B. ein beschränktes Budget) zu beachten.
- *Gruppenentscheidungen (GE)*: Entscheidungen werden zunehmend nicht von einzelnen Entscheidungsträgern, sondern von Gruppen getroffen. Bestimmte Softwarepakete enthalten daher entsprechende Komponenten, die in ihrem Umfang jedoch stark variieren. Im einfachsten Fall ist lediglich die Bewertung von Teilaspekten durch verschiedene Entscheidungsträger (z.B. die Vergabe von Punkten für einzelne Ziele im Rahmen der NW) vorgesehen, in anderen Fällen sind einfache Abstimmungsregeln implementiert.

Tab. 1 gibt eine Übersicht zu den am weitesten verbreiteten EUS für Entscheidungen bei Sicherheit und den in ihnen realisierten Komponenten.

Tabelle 1: Software für Entscheidungen bei Sicherheit

Produkt	Hersteller	URL	ZG	NW	NT	AH	SA	PE	GE
CelsiEval	Celsi	www.celsi.ch		✓			✓		
Criterion DecisionPlus	InfoHarvest	www.infoharvest.com	✓		✓	✓	✓		
ExpertChoice	ExpertChoice	www.expertchoice.com	✓			✓	✓		✓
Hiview / Equity	Catalyze	www.catalyze.co.uk	✓	✓			✓	✓	
LogicalDecisions	LogicalDecisions	www.logicaldecisions.com	✓		✓	✓	✓	✓	✓
OnBalance	Krysalis	www.krysalis.co.uk			✓		✓		
Tess	Arlington Software	www.arlingsoft.com	✓	✓			✓		✓
yooscore	solutionary	www.yooscore.de		✓			✓		✓

3. Entscheidungen bei Unsicherheit

Die meisten EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit unterstellen, dass lediglich quantitative Ergebnisse (z.B. monetäre Größen) zur Beurteilung von Alternativen herangezogen werden. Des Weiteren sind diese Ergebnisse von (teilweise) unsicheren Parametern des Entscheidungsproblems abhängig, aus denen sie mit Hilfe von deterministischen Wirkungszusammenhängen abgeleitet werden können. Die Spezifikation dieser Wirkungszusammenhänge, die sich aufgrund der ausschließlich quantitativen Größen als mathematische Formeln ausdrücken lassen, erfolgt ebenfalls im EUS. Ein weit verbreitetes und damit Entscheidungsträgern vertrautes Endbenutzerwerkzeug zur Erfassung von Daten und Formeln sind Tabellenkalkulationsprogramme, so dass viele EUS als Zusatzprogramme (so genannte Add-ins⁶) für entsprechende Systeme realisiert werden (Eintrag „A“ in der Spalte Typ von Tab. 2). Der Eintrag „S“ gibt an, dass es sich um eine Stand-alone Softwarelösung handelt, die ohne zusätzliche Programme lauffähig ist.

EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit bieten Komponenten zur Anwendung der folgenden Planungstechniken:

