

Kolisch, Rainer; Hempel, Kai

Working Paper — Digitized Version

Entscheidungstheoretisch fundierte Bewertung von Standardsoftware für das Projektmanagement

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 368

Provided in Cooperation with:

Christian-Albrechts-University of Kiel, Institute of Business Administration

Suggested Citation: Kolisch, Rainer; Hempel, Kai (1995) : Entscheidungstheoretisch fundierte Bewertung von Standardsoftware für das Projektmanagement, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 368, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/155432>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Nr. 368

**Entscheidungstheoretisch fundierte
Bewertung von Standardsoftware
für das Projektmanagement**

von

Rainer Kolisch und Kai Hempel

März 1995

Dr. Rainer Kolisch, Kai Hempel
Institut für Betriebswirtschaftslehre
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstr. 40, D-24118 Kiel

Überblick

- EDV-gestütztes Projektmanagement (PM) ist ein weit verbreitetes Planungsmittel auf allen Managementebenen. Neben (traditionellen) Großrechnerapplikationen haben sich mittlerweile leistungsfähige PC-basierte Anwendungen etabliert. Deren dezentraler Einsatz führt dazu, daß Projektmanager Investitionsentscheidungen für (ihre) PM-Software häufig eigenverantwortlich treffen können.
- Zur Unterstützung der Investitionsentscheidung verfolgt die vorliegende Untersuchung einen entscheidungstheoretischen Ansatz, indem sieben gängige PM-Programme auf der Grundlage einer multiattributiven Wertfunktion beurteilt werden. Die Entwicklung einer Zielhierarchie sowie die Verwendung allgemeiner Wertfunktionen und Zielgewichte erlauben generelle Aussagen über die PM-Programme. Mit einer Sensitivitätsanalyse wird die Stabilität der Ergebnisse überprüft.
- Alle in der Untersuchung erhobenen Informationen (Zielhierarchie, Alternativen und Zielausprägungen) sind in einer Datenbank abgelegt und bieten damit Projektmanagern die Möglichkeit, durch die individuell-spezifische Generierung von Wertfunktionen und Zielgewichten eine rationale Auswahlentscheidung zu treffen.
- Die Untersuchung dient primär der Evaluierung und Auswahl von PM-Standardsoftware für kleine und mittelgroße Projekte. Die Ergebnisse können aber auch als Ausgangspunkt zur Auswahl von PM-Standardsoftware für Großprojekte verwendet werden.

A. Einführung

EDV-gestütztes Projektmanagement (PM) ist ein weit verbreitetes Planungsmittel auf allen Managementebenen.¹ Seit dem Aufkommen des Projektmanagements in den 50-er Jahren wurden die zugrundeliegenden OR-Methoden EDV-technisch umgesetzt. Während es sich zu Beginn um nutzerspezifische Implementationen handelte, wurden bereits in den 60-er Jahren Standardprogramme für das Projektmanagement entwickelt.² Deren Verwendung beschränkte sich jedoch weitgehend auf Großprojekte, beispielsweise in der Luft- und Raumfahrtindustrie.³ Einer weiten Verbreitung von PM-Programmen standen unter anderem hohe Softwarepreise und aufwendige Hardwareanforderungen entgegen.

Mittlerweile hat sich jedoch ein grundlegender Wandel vollzogen. EDV-gestütztes Projektmanagement wird zunehmend (auch bei kleinen und mittelgroßen Projekten) eingesetzt. Diese Entwicklung ist durch mehrere Faktoren bedingt:⁴

- Der erhöhte Wettbewerbsdruck führt zu einem steigenden Bedarf an effizienten (Projekt-) Planungsmethoden: Flachere Hierarchien bedingen für den Einzelnen einen (vergleichsweise) großen Anteil neuer Aufgaben; die Entwicklung und die Einführung neuer

Produkte werden durch kürzere Produktlebenszyklen forciert; Marktsegmentierung und Kundenorientierung bewirken eine wachsende Produktvielfalt und damit einen steigenden Anteil neuer Aufgaben und Tätigkeiten; die Komplexität von Gütern und Prozessen nimmt kontinuierlich zu; schließlich verlangen reduzierte Kapazitäten effiziente Planungsmethoden, um (Liefer-)Termine einhalten zu können.

- Einhergehend mit dem größer werdenden Bedarf für EDV-gestütztes Projektmanagement haben die Softwareanbieter zunehmend leistungsfähigere Programme entwickelt.⁵
- Schließlich hat das Aufkommen und die Etablierung von Personal Computern und der starke Preisverfall im Marktsegment der PC-basierten PM-Standardprogramme zu einer weiten Verbreitung von PM-Software beigetragen.

Als Folge beschränken Unternehmen ihre PM-Softwareinvestitionen nicht mehr nur auf *eine* Großrechnerapplikation sondern stellen den Projektmanagern zunehmend die Wahl der PM-Software frei. In diesem Kontext besteht für den Projektmanager die Aufgabe, ein Programmpaket entsprechend seinen (problem-)spezifischen Bedürfnissen auszuwählen. Da mit der Anschaffung einer PM-Software in der Regel mehrere Ziele verfolgt werden und für jedes Programm der Realisationsgrad aller relevanten Ziele feststeht, läßt sich das zugrundeliegende Entscheidungsproblem als Entscheidung bei Sicherheit und mehreren Zielsetzungen charakterisieren.⁶ Entscheidungstheoretische Anwendungen für das betrachtete Problem liegen jedoch in der Literatur nicht vor.⁷ In PC-Zeitschriften erscheinende Beurteilungen von PM-Software beschränken sich auf eine in der Regel unreflektierte Wiedergabe von Herstellerangaben.⁸ Wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Evaluierung und Vergleich von PM-Software lassen sich in zwei Kategorien unterteilen:

- Kommentierte Kriterienkataloge* bestehen aus einer (ausführlichen) Darstellung von PM-Software anhand der aufgeführten Kriterien. Hierzu liegen Arbeiten von Moder et al. (1983), Assad/Wasil (1986), Wasil/Assad (1988), De Wit/Herroelen (1990) sowie die regelmäßigen Veröffentlichungen von Dworatschek/Hayek (1992) vor.
- Experimentelle Untersuchungen* beurteilen auf der Grundlage von Testprojekten die Lösungsgüte von PM-Software für ein in der Theorie vielbeachtetes Grundmodell der Kapazitätsplanung. Bisher liegen solche Arbeiten von Johnson (1990) und Maroto et al. (1994) vor.

In der vorliegenden Arbeit werden sieben weit verbreitete PM-Programme für kleine und mittelgroße Projekte auf der Basis eines entscheidungstheoretischen Ansatzes beurteilt. Die verwendete multiattributive Wertfunktion berücksichtigt dabei auch die Ergebnisse einer repräsentativen experimentellen Untersuchung für das Grundmodell der Kapazitätsplanung. Auf der Grundlage einer Zielhierarchie sowie der Verwendung allgemeiner Wertfunktionen und Zielgewichte werden Aussagen über die PM-Programme hergeleitet. Damit bietet sich jedem Entscheidungsträger die Möglichkeit, durch die Spezifizierung individueller Wertfunktionen und Zielgewichte eine rationale Auswahlentscheidung zu treffen.

Die Untersuchung ist folgendermaßen gegliedert: Abschnitt B gibt eine kurze Übersicht der für die Beurteilung von PM-Software relevanten Grundlagen. In Abschnitt C wird das verwendete Bewertungsverfahren dargestellt: Im einzelnen wird auf die Zielhierarchie, die Alternativen, die Zielausprägungen, die allgemeinen eindimensionalen Wertfunktionen sowie die Zielgewichte eingegangen. Abschnitt D präsentiert das Ergebnis der Gesamtbewertung sowie die Resultate für die drei Unterziele: "Handbuch", "Allgemeine Programmfunktionen" und "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen". Die Stabilität der Aussagen wird anschließend mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse beurteilt. Abschnitt E beschließt die Untersuchung, indem Implikationen der Ergebnisse für die am PM-Softwaremarkt Beteiligten aufgezeigt werden.