- *Verteilungsanpassung (VA)*: Sollen unsichere Parameter von Entscheidungsproblemen abgebildet werden, so ist es grundsätzlich erforderlich, ihre Verteilung festzulegen. Dabei lassen sich entweder empirische oder theoretische Verteilungen verwenden. Da empirische Verteilungen schlechter handhabbar sind, ist es häufig sinnvoll, diese durch theoretische Verteilungen zu approximieren. Entsprechende Komponenten unterstützen diesen Prozess durch statistische Auswertungen bezüglich der Approximationsgüte bzw. durch automatische Approximation.
- *Einflussdiagramme (ED)*: Je nach Entscheidungsproblem können die zu berücksichtigenden Wirkungszusammenhänge komplex sein. Einflussdiagramme stellen eine Diagrammsprache zur Darstellung von Wirkungszusammenhängen dar, welche dem Entscheidungsträger die graphische Entwicklung eines Entscheidungsmodells ermöglichen.
- *Sensitivitätsanalyse (SA)*: Eine einfache Möglichkeit, die Auswirkungen von unsicheren Parametern auf die Ergebnisse von Alternativen zu untersuchen, besteht in der Sensitivitätsanalyse. Dabei werden Parameter systematisch variiert, die aufgrund der Wirkungszusammenhänge ermittelten Veränderungen der Ergebnisse protokolliert und die protokollierten Ergebnisse anschließend in geeigneter Form (z.B. als Spider-Plot oder Tornado-Diagramm) aufbereitet.
- *Risikoanalyse (RA)*: Die Durchführung und Interpretation von Sensitivitätsanalysen ist nur bis zu einer Anzahl von drei Parametern sinnvoll möglich. Bei einer größeren Anzahl an Parametern bietet es sich an, eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der für die Entscheidungsfindung relevanten Ergebnisse in Abhängigkeit von den zufallsbeeinflussten Parameterwerten abzuschätzen. Dies geschieht im Rahmen einer simulativen Risikoanalyse durch zufälliges Ziehen von Stichproben für die Parameterausprägungen und Ergebnisauswertung der so entstehenden Szenarien.
- *Entscheidungsbäume (EB)*: In bestimmten Entscheidungssituationen ist es möglich, auf Umweltveränderungen im Zeitablauf dynamisch zu reagieren, wobei die möglichen Maßnahmen in der Regel von den zuvor durchgeführten abhängig sind (z.B. da diese das verbleibende Budget beschränken). Solche Entscheidungssituationen, d.h. die möglichen Umweltlagen und die resul-

6. Ein Übersicht zu verfügbaren Add-ins für Tabellenkalkulationsprogramme findet sich z.B. in Grossmann (2002).

tierenden flexiblen Alternativen, lassen sich in Form von Entscheidungsbäumen darstellen und auswerten. Entsprechende EUS bieten neben der Erstellung der Entscheidungsbäume und ihrer graphischen Visualisierung unterschiedliche Möglichkeiten der automatischen Auswertung.

In Tab. 2 findet sich eine Auflistung der am weitesten verbreiteten EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit mit Angabe der durch sie realisierten Komponenten.

Tabelle 2: Entscheidungen bei Unsicherheit

Produkt	Hersteller	URL	Typ	VA	ED	SA	RA	EB
Analytica	Lumina Decision Systems	www.lumina.com	S		✓	✓	✓	
Crystal Ball	Decisioneering	www.crystalball.com	A	✓		✓	✓	✓
Decision Tool Suite	Palisade	www.palisade.com	A	✓	✓	✓	✓	✓
Decision ToolPak	Decision Support Services	www.decisiontoolpak.com	A			✓	✓	✓
DecisionPro	Vanguard Software	www.vanguardsw.com	S	✓		✓	✓	✓
DPL	Syncopation Software	www.syncopationsoftware.com	S		✓	✓	✓	✓
GoldSim	GoldSim Solutions	www.goldsim.com	S		✓		✓	
iDecide	Decisive Tools	www.definitivesoftware.com	S		✓	✓	✓	
insight.xla	Analycorp	www.analycorp.com	A			✓	✓	✓
TreeAge Pro	TreeAge Software	www.treeage.com	A		✓	✓	✓	✓

4. Optimierung

Die Formulierung von Entscheidungsproblemen als Optimierungsmodelle setzt voraus, dass sich zur Lösung geeignete, aber zunächst noch unbekannte Alternativen durch quantitative Entscheidungsvariablen (z.B. Produktionsmengen) beschreiben lassen. Zur Modellierung von Zielen und Restriktionen, welche die Güte und Zulässigkeit von Alternativen erfassen, ist es zudem erforderlich, die relevanten Wirkungszusammenhänge in Form mathematischer Zielfunktionen und Nebenbedingungen auszudrücken. Analog zu EUS für Entscheidungen bei Unsicherheit existieren dazu Add-ins für Tabellenkalkulationssoftware und Stand-alone Lösungen (Einträge „A“ bzw. „S“ in der Spalte Typ von Tab. 3). Die folgende Liste gibt einen Überblick zu den wesentlichen Komponenten von Optimierungssoftware:

- *Modellierungssprache (MS)*: Modellierungssprachen dienen ursprünglich der Formulierung von Optimierungsmodellen und erlauben die Darstellung von Restriktionen und Zielen. In den vergangenen Jahren wurden sie etwa um Funktionalität zur Anbindung an Datenbanken oder zur Ablaufsteuerung (z.B. Lösen mehrerer Instanzen eines Entscheidungsproblems im Batch-Betrieb) erweitert. Im Rahmen von Add-ins für Tabellenkalkulationsprogramme sind Modellierungssprachen nicht notwendig, da sich quantitative Wirkungszusammenhänge zur Beschreibung von Restriktionen und Zielen unmittelbar mit der Basisfunktionalität einer Tabellenkalkulation abbilden lassen.

- *Entwicklungsumgebung (EU)*: Eine Entwicklungsumgebung erlaubt neben der Formulierung von Optimierungsmodellen den Aufruf von Lösungsverfahren und den Test von Modellen. Zu diesem Zweck stellt sie in der Regel neben einem Compiler, der das allgemeine Modell mit Daten zu einer Modellinstanz verknüpft und in eine für Lösungsverfahren geeignete Darstellungsform bringt, einen Debugger zur Verfügung. Des Weiteren enthält sie häufig einen Report-Generator, der die Aufbereitung der Lösungen (z.B. in Form von Gantt-Charts bei Problemen der Terminplanung) erlaubt.
- *Laufzeit-Bibliotheken (LB)*: Sollen Optimierungsmodelle im Rahmen von spezialisierten EUS gelöst werden, so kann es hilfreich sein, dazu ebenfalls Komponenten (insbesondere Lösungsverfahren) von Optimierungssoftware zu nutzen. Um dies zu ermöglichen, enthalten viele Softwarepakete geeignete Dynamic Link oder Class Libraries.
- *Lineare Optimierung (LO)*: Lineare Optimierungsmodelle zeichnen sich durch lineare Zielfunktionen und Nebenbedingungen sowie kontinuierliche Variablen aus. Komponenten zur Lösung solcher Modelle stellen in der Regel Varianten des Simplex-Algorithmus sowie Interior Point-Methoden zur Verfügung.
- *Ganzzahlige Optimierung (GO)*: Besteht in einem linearen Optimierungsmodell zusätzlich die Forderung nach Ganzzahligkeit einer oder mehrerer Variablen, so ist das resultierende ganzzahlige Modell (wenn es keine besonderen Eigenschaften besitzt) nicht mit Verfahren der Linearen Optimierung lösbar. Komponenten zur Lösung ganzzahliger Optimierungsmodelle beruhen in der Regel auf Branch & Bound Verfahren, nur zwei Produkte (Evolver, OptQuest) basieren auf Meta-Heuristiken.
- *Nichtlineare Optimierung (NO)*: Ein nichtlineares Optimierungsmodell liegt vor, sobald eine Nebenbedingung oder die Zielfunktion nichtlinear ist. Die Komponenten der genannten Softwarepakete sind häufig auf bestimmte Typen solcher Optimierungsmodelle (z.B. mit quadratischen Ausdrücken) beschränkt. Eine Übersicht speziell mit Softwarepaketen zur nichtlinearen Optimierung findet sich in Nash (1998).
- *Constraint Programming (CP)*: Die Technik des Constraint Programming stammt ursprünglich aus der Informatik, speziell der künstlichen Intelligenz. Sie ist besonders zur Lösung kombinatorischer Optimierungsprobleme geeignet.

Tab. 3 listet die gängigste Optimierungssoftware und ihre Komponenten auf.⁷ Häufig lassen sich unterschiedliche Produkte miteinander kombinieren. So bieten einige Produkte lediglich eine Modellierungssprache und eine Entwicklungsumgebung und greifen zur Lösung von Optimierungsmodellen auf Komponenten anderer Pakete zurück (so ist z.B. die Kombination der Produkte AMPL mit CPLEX gebräuchlich).

7. Eine Übersicht zu Optimierungssoftware findet sich auch in Domschke et al. (2002) und Fourer (2003).

Tabelle 3: Optimierung

Produkt	Hersteller	URL	Typ	MS	EU	LB	LO	GO	NO	CP
AIMMS	Paragon	www.aimms.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
AMPL	AMPL Optimization	www.ampl.com	S	✓			✓	✓	✓	
Chip V5	Cosytec	www.cosytec.com	S			✓				✓
ClipMOPS	Prof. Dr. U. Suhl	www.mops.fu-berlin.de	A				✓	✓		
CPLEX	Ilog	www.ilog.com	S		✓		✓	✓	✓	
DecisionPro	Vanguard Softw.	www.vanguardsw.com	S	✓			✓	✓		
Evolver	Palisade	www.palisade.com	A			✓	✓	✓	✓	
Lingo	Lindo Systems	www.lindo.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
MOPS	Prof. Dr. U. Suhl	www.mops.fu-berlin.de	S			✓	✓	✓		
MPL	Maximal Software	www.maximal-usa.com	S	✓	✓		✓	✓	✓	
OPL Studio	Ilog	www.ilog.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
OptQuest	OptTek	www.opttek.com	S			✓		✓	✓	
Solver	Frontline Systems	www.solver.com	A			✓	✓	✓	✓	
What's Best!	Lindo Systems	www.lindo.com	A				✓	✓	✓	
XPress-XL	Dash Optimization	www.dashoptimization.com	A		✓	✓	✓	✓	✓	
XPress-MP	Dash Optimization	www.dashoptimization.com	S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Literatur

Aksoy, Y. und A. Derbez (2003): Software Survey: Supply Chain Management. OR/MS Today 30/3, S. 34-41.

Alpar, P.; H.L. Grob, P. Weimann und R. Winter (2002): Anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatik – Strategische Planung, Entwicklung und Nutzung von Informations- und Kommunikationssystemen. 3. Aufl., Vieweg, Würzburg.

Domschke, W. und A. Drexl (2002): Einführung in Operations Research. 5. Aufl., Springer, Berlin.

Domschke, W.; A. Drexl, R. Klein, A. Scholl und S. Voß (2002): Übungen und Fallbeispiele zum Operations Research. 4. Aufl., Springer, Berlin.

Fourer, R. (2003): Software Survey: Linear Programming. OR/MS Today 30/6, S. 34-43.

Gluchowski, P.; R. Gabriel und P. Chamoni (1997): Management Support Systeme – Computergestützte Informationssysteme für Führungskräfte und Entscheidungsträger. Springer, Berlin.

Grossmann, T. (2002): Spreadsheet Add-Ins for OR/MS – Software Survey. OR/MS Today 29/4, S. 46-51.

Klein, R. und A. Scholl (2004): Planung und Entscheidung – Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse. Vahlen, München.

- Kolisch, R. und K. Hempel (1996): Auswahl von Standardsoftware, dargestellt am Beispiel von Programmen für das Projektmanagement. *Wirtschaftsinformatik* 38, S. 399-410.
- Mellentien, C. und N. Trautmann (2001): Resource Allocation with Project Management Software. *Operations Research Spectrum* 23, S. 383-394.
- Mellentien, C.; N. Trautmann und D. Wiegand (2002): Methoden gegen das Chaos: Projektmanagement-Software im Vergleich. *c't – Magazin für Computer Technik*, Heft 7/2002, S. 194-201.
- Mertens, P. und J. Griese (2002): Integrierte Informationsverarbeitung 2 – Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie. 9. Aufl., Gabler, Wiesbaden.
- Meyr, H.; J. Rohde, L. Schneeweiß und M. Wagner (2002): Architecture of Selected APS. In: Stadler, H. und C. Kilger (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software and Case Studies*. 2. Aufl., Springer, Berlin.
- Nash, S.G. (1998): Nonlinear Programming. *OR/MS Today* 25/3, S. 40-45.
- Maxwell, D.T. (2002): Decision Analysis Software Survey. *OR/MS Today* 29/3, S. 44-51.
- Rösch, F. und C. Schwindt (2001): Software Library Operations Research. Report WIOR-608, Universität Karlsruhe.
- Sanders, N.R. und K.B. Menrodt (2003): Forecasting Software in Practice: Use, Satisfaction, and Performance. *Interfaces* 33(5), S. 90-93.
- Stahlknecht, P. und U. Hasenkamp (2005): Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 11. Aufl., Springer, Berlin.
- Yurkiewicz, J. (2003): Forecasting Software Survey: Predicting Which Product Is Right for You. *OR/MS Today* 30/1, S. 44-53.