B. Projektmanagement

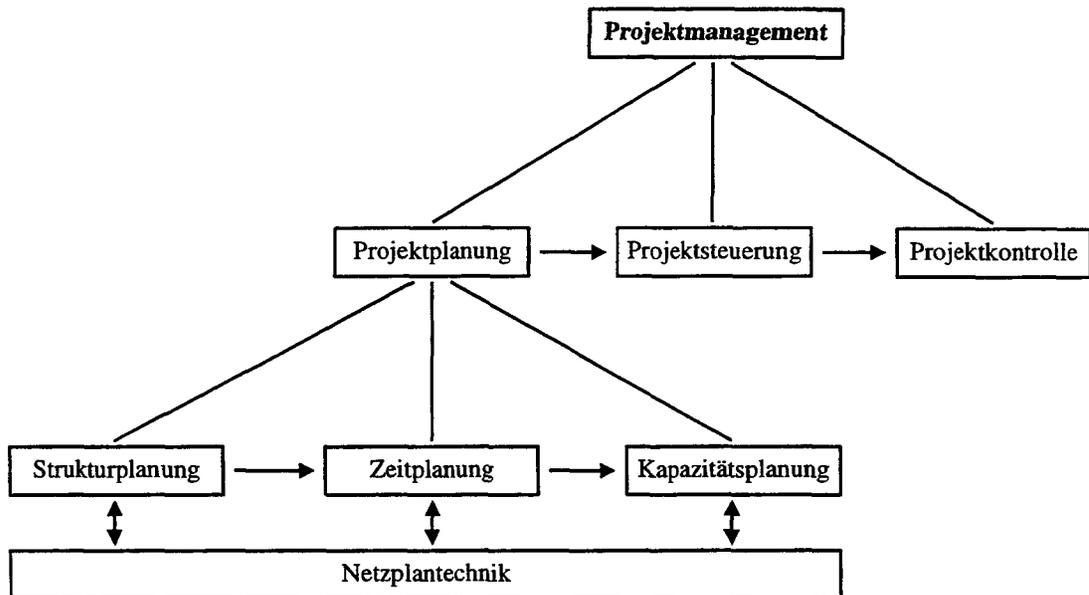
Ein Projekt ist ein in der Regel einmaliges, zeitlich, sachlich und räumlich begrenztes, zielgerichtetes Vorhaben, das unter Verwendung knapper Ressourcen durchgeführt wird.⁹ Beispiele für Großprojekte sind der Bau und die Inbetriebnahme eines Kraftwerks oder die Einführung einer unternehmensweiten Standardsoftware; typische Kleinprojekte sind die Einzelfertigung eines Kundenauftrags, der Bau einer Reihenhäuseranlage oder die Einführung von Standardsoftware in (nur) einer Abteilung. Das Projektmanagement umfaßt alle Tätigkeiten, die für einen im Sinne der Projektziele erfolgreichen Projektabschluß durchzuführen sind.¹⁰ Im allgemeinen wird zwischen den Tätigkeiten der Projektplanung, der Projektsteuerung und der Projektkontrolle unterschieden (vgl. *Abbildung 1*). Die innerhalb der Projektplanung durchzuführenden Tätigkeiten nehmen dabei den größten Umfang ein; gleichzeitig ist der Einsatz quantitativer Methoden in diesem Bereich sehr weit fortgeschritten. Die Projektsteuerung umfaßt die Operationalisierung des Projektplans, während die Projektkontrolle der Erfassung des Projekt-Istzustands sowie der Ermittlung und Analyse der zwischen Projektplan und -Istzustand bestehenden Abweichungen dient. PM-Standardsoftware für kleine und mittelgroße Projekte ist primär für die Unterstützung der Projektplanung konzipiert.

Die Basis der Projektplanung bildet die bereits in den 50-er Jahren entwickelte Netzplantechnik. Sie wird in den drei Stufen der Projektplanung, der Struktur-, der Zeit- und der Kapazitätsplanung, verwendet (vgl. ebenfalls *Abbildung 1*).

Die *Strukturplanung* beinhaltet die hierarchische Zerlegung des Gesamtprojekts in einzelne Teilaufgaben, die Arbeitspakete, sowie die grafische Darstellung der Arbeitspakete und deren gegenseitigen Abhängigkeiten als Projektstrukturplan. Anschließend werden die Arbeitspakete in die für die Durchführung des Projekts notwendigen Arbeitsgänge zerlegt. In Anlehnung an die gängige Literatur werden im folgenden die Arbeitsgänge als Vorgänge bezeichnet.¹¹ Für jeden Vorgang werden die Dauer und die zu anderen Vorgängen existierenden technologischen Reihenfolgebeziehungen ermittelt. Die Ergebnisse der Projekt-

strukturierung lassen sich in einem Netzplan darstellen, in dem Vorgänge durch Knoten und Reihenfolgebeziehungen durch Pfeile symbolisiert werden.¹²

Abb. 1: Aufgaben und Techniken des Projektmanagements



Die *Zeitplanung* verwendet die Ergebnisse der Strukturplanung. Ausgehend vom geplanten Projektbeginn, werden für jeden Vorgang ein frühestmöglicher und ein spätestzulässiger Vorgangsbeginn bestimmt. Außerdem können unterschiedliche Pufferzeiten,¹³ die über die zeitliche Disponierbarkeit von Vorgängen Auskunft geben, berechnet werden. Sind die zur Ausführung der Vorgänge benötigten Ressourcen in ausreichender Kapazität vorhanden, so repräsentieren die frühestmöglichen Startzeitpunkte bereits einen zulässigen Projektplan. In der Regel sind die Kapazitäten der Ressourcen jedoch nicht ausreichend bemessen, um eine Zulässigkeit der Zeitplanung zu gewährleisten.

In diesem Fall ist es notwendig, einen realisierbaren Projektplan durch die Anwendung der *Kapazitätsplanung* zu erzeugen.¹⁴ Ausgehend vom spätest zulässigen Ende des Projekts werden dabei zunächst die spätest zulässigen Starttermine der Vorgänge bestimmt. Damit erhält man für jeden Vorgang ein Zeitfenster, das durch einen (bereits in der Zeitplanung berechneten) frühest möglichen und einen spätest zulässigen Startzeitpunkt definiert ist. Anschließend wird versucht, jeden Vorgang so innerhalb seines Zeitfensters zu terminieren, daß die technologischen Reihenfolgebeziehungen eingehalten, die Kapazitäten der Ressourcen nicht überschritten und die Projektziele möglichst gut erreicht werden.

Auf allen drei Stufen der Projektplanung besteht die Möglichkeit einer *Kostenplanung*.¹⁵ In der Projektstrukturplanung werden die Kosten auf der Grundlage der Arbeitspakete z.B. für die Angebotserstellung ermittelt, während innerhalb der Zeitplanung die Kosten vorgangsbezogen berechnet werden; zudem können hier zeitliche Ausgabenverläufe erstellt werden. Schließlich können im Rahmen der Kapazitätsplanung die Kosten in Abhängigkeit des Ressourcenverbrauchs ermittelt werden. Grundsätzlich wird jedoch in allen drei Stufen eher

eine Kostenrechnung denn eine Kostenplanung im Sinne einer Kostenminimierung durchgeführt.¹⁶

Während bis Ende der 80-er Jahre die Struktur-, Zeit- und Kostenplanung sowie (teilweise auch) die Projektkontrolle Eingang in PM-Standardsoftware gefunden hatten,¹⁷ wird inzwischen von der Mehrzahl der Hersteller auch die Kapazitätsplanung unterstützt. Dies geschieht, indem nicht näher spezifizierte heuristische Verfahren zur Lösung des Problems verwendet werden. In der Regel handelt es sich bei den implementierten Methoden um prioritätsregelbasierte Verfahren.¹⁸

C. Bewertungsverfahren

Zur Lösung des vorliegenden Entscheidungsproblems bei Sicherheit und mehreren Zielsetzungen werden in der Literatur unterschiedliche Verfahren vorgeschlagen, beispielsweise die Zielgewichtung, die lexikographische Gesamtnutzenmessung, das Goal-Programming, der Analytic Hierarchy Process und die Multiattributive Werttheorie.¹⁹ Letztere ist aus praktischen und aus theoretischen Erwägungen den anderen Verfahren vorzuziehen.²⁰ Die Multiattributive Werttheorie wird deshalb im folgenden als modell- und verfahrenstheoretische Grundlage für die Bewertung von PM-Standardsoftware verwendet.

I. Ziele

Ein Softwarenutzer will mit dem Kauf und der anschließenden Nutzung eines Programms verschiedene Ziele erreichen.²¹ Zur Entwicklung und übersichtlichen Darstellung der Ziele ist es sinnvoll, eine Zielhierarchie zu verwenden. Diese gliedert alle Ziele in einer hierarchischen Struktur, die Ober- und Unterziele enthält.²² Jedes (Ober-)Ziel wird so lange (in Unterziele) aufgelöst, bis es hinreichend präzise und meßbar ist. Die Gesamtheit der nicht weiter aufgelösten (Unter-)Ziele bestimmen schließlich das umfassende Oberziel.

Im folgenden soll die Zielhierarchie für das umfassende Oberziel "(Güte der) PM-Standardsoftware" entwickelt werden. Geht man davon aus, daß jede kommerzielle Software aus den beiden Komponenten "Handbuch" und "Software" besteht,²³ so ergeben sich damit die zwei Unterziele des umfassenden Oberziels. Das Unterziel "Software" wird in die weiteren Unterziele "Allgemeine Programmfunktionen" und "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" aufgelöst. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, daß die Kapazitätsplanung zu einem wesentlichen Bestandteil moderner PM-Software geworden ist. *Abbildung 2* gibt den Stand der bisher entwickelten Zielhierarchie wieder.

Abb. 2: Zielhierarchie



Abb. 3: Zielhierarchie des Unterziels "Handbuch"

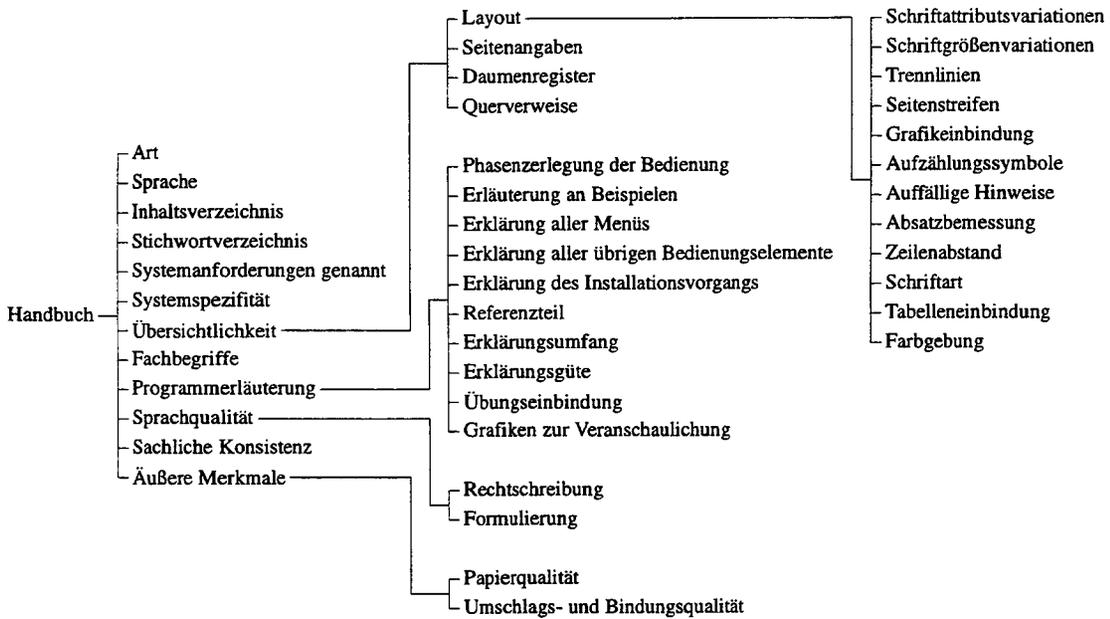
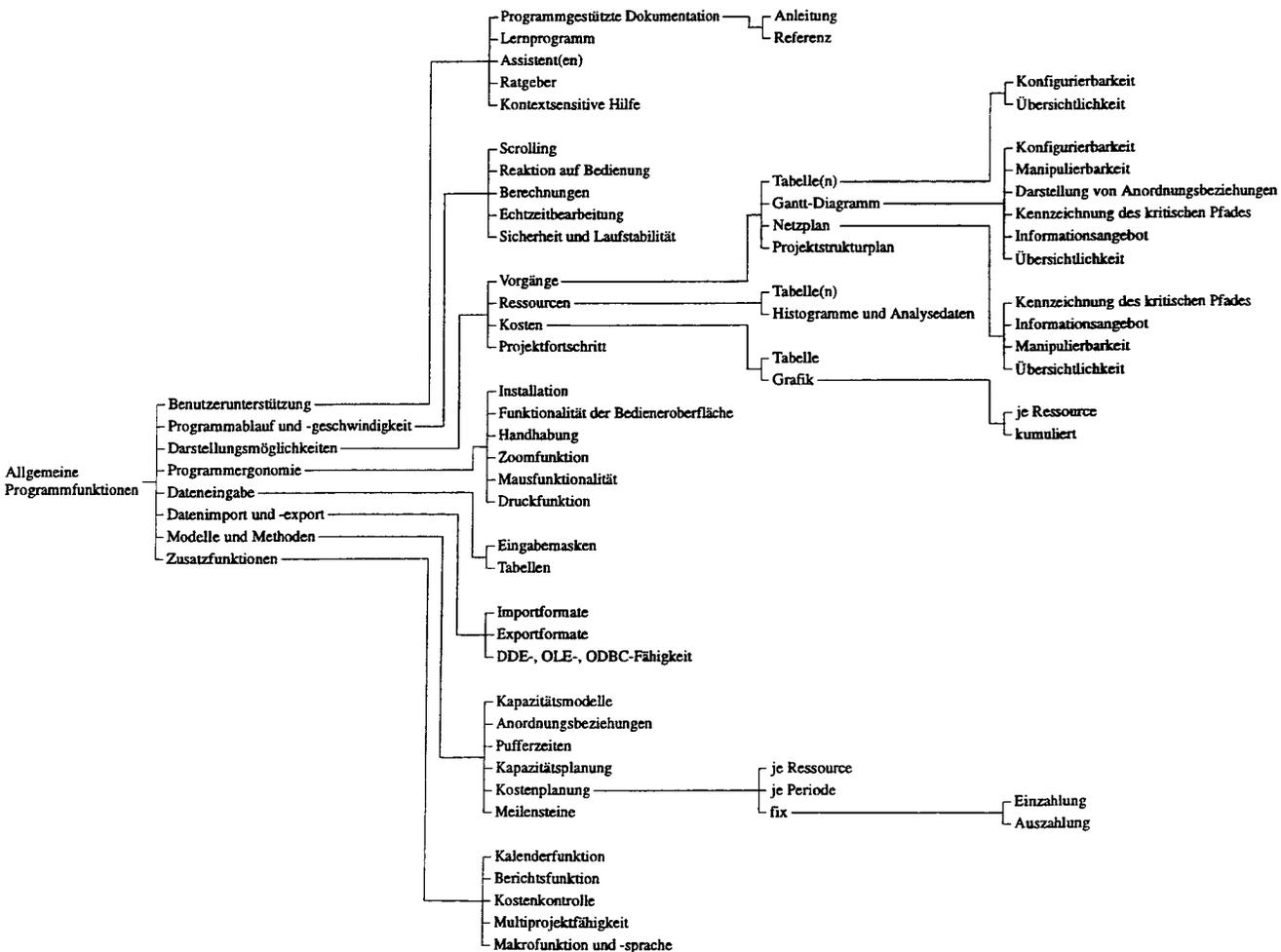


Abb. 4: Zielhierarchie des Unterziels "Allgemeine Programmfunktionen"



Für die beiden Ziele "Handbuch" und "Allgemeine Programmfunktionen" wurden unter Berücksichtigung von Beurteilungskriterien in der Literatur²⁴ und Expertenmeinungen²⁵ die in den *Abbildungen* 3 und 4 dargestellten Zielhierarchien entwickelt. Eine detaillierte Beschreibung aller 93 nicht weiter aufgelösten (Unter-)Ziele ist in *Anhang* 1 zu finden. Die Zielhierarchie berücksichtigt primär die Ziele von Anwendern, die ohne aufwendige Schulungen kleine und mittelgroße Projekte durchführen wollen. Die für Planung und Management großer und sehr großer Projekte relevanten Ziele (wie z.B. die Soll-Ist-Analyse oder die Möglichkeit umfangreiche Projekte zu verwalten) sind in der aufgestellten Zielhierarchie unterrepräsentiert. Auf der Basis der vorliegenden Untersuchung können diese Ziele jedoch ohne Probleme (zusätzlich) berücksichtigt werden. Die gesamte Zielhierarchie (vgl. *Abbildungen* 2 - 4) erfüllt die von einem Zielkatalog geforderten Eigenschaften²⁶ der Redundanzfreiheit, Meßbarkeit, Einfachheit und Dekomponierbarkeit.²⁷

Das Ziel "(Güte der) Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" wurde auf der Basis des für die Theorie bedeutsamen *Grundmodells der Kapazitätsplanung* instrumentalisiert, das auf den folgenden (weiteren) Annahmen beruht:²⁸ Während der nicht unterbrechbaren Vorgangsbearbeitung benötigt ein Vorgang je Periode eine konstante Menge von Kapazitätseinheiten einer oder mehrerer Ressourcen. Jede Ressource ist in jeder Periode des Planungszeitraums mit einer konstanten Kapazität vorhanden. Beispielsweise werden bei der Durchführung eines Vorgangs "Produkttest" in jeder Periode zwei Ingenieure und ein Teststand benötigt, während in jeder Planungsperiode insgesamt fünf Ingenieure und zwei Teststände zur Verfügung stehen. Das Grundmodell bildet bereits die Essenz der Kapazitätsplanung, die Konkurrenz der Vorgänge um knappe Ressourcen, ab. Modellverallgemeinerungen, z.B. die Hinterlegung von Ressourcenkalendern, variable Kapazitätsangebots- und Nachfrageprofile sowie die Unterbrechbarkeit von Vorgängen, lassen sich mühelos integrieren.²⁹ Die einschränkenden Annahmen erlauben jedoch die Erzeugung von optimalen Referenzlösungen. In den getesteten PM-Programmen wird das Grundmodell der Kapazitätsplanung in der Regel als "lineares, konstantes oder gleichverteiltes Auslastungsmodell" bezeichnet. Über das Grundmodell hinausgehende Optionen der Kapazitätsmodellierung wurden mit dem Ziel "Kapazitätsmodelle" berücksichtigt. Möglichkeiten, die Lösung des Grundmodells zu beeinflussen, wurden mit dem Ziel "Kapazitätsplanung" einbezogen. Das Ziel des Grundmodells der Kapazitätsplanung ist es, die Projektdauer bei Einhaltung der Kapazitätsrestriktionen und der technologischen Reihenfolgebeziehungen zu minimieren. Dieses Ziel ist aus den folgenden Gründen relevant:³⁰ Kurze Projektlaufzeiten verringern die Kapitalbindungskosten, reduzieren die Datenunsicherheit, verringern die Gefahr von (Liefer-)Terminüberschreitungen und stellen bei Projektabschluß bis dato verwendete Ressourcen für andere Aufgaben zur Verfügung. Um zu messen, wie gut die PM-Programme das Ziel erreichen, wurde auf der Basis von 160 repräsentativen Testdatensätzen jeweils die mittlere prozentuale Abweichung der Projektdauer von der kürzest möglichen Projektdauer berechnet.³¹

II. Alternativen

Dworatschek/Hayek (1992) führen in ihrem aktuellen Marktspiegel zur PM-Software ca. 350 im Handel erhältliche Programme auf. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Rechner- und Betriebssystemanforderungen, hinsichtlich der funktionalen Ausrichtung in beispielsweise Programme für den F&E- oder den Fertigungsbereich und vieles mehr. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf den absatzstarken Bereich der Standardprogramme für Personal Computer unter der Arbeitsoberfläche Windows. Diese Programme haben sich durch die einfache Handhabung und einen stark gestiegenen Leistungsumfang in den letzten Jahren als leistungsfähige Hilfsmittel für das Projektmanagement entwickelt. Die Listenpreise der Programme besitzen eine relativ große Spannbreite von ca. 1.300 DM bis 10.000 DM. In der vorliegenden Arbeit wurden bewußt auch (teure) Softwarealternativen berücksichtigt, die primär für größere Projekte konzipiert sind, um deren spezifische Eignung für kleine und mittelgroße Projekten zu beurteilen. Die Untersuchungsergebnisse können so auch als Ausgangspunkt für eine Bewertung von Standardsoftware für Großprojekte herangezogen werden. In *Tabelle 1* sind die sieben berücksichtigten Alternativen a_1, \dots, a_7 aufgeführt.

Tab. 1: Alternativen

a_i	Programm	Vertrieb	Listenpreis ³²
a_1	Artemis Schedule Publisher V.4.1	Lucas Management Systems, Neuss	3.960,-
a_2	CA-SuperProject V.3.0 C	Computer Associates, Darmstadt	2.100,-
a_3	Microsoft Project V.4.0	Microsoft, Unterschleißheim	1.290,-
a_4	Primavera Project Planner V.1.0	Intec, Landshut	9.900,-
a_5	Project Manager Workbench V.1.1.02w	Applied Business Tech., Hamburg	4.800,-
a_6	Project Scheduler 6.0 V.1.02	Scitor, Frankfurt/Main	2.190,-
a_7	Time Line V.6.0.0	Symantec, Düsseldorf	1.303,-

III. Zielausprägungen und Wertfunktionen

1. Zielausprägungen

Hinsichtlich eines Ziels sind, in Abhängigkeit von der Alternative, verschiedene Zielausprägungen möglich. Für das Ziel "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" ergaben sich mittlere (kardinalskalierte) Verlängerungen der kürzesten Projektdauer von 4,40% bis 9,76%. Alle anderen Ziele wurden anhand einer ordinalskalierten Leistungsskala von 1 bis 6 in 0,5-er Schritten gemessen. Die Messung erfolgte unter Berücksichtigung zielrelevanter Kriterien. Beispielsweise wurde das Ziel "Übersichtlichkeit des Netzplans" anhand der mittleren Anzahl sich überschneidender Pfeile für eine Reihe von Testproblemen ermittelt; für die Messung des Ziels "Pufferzeiten" diente die Anzahl der unterschiedlichen Pufferzeiten je Vorgang.³³

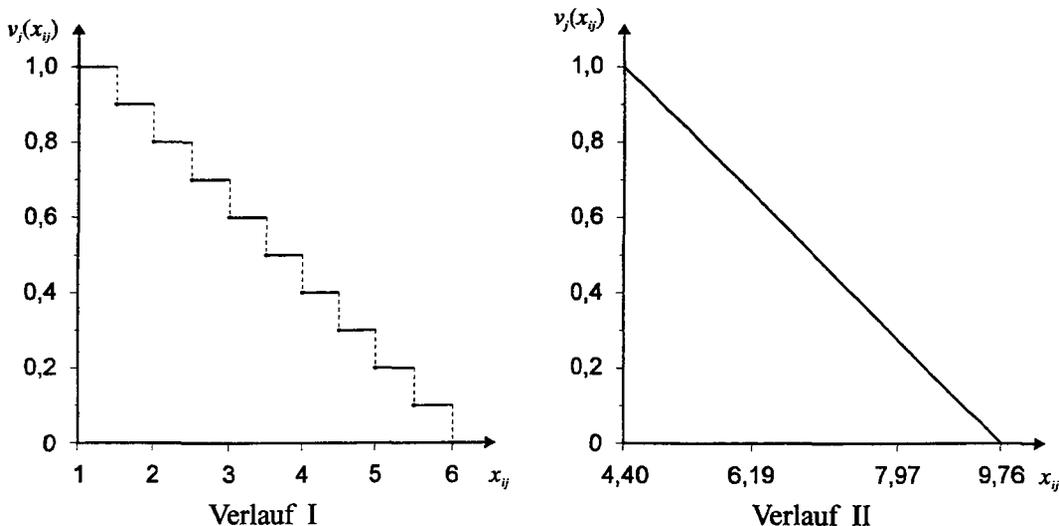
2. Eindimensionale Wertfunktionen

Eine Zielausprägung stellt per se einen Sachverhalt dar, dem jeder Entscheider eine unterschiedliche Bedeutung zuordnet. Deshalb muß für jede mögliche Zielausprägung eines entscheidungsrelevanten Ziels durch eine präferenzabhängige, eindimensionale Wertfunktion ein für den Entscheider individueller Zielerreichungsgrad bestimmt werden, der auf das Intervall $[0,1]$ normiert wird.³⁴ Die Bestimmung einer solchen Entscheider-individuellen Wertfunktion ist ein zentraler Bestandteil der Entscheidungstheorie; in der betriebswirtschaftlichen Literatur liegen hierzu eine Reihe reliabler Verfahren vor.³⁵ Da es in dieser Untersuchung jedoch nicht darum geht, ein Programm für *einen* Entscheider auszuwählen, sondern eine Verfahrensgrundlage für beliebige Entscheider bereitzustellen, wird eine *allgemeine* Wertfunktion verwendet. Für ein Ziel z_j sei x_j^+ die beste und x_j^- die schlechteste Zielausprägung sowie x_{ij} die Zielausprägung der i -ten Alternative. Der Wert (oder der Zielerreichungsgrad) der Alternative a_i in Bezug auf das Ziel z_j ergibt sich dann gemäß:

$$(1) \quad v_j(x_{ij}) = 1 - \frac{x_{ij} - x_j^+}{x_j^- - x_j^+} \quad \text{mit } x_j^- \leq x_{ij} \leq x_j^+.$$

(1) genügt den Anforderungen der Vollständigkeit und der Transitivität und erfüllt damit die wesentlichen Bedingungen, die an eine meßbare Wertfunktion gestellt werden. Für alle ordinal gemessenen Ziele impliziert die Wertfunktion (1) den in *Abbildung 5* (links) dargestellten Verlauf I. Für das kardinal gemessene Ziel "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" ergibt die allgemeine Wertfunktion (1) in Abhängigkeit der realisierten Ausprägungen den ebenfalls in *Abbildung 5* (rechts) dargestellten Verlauf II.

Abb. 5: Verläufe der (eindimensionalen) Wertfunktion



3. Multiattributive Wertfunktion

Eine multiattributive Wertfunktion aggregiert die bewerteten Ausprägungen aller nicht weiter aufgelösten (Unter-)Ziele der Zielhierarchie zu einem Zielerreichungsgrad des umfassenden Oberziels. Dies geschieht, indem die Ziele entweder implizit oder explizit gewichtet werden. Die Gewichtung quantifiziert die Präferenz des Entscheiders in Bezug auf die Bedeutsamkeit der Ziele. Die einfachste und in der Regel beste multiattributive Wertfunktion ist das additive Wertmodell,³⁶ das vereinfacht auch unter der Bezeichnung Nutzwertanalyse, Scoringmodell oder Punktbewertungsverfahren verwendet wird.³⁷ Jedes nicht weiter aufgelöste (Unter-)Ziel z_j wird mit einem Gewicht w_j bewertet. Der Gesamtwert $v(a_i)$ einer Alternative a_i ergibt sich dann als:

$$(2) \quad v(a_i) = \sum_{j=1}^J w_j v_j(x_{ij}) \quad \text{mit } 0 < w_j < 1, \sum_{j=1}^J w_j = 1.$$

Durch die Beschränkung der Gewichte auf das Intervall $]0,1[$ und die Normierung der Summe aller Gewichte auf den Wert "1", ermittelt die additive Wertfunktion (wieder) einen auf das Intervall $[0,1]$ normierten Zielerreichungsgrad. Es gilt also: $0 \leq v(a_i) \leq 1$. Als notwendige Voraussetzungen für die Anwendung von (2) wird neben der einfachen Präferenzunabhängigkeit des Entscheiders zusätzlich eine wechselseitige Präferenzunabhängigkeit sowie eine Differenzenunabhängigkeit der J Ziele vorausgesetzt.³⁸ In der Regel sind diese Bedingungen für das vorliegende Entscheidungsproblem erfüllt; im Einzelfall muß jedoch jeder Entscheider eine Validierung vornehmen.

Für die Bestimmung der Zielgewichte innerhalb einer mehrstufigen Zielhierarchie können zwei unterschiedliche Vorgehensweisen verwendet werden.³⁹

- i) Es werden alle nicht weiter aufgelösten (Unter-)Ziele der Zielhierarchie in Bezug auf das umfassende Oberziel gewichtet und der Gesamtzielerreichungsgrad $v(a_i)$ wird gemäß Formel (2) berechnet.
- ii) Beginnend mit dem umfassenden Oberziel werden dessen direkte Unterziele so gewichtet, daß die Summe der Gewichte den Wert "1" ergibt. Rekursiv erfolgt dann die Gewichtung der direkten Unterziele eines bereits gewichteten Oberziels, bis schließlich alle Ziele gewichtet sind. Analog zu der Bestimmung der Zielgewichte erfolgt danach die Berechnung der Zielerreichungsgrade rekursiv. Mit der Formel (2) wird dabei jeweils der Zielerreichungsgrad eines Oberziel berechnet, für dessen direkte Unterziele bereits die Zielerreichungsgrade bestimmt wurden.

Das zweite Verfahren besitzt für das vorliegende Entscheidungsproblem den Vorteil, daß die Zielgewichte auf jeder Stufe der Zielhierarchie gleichmäßig vergeben werden können. Dadurch wird die Übergewichtung (Untergewichtung) von Oberzielen, die in überdurchschnittlich viele (wenige) Unterziele zerlegt wurden, vermieden.⁴⁰ Außerdem werden die

Zielerreichungsgrade für jedes Ziel der Zielhierarchie ermittelt. Im folgenden wird deshalb die zweite Vorgehensweise gewählt.

Ähnlich wie bei der Bestimmung der eindimensionalen Wertfunktionen wird eine "allgemeine" Zielgewichtung so vorgenommen, daß die Gewichte der direkten Unterziele eines Oberziels jeweils gleich(-verteilt) sind. Aus Plausibilitätsgründen werden in den Fällen *i*) - *iv*) (vorerst) unterschiedliche Zielgewichte vergeben. Die Allgemeingültigkeit der so erlangten Ergebnisse wird anschließend (in *Abschnitt D.II*) mit einer Sensitivitätsanalyse überprüft. Zur besseren Lesbarkeit sind die Gewichte im folgenden jeweils mit dem unterstrichenen Buchstaben des betreffenden Ziels indiziert.

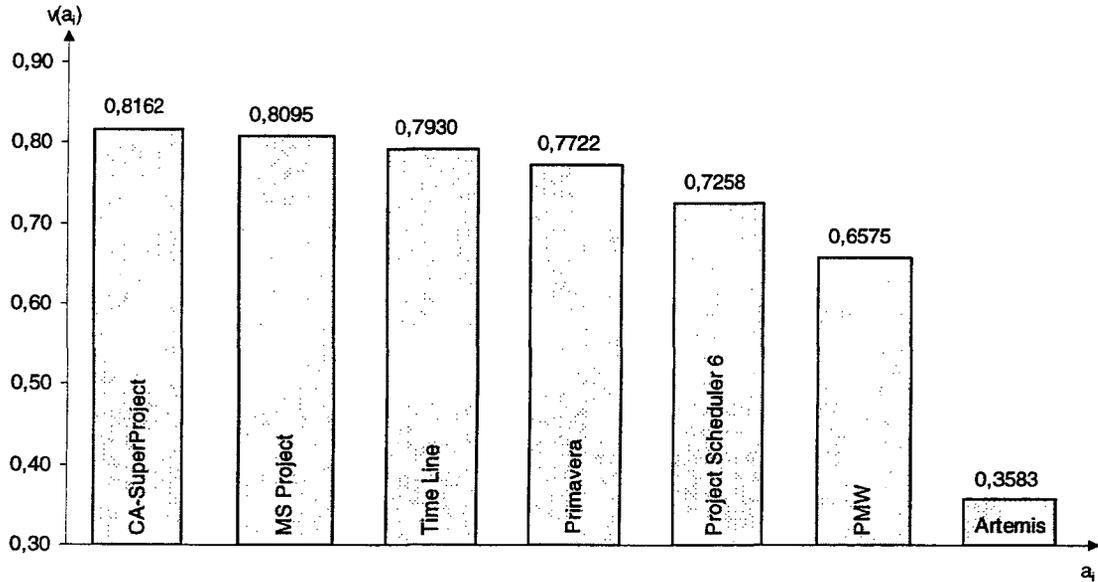
- i*) Die beiden Unterziele "Handbuch" und "Software" werden mit $w_H=0,2$ und $w_S=0,8$ gewichtet, weil der Hauptbestandteil eines Softwarepakets das Programm ist und das Handbuch eine (nicht unwichtige) Nebenleistung darstellt.
- ii*) Das Unterziel "Allgemeine Programmfunktionen" wird mit $w_P=0,6$ höher bewertet als das Unterziel "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" mit $w_K=0,4$.
- iii*) Hinsichtlich des Oberziels "Übersichtlichkeit (des Handbuchs)" wird das Unterziel "Layout" mit $w_L=0,7$ bewertet, während die übrigen drei Unterziele jeweils mit $w=0,1$ gewichtet werden.
- iv*) Für das Oberziel "Darstellungsmöglichkeiten" wird das Unterziel "Vorgangsdarstellung" mit $w_V=0,6$ und das Ziel "Fortschritt des Projekts" mit $w_F=0,1$ gewichtet. Die verbleibenden Unterziele "Ressourcen-" sowie "Kostendarstellung" werden jeweils mit $w=0,15$ bewertet.

D. Ergebnisse

I. Gesamtbewertung

Abbildung 6 vergleicht die Zielerreichungsgrade $v(a_i)$ der sieben PM-Softwarealternativen a_i für das umfassende Oberziel "(Güte der) PM-Standardsoftware". Die Zielerreichungsgrade für die drei Unterziele "Handbuch", "Allgemeine Programmfunktionen" und "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" werden in den folgenden Abschnitten dargestellt. Eine Aufstellung der Zielerreichungsgrade aller nicht weiter aufgelösten (Unter-)Ziele befindet sich im *Anhang 2*. Damit können die Zielerreichungsgrade für jedes Ziel der Zielhierarchie ermittelt werden.

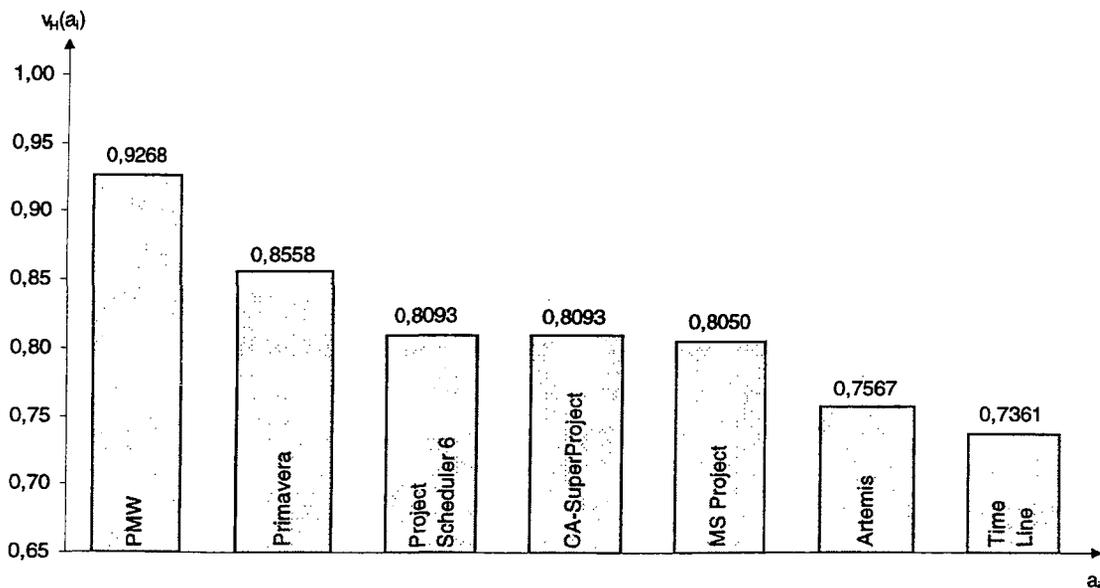
Abb. 6: Zielerreichungsgrade für das umfassende Oberziel "PM-Standardsoftware"



1. Handbuch

Die Zielerreichungsgrade $v_H(a_i)$ der Programmpakete a_i für das Ziel "Handbuch" sind der Abbildung 7 zu entnehmen. Grundsätzlich korrespondiert die Güte des Handbuchs mit dem Programmpreis. Dies läßt sich an einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,5103$ ablesen. Eine Ausnahme bildet das Programm Artemis Schedule Publisher. Die Handbücher aller Programme besitzen Defizite bei der Verwendung von Fachbegriffen des Projektmanagements sowie bei dem Stichwortverzeichnis. Im einzelnen ergeben sich folgende Bewertungen:

Abb. 7: Zielerreichungsgrade für das Ziel "Handbuch"



Das Handbuch für das Programm Project Manager Workbench (PMW) erreicht mit Ausnahme des Ziels "Übersichtlichkeit" die höchsten Zielerreichungsgrade. Primavera besitzt einen niedrigen Zielerreichungsgrad für das Ziel "Sprache", da das Handbuch nur als englische Version vorliegt. Für alle anderen Ziele besitzt Primavera jedoch hohe Zielerreichungsgrade. Die Handbücher für die Programme Project Scheduler 6 (PS6), CA-Super-Project und Microsoft (MS) Project erlangen mittlere Zielerreichungsgrade. Für den Project Scheduler 6 ergeben sich zwei niedrig bewertete Ziele: Die Tatsache, daß keine Hinweise auf Systemanforderungen im Handbuch zu finden sind, bedingen einen Zielerreichungsgrad von "0" für das Ziel "Systemanforderungen genannt"; schlechte Formulierungen und Rechtschreibfehler führen zu einem geringen Zielerreichungsgrad für das Ziel "Sprachqualität". Allerdings besitzt das PS6-Handbuch den höchsten Zielerreichungsgrad für das Ziel "Übersichtlichkeit". CA-SuperProject erlangt geringe Zielerreichungsgrade bei den Zielen "System-spezifität" sowie "Äußere Merkmale"; Microsoft Project weist niedrige Zielerreichungsgrade für die Ziele "Fachbegriffe des Projektmanagements", "Programmerläuterung" und "Äußere Merkmale" auf. Das Handbuch des Artemis Schedule Publisher erlangt für die Ziele "System-spezifität", "Fachbegriffe des Projektmanagements", "Sprachqualität", "Sachliche Konsistenz" und "Äußere Merkmale" niedrige Zielerreichungsgrade, während Time Line fast durchgehend niedrige Zielerreichungsgrade für das Handbuch aufweist.

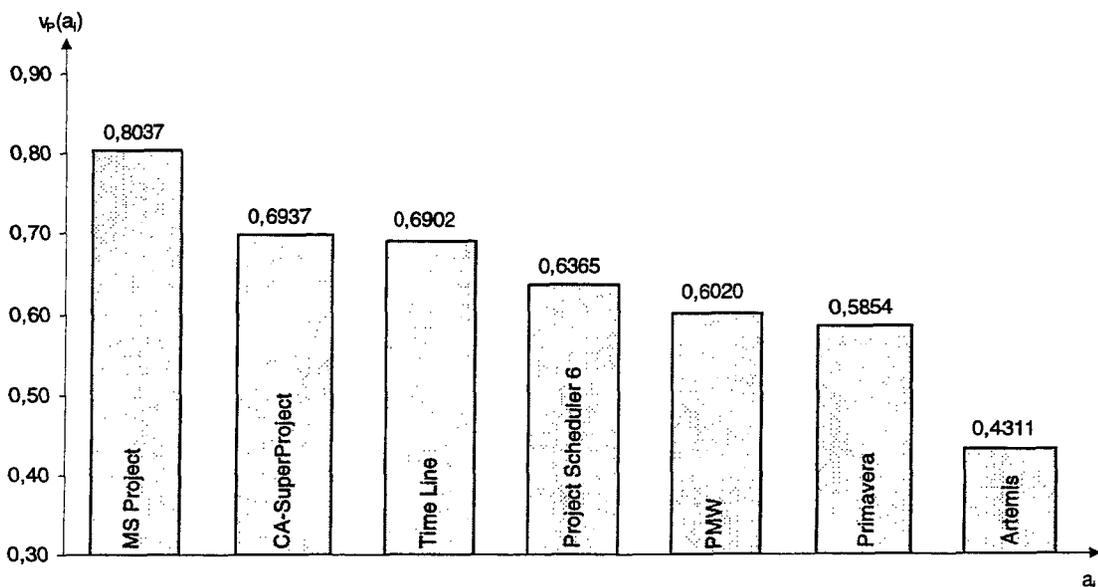
2. Allgemeine Programmfunktionen

Abbildung 8 stellt die Zielerreichungsgrade $v_p(a_i)$ für das Ziel "Allgemeine Programmfunktionen" dar. Die Spannweite der Zielerreichungsgrade ist hier im Gegensatz zum Ziel "Handbuch" sehr hoch; der Wert des besten Programms (MS Project) ist ca. doppelt so groß wie der des schlechtesten Programms (Artemis). Für die Korrelation zwischen Preis und Programmbewertung ergibt sich $r = -0,4869$. Die negative Korrelation zeigt sich auch daran, daß die drei erstplazierten Programme aus dem Niedrigpreissegment stammen, während die drei letztplazierten Programme dem oberen Preissegment zuzuordnen sind. Zur Erklärung dieser Tatsache gibt es die folgenden zwei Ansatzpunkte: *i)* Die drei bestplazierten Programme stammen von großen Softwarehäusern, die aufgrund der Produktion anderer Applikationen für die Benutzeroberfläche Windows relevantes Entwicklungs-Know-How besitzen. *ii)* Zielhierarchie und Zielgewichte der Untersuchung spiegeln primär die Anforderungen für die Planung kleiner und mittelgroßer Projekte wieder. PM-Software des Hochpreissegments ist jedoch maßgeblich für Planung *und* Management großer Projekte entwickelt worden.

Im einzelnen sind folgende Punkte zu den Programmen anzumerken: Microsoft Project besitzt durchgehend hohe Zielerreichungsgrade. CA-SuperProject erreicht hohe Bewertungen für die Ziele "Benutzerunterstützung", "Programmablauf und -geschwindigkeit" sowie "Zusatzfunktionen". Das Programm Time Line besitzt einen Malus im Ziel "Dateneingabe", während die Zielerreichungsgrade der Ziele "Benutzerunterstützung", "Datenimport und -export" sowie "Modelle und Methoden" hoch sind. Für das Programm Project Scheduler 6 ergeben sich niedrige Zielerreichungsgrade bei "Benutzerunterstützung", "Datenimport und -export" und

"Modelle und Methoden". Für die Ziele "Darstellungsmöglichkeiten" und "Zusatzfunktionen" werden dagegen hohe Zielerreichungsgrade konstatiert. Das Programm PMW besitzt den höchsten Zielerreichungsgrad bei der "Dateneingabe"; niedrige Werte ergeben sich für "Darstellungsmöglichkeiten", "Datenimport und -export" sowie "Modelle und Methoden". Primavera besitzt den höchsten Zielerreichungsgrad für "Modelle und Methode" und den niedrigsten Zielerreichungsgrad für "Programmablauf und -geschwindigkeit". Schließlich erreicht das Programm Artemis Schedule Publisher einen hohen Zielerreichungsgrad nur für "Modelle und Methoden". Ansonsten erlangt das Programm den jeweils niedrigsten Zielerreichungsgrad in sechs von acht Unterzielen.

Abb. 8: Zielerreichungsgrade für das Ziel "Allgemeine Programmfunktionen"



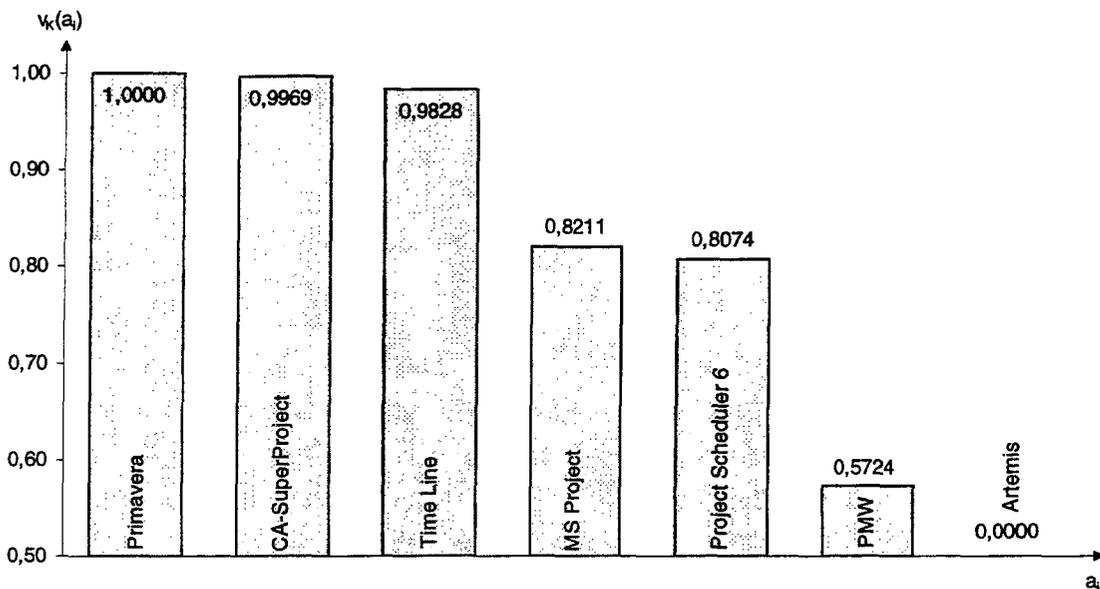
3. Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen

Tabelle 2 stellt die prozentualen Abweichungsmittelwerte der Alternativen a_i dar. Das Einsetzen dieser Werte in die allgemeine Wertfunktion mit dem Verlauf II führt zu den in Abbildung 9 wiedergegebenen Zielerreichungsgraden $v_K(a_i)$ der PM-Programme a_i für das Ziel "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen". Auf der Basis der originären Abweichungsmittelwerte (und auch der Zielerreichungsgrade) können die Programme in vier Leistungsklassen gruppiert werden: In der Klasse mit den besten Ergebnissen befinden sich mit Abweichungen von ca. 4,5% Primavera, CA-SuperProject und Time Line. Die zweite Klasse konstituiert sich aus den Programmen MS Project und Project Scheduler 6; die mittlere Abweichung beträgt hier ca. 5,5%. In der dritten und vierten Klasse folgen mit ca. 6,7% und 9,7% Project Manager Workbench und Artemis Schedule Publisher. Der Korrelationskoeffizient zwischen Preis und Güte der Kapazitätsplanung ergibt sich als $r = -0,083$.

Tab. 2: Prozentuale Abweichungsmittelwerte

Programm	Prozentuale Abweichung
Primavera Project Planner	4,39 %
CA-SuperProject	4,41 %
Time Line	4,49 %
Microsoft Project	5,35 %
Project Scheduler 6	5,43 %
Project Manager Workbench	6,69 %
Artemis Schedule Publisher	9,76 %

Abb. 9: Zielerreichungsgrade für das Ziel "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen"



II. Sensitivitätsanalyse

Eine Sensitivitätsanalyse soll Aufschluß darüber geben, inwieweit sich die Rangfolge der Alternativen durch eine Variation der Gewichte für die Ziele "Handbuch" (w_H), "Allgemeine Programmfunktionen" (w_P) und "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" (w_K) ändert. Aus dem Aufbau der in *Abbildung 2* dargestellten Zielhierarchie ergibt sich die folgende Abhängigkeit der Zielgewichte:

$$(3) \quad w_H + (1 - w_H) \cdot (w_P + w_K) = 1 \quad \text{mit } 0 < w_H, w_P, w_K < 1.$$

Für das Gewicht w_H wurden die drei Ausprägungen 0,1, 0,2 und 0,3 gewählt; die Ausprägungen von w_P wurden in 0,1-er Schritten von 0,1 auf 0,9 erhöht. Simultan verringerte sich w_K in gleicher Schrittweite von 0,9 auf 0,1. Für die insgesamt $3 \cdot 9 = 27$ Szenarien wurden jeweils die Ränge der PM-Softwarealternativen ausgewertet. Die Spannweite der Platzierung über alle

Szenarien wird im folgenden mit der Notation [bester Rang, schlechtester Rang] angegeben. Im einzelnen ergeben sich für die PM-Softwarealternativen a_i die folgenden Ergebnisse:

- *Artemis Schedule Publisher*: Für das Programm tritt keine andere Platzierung als Rang sieben auf. Die Platzierungsspannbreite ergibt sich somit als [7,7].
- *CA-SuperProject*: In 16 Szenarien nimmt das Programm den ersten Rang, ansonsten den zweiten Rang ein. Für die realistischen Szenarien mit $0,2 \leq w_p \leq 0,6$ ist der Zielerreichungsgrad des Programms immer am höchsten. Es ergibt sich eine Platzierungsspannbreite von [1,2].
- *Microsoft Project* besitzt den höchsten Zielerreichungsgrad für das Ziel "Allgemeine Programmfunktionen". Entsprechend liegt MS Project in der Gesamtwertung auf Rang eins, wenn $w_p \geq 0,7$ und damit $w_K \leq 0,3$ gilt. Eine Zielgewichtung von $w_p \leq 0,4$ und damit $w_K \geq 0,6$ läßt das Programm auf den vierten Platz fallen. Die Streuung [1,4] ist deutlich größer als die von CA-SuperProject.
- *Primavera Project Planner*: Mit einem Platzierungsintervall von [1,6] besitzt das Programm die größte Streuung. Dieser Umstand ist in dem unterschiedlichen Abschneiden bei den Unterzielen "Allgemeine Programmfunktionen" (sechster Rang) und "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" (erster Rang) begründet. Damit wird der Gesamtrang des Programms um so besser, je stärker die Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen gewichtet wird.
- *Project Manager Workbench*: Mit der Ausnahme eines fünften Rangs für $w_H = 0,3$, $w_p = 0,9$ und $w_K = 0,1$ nimmt das Programm den sechsten Rang ein. Die Platzierungsspannbreite ergibt sich damit als [5,6].
- *Project Scheduler 6*: Das Programm hält mit einer Ausnahme die fünfte Position inne. Nur für den Extremfall $w_p = 0,9$ und damit $w_K = 0,1$, also der niedrigsten Gewichtung des Ziels "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen", verbessert sich das Programm auf den vierten Platz. Die Platzierungsspannbreite ergibt sich daher als [4,5].
- *Time Line*: Das Programm liegt in der Regel auf dem dritten Platz. Für 5 Szenarien mit $w_H \leq 0,2$ und $0,3 \leq w_p \leq 0,5$ rangiert es jedoch auf dem zweiten Platz; für das Szenario mit $w_H = 0,3$ und $w_p = w_K = 0,5$ nimmt es den vierten Platz ein. Die Platzierungsspannbreite beträgt [2,4].

Die Sensitivitätsanalyse zeigt also, daß die Ergebnisse für die Mehrzahl der Programme stabil sind. Vier der sieben Programme differieren für alle 27 Szenarien in nur einem Rang. Die Programme MS Project und Primavera Project Planner zeigen aufgrund ihrer unterschiedlichen Resultate für die Unterziele "Allgemeine Programmfunktionen" und "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" eine starke Ergebnisvariabilität.

E. Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Untersuchung wurden sieben kommerzielle PM-Programme zur Unterstützung des Managements kleiner und mittelgroßer Projekte entscheidungstheoretisch fundiert bewertet. Dabei wurden der Gesamtwert sowie die Teilwerte der drei Unterziele "Handbuch", "Allgemeine Programmfunktionen" und "Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen" auf der Basis allgemeiner Wertfunktionen und Zielgewichte ermittelt. Eine anschließende Sensitivitätsanalyse gab Auskunft über die Stabilität der Ergebnisse.

Die Untersuchung ist gleichermaßen für Käufer, Anwender und Hersteller von PM-Software von Bedeutung:

- Softwarehersteller können Stärken und Schwächen ihrer Produkte durch den Vergleich mit anderen Programmen besser erkennen. Damit bietet sich die Möglichkeit, Stärken aus- und Schwächen abzubauen, um so Wettbewerbsvorteile zu realisieren.⁴¹
- Anwender von PM-Software können auf der Basis der Untersuchung die Möglichkeiten und Grenzen der zur Zeit von ihnen eingesetzten Programme besser beurteilen. Dies gilt insbesondere für die Qualität der auf der Basis des (theoretisch bedeutsamen) Grundmodells der Kapazitätsplanung erzeugten Ergebnisse.
- Käufern bietet die entwickelte Zielhierarchie eine Referenz für ihre Kaufentscheidung. Darüber hinaus können die Zielausprägungen für alle in der Untersuchung berücksichtigten Ziele direkt interpretiert und verwendet werden. Die Tatsache, daß die in der Untersuchung erhobenen Informationen (Zielhierarchie, Alternativen und Zielausprägungen) in einer Datenbank abgelegt sind, bietet die Möglichkeit, diese Daten durch die individuell-spezifische Generierung von Wertfunktionen und Zielgewichten für eine rationale Kaufentscheidung zu nutzen.

Schließlich bieten die Ergebnisse auch einen Ausgangspunkt zur Auswahl von PM-Standardsoftware für Großprojekte.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den beteiligten Firmen für die Bereitstellung der Programme sowie für die weitere Unterstützung im Rahmen der Untersuchung. Den Teilnehmern der DGOR-Arbeitsgruppe Projektmanagement wird für wertvolle Hinweise bei der Aufstellung des Zielkatalogs gedankt.

Anmerkungen

- ¹ Vgl. Domschke/Drexel (1991b, S. 83) und Tobias (1991).
- ² Vgl. Moder et al. (1983, S. 337 ff.).
- ³ Vgl. Assad/Wasil (1986) und Krüger (1993).
- ⁴ Vgl. in diesem Zusammenhang auch Picot/Reichwald (1994).
- ⁵ Vgl. Kolisch/Hempel (1995).
- ⁶ Vgl. Eisenführ/Weber (1993, S. 109 ff.) sowie Bamberg/Coenenberg (1994, S. 39 ff.).
- ⁷ Zu den Grundlagen der Entscheidungstheorie vgl. u.a. Bitz (1981), Saliger (1988), Kahle (1990), Schneeweiß (1991), Laux (1991) und (1993), Eisenführ/ Weber (1993) sowie Bamberg/Coenenberg (1994).
- ⁸ Vgl. beispielsweise: ComputerMagazin (11/90, S. 24-28) sowie Magazin für Computer Technik (9/1994, S. 60-61).
- ⁹ Zur Definition von Projekten vgl. auch Schwarze (1994, S. 11 ff.), Haberfellner (1992, Sp. 2090 ff.) sowie Krüger (1993, Sp. 3559 ff.). Primär praxisorientierte Aspekte des Projektmanagements finden sich z.B. bei Madauss (1990).
- ¹⁰ Zur Bedeutung von Zielen für das Projektmanagement vgl. die empirische Untersuchung von Icmeli (1995).
- ¹¹ Vgl. z.B. Domschke/Drexel (1991a, S. 82 ff.), Neumann/Morlock (1993, S. 226 ff.), Altrogge (1994) sowie Schwarze (1994).
- ¹² Eine weitere jedoch weniger gebräuchliche Darstellungsform ist die Verwendung von Pfeilen für Vorgänge und Knoten für Ereignisse. Siehe dazu beispielsweise Domschke/Drexel (1991a, S. 82 ff.).
- ¹³ Zu unterschiedlichen Pufferzeiten und deren Errechnung vgl. Domschke/Drexel (1991b, S. 82 ff.) sowie Ziegler (1985).
- ¹⁴ Zu Modellen und Methoden der Kapazitätsplanung im Rahmen des Projektmanagements vgl. Domschke/Drexel (1991b).
- ¹⁵ Zu den derzeit in PM-Software realisierten Funktionen der Kostenplanung vgl. z.B. Nandi/Dutta (1988) sowie Schwarze (1994).
- ¹⁶ Zu theoretischen Konzepten der Kostenminimierung in Projekten vgl. z.B. Knolmayer/Rückle (1976), Domschke/Drexel (1991b, S. 64) sowie Kolisch (1995, S. 28-31 und 163-176).
- ¹⁷ Vgl. De Wit/Herroelen (1990).
- ¹⁸ Vgl. Johnson (1992).
- ¹⁹ Vgl. u.a. Weber (1983), Mag (1990) und Bamberg/Coenenberg (1994).
- ²⁰ Vgl. allgemein Weber (1983, S. 84 ff.) sowie speziell von Nitzsch (1993) zum Vergleich von Analytic Hierarchy Process und Multiattributiver Werttheorie.
- ²¹ Zur Definition von Zielen vgl. z.B. Hauschildt (1977, S. 9 ff.).
- ²² Die verwendete Zielhierarchie ist nicht mit einer Mittel-Ziel-Hierarchie zu verwechseln, in der die Unterziele jeweils zu den Oberzielen in einer Zweck-Mittel-Beziehung stehen; vgl. hierzu z.B. Hauschildt (1980).
- ²³ Es wird bewußt der Begriff "Handbuch" statt "Dokumentation" verwendet, da die Dokumentation auch innerhalb der Software angebotene Funktionen beinhaltet. Diese Funktionen wurden in dem Unterziel "Benutzerunterstützung" erfaßt.
- ²⁴ Vgl. Assad/Wasil (1986), Wasil/Assad (1988), De Wit/Herroelen (1990), Dworatschek/Hayek (1992) sowie Schwarze (1994).
- ²⁵ Beispielsweise Diskussionen innerhalb der DGOR-Arbeitsgruppe Projektmanagement; siehe auch die empirische Untersuchung von Wasil/Assad (1988).
- ²⁶ Vgl. Eisenführ/Weber (1993, S. 58 ff.).
- ²⁷ Auf die Eigenschaften der Vollständigkeit und Präferenzunabhängigkeit wurde bei der Erstellung der Zielhierarchie ebenfalls geachtet; allerdings sind diese Eigenschaften letztendlich nur Entscheider-individuell zu beurteilen.

- ²⁸ Zur Darstellung des Modells vgl. z.B. Domschke/Drexl (1991b); zur Bedeutung des Modells vgl. u.a. Küpper et al. (1975, S. 220 ff.), Moder et al. (1983, S. 1991 ff.), Altrogge (1994, S. 194. ff.) sowie Schwarze (1994, S. 202 ff.).
- ²⁹ Zur Integration von Ressourcenkalendern vgl. Zhan (1992); die Berücksichtigung von variablen Kapazitätsangebots- und Nachfrageprofilen ist bei Kolisch (1995, S. 20 ff.) zu finden. Vorgangsunterbrechungen können durch Vorgangserlegungen, siehe z.B. Sprecher et al. (1995), berücksichtigt werden.
- ³⁰ Vgl. Drexl/Kolisch (1993).
- ³¹ Zu Details dieser Untersuchung vgl. Kolisch/Hempel (1995).
- ³² Vertriebsangaben, Stand: Januar 1995.
- ³³ Vgl. Domschke/Drexl (1991a, S. 93 ff.).
- ³⁴ Vgl. zu dieser und zu den weiteren Ausführungen des Abschnitts III.2 insbesondere Eisenführ/Weber (1993, S. 93 ff.) sowie Weber (1992, Sp. 1440 ff.).
- ³⁵ Vgl. beispielsweise Eisenführ/Weber (1993, S. 93 ff.) sowie von Winterfeldt/Edwards (1986, S. 215 ff.).
- ³⁶ Vgl. Weber (1983, S. 99).
- ³⁷ Vgl. Schneeweiß (1991, S. 120) und Eisenführ/Weber (1993, S. 113).
- ³⁸ Vgl. Eisenführ/Weber (1993, S. 113 ff.).
- ³⁹ Vgl. zu den folgenden Ausführungen von Nitzsch (1992).
- ⁴⁰ Experimentelle Arbeiten, vgl. Eisenführ/Weber (1986), haben gezeigt, daß bei der Bestimmung von Zielgewichten die Tendenz besteht, ein in viele (wenige) Unterziele aufgelöstes Ziel über- (unter-) zugewichten. Entscheider müssen sich deshalb dieses Effekts bewußt sein und gegebenenfalls eine Konsistenzprüfung vornehmen.
- ⁴¹ Vgl. z.B. Porter (1990).

Literatur

- Altrogge, G. (1994): Netzplantechnik, 2. Auflage, Oldenbourg, München.
- Assad, A.A. und E.A. Wasil (1986): Project management using a microcomputer, *Computers & Operations Research*, Vol. 13, Nr. 2/3, S. 231-260.
- Bamberg, G. und A.G. Coenenberg (1994): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre, 8. Auflage, Vahlen, München.
- Bitz, M. (1981): Entscheidungstheorie, Vahlen, München.
- De Wit, J. und W. Herroelen (1990): An evaluation of microcomputer-based software packages for project management, *European Journal of Operational Research*, Vol. 49, S. 102-139.
- Domschke, W. und A. Drexl (1991a): Einführung in Operations-Research, 2. Auflage, Springer, Berlin.
- Domschke, W. und A. Drexl (1991b): Kapazitätsplanung in Netzwerken - Ein Überblick über neue Modelle und Verfahren, *OR Spektrum*, Jg. 13, S. 83-76.
- Drexl, A. und R. Kolisch (1993): Produktionsplanung und -steuerung bei Einzel- und Kleinserienfertigung, *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, Jg. 22, Heft 2, S. 60-66.
- Dworatschek, S. und A. Hayek (1992): Marktspiegel Projektmanagement-Software: Kriterienkatalog und Leistungsprofile, 3. Auflage, Verlag TÜV Rheinland, Köln.
- Eisenführ, F. und M. Weber (1986): Zielstrukturierung: ein kritischer Schritt im Entscheidungsprozeß, *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Jg. 38, S. 907-929.
- Eisenführ, F. und M. Weber (1993): Rationales Entscheiden, Springer, Berlin.
- Haberfellner, R. (1992): Projektmanagement, in: Frese, E. et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Organisation*, 3. Auflage, Poeschel, Stuttgart, Sp. 2090-2102.
- Hauschildt, J. (1977): Entscheidungsziele - Zielbildung in innovativen Entscheidungsprozessen: theoretische Ansätze und empirische Prüfung, J.C.B. Mohr, Tübingen.
- Hauschildt, J. (1980): Zielsysteme, in: Grochla, E. et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Organisation*, 2. Auflage, Poeschel, Stuttgart, Sp. 2419-2430.
- Icmeli, O. (1995): Analysis of the characteristics of projects in diverse industries, Arbeitspapier, College of Business Administration, Cleveland State University.

- Johnson, R.V. (1992): Resource constrained scheduling capabilities of commercial project management software, *Project Management Journal*, Vol. 22, Nr. 4, S. 39-43.
- Kahle, E. (1990): *Betriebliche Entscheidungen*, 2. Auflage, Oldenbourg, München.
- Kolisch, R. (1995): Project scheduling under resource constraints - Efficient heuristics for several problem