Bemerkung:

Die OR/MS Today-Artikel sind im Internet unter <http://www.lionhrtpub.com/ORMS.shtml> verfügbar.

Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft

2004

- 1/2004 Uwe Cantner, Werner Güth, Andreas Nicklisch, Torsten Weiland: Competition in Innovation and Imitation - A Theoretical and Experimental Study.
- 2/2004 Uwe Cantner und Andreas Freytag: Eliten, Wettbewerb und langer Atem - Ein praktikabler Vorschlag zur Schaffung von Eliteuniversitäten.
- 3/2004 Johannes Ruhland und Kathrin Kirchner (Hrsg.): Räumliche Datenbanken - Überblick und praktischer Einsatz in der Betriebswirtschaft.
- 4/2004 Uwe Cantner und Holger Graf: The Network of Innovators in Jena: An Application of Social Network Analysis.
- 5/2004 Uwe Cantner and Jens J. Krüger: Empirical Tools for the Analysis of Technological Heterogeneity and Change - Some Basic Building Blocks of "Evolumetrics".
- 6/2004 Roland Helm: Export Market Entry Strategy and Success: Conceptual Framework and Empirical Examination. *Erscheint als: Market Commitment, Export Market Entry Strategy and Success: Conceptual Framework and Empirical Examination. International Journal of Globalisation and Small Business.*
- 7/2004 Roland Helm und Michaela Ludl: Kundenkarten als Kundenbindungsinstrument des Handels. *Erscheint als: Kundenbindung im Handel durch Kundenkarten – Determinanten, Wirkungen und Implikationen, Festschrift Prof. Dr. Greipl.*
- 8/2004 Uwe Cantner, Kristina Dreßler und Jens J. Krüger: Firm Survival in the German Automobile Industry.
- 9/2004 Marcus Lange und Martin Zimmermann: Patent-Chart - Das Monitoring von Patentportfolios auf der Basis von Zitatbeziehungen
- 10/2004 Jens J. Krüger: Capacity Utilization and Technology Shocks in the U.S. Manufacturing Sector.
- 11/2004 Andreas Freytag: EMU Enlargement: Which Concept of Convergence to Apply.
- 12/2004 Andreas Freytag and Simon Renaud: From Short-Term to Long-Term Orientation – Political Economy of the Policy Reform Process.
- 13/2004 Martin Kloyer, Roland Helm and Wolfgang Burr: Compensation Preferences of R&D-Suppliers – Some Empirical Results.
- 14/2004 Roland Helm und Michael Gehrler: Interaktion und Information in der Anbieter-Nachfrager- Beziehung: Voraussetzungen, Konsequenzen und Implikationen der zentralen und peripheren Informationsverarbeitung.
- 15/2004 Wolfgang Kürsten: Synergies, Shareholder Value and Exchange Ratios in "Value Creating" Mergers - Why Shareholders Should Doubt Management's Pre-Merger Promises.
- 16/2004 Jens J. Krüger: Using the Manufacturing Productivity Distribution to Evaluate Growth Theories.
- 17/2004 Andreas Freytag and Klaus Winkler: The Economics of Self-regulation in Telecommunications under Sunset Legislation.
- 18/2004 Markus Pasche, Sebastian von Engelhardt: Volkswirtschaftliche Aspekte der Open-Source-Softwareentwicklung.
- 19/2004 Robert Klein und Armin Scholl: Software zur Entscheidungsanalyse – Eine Marktübersicht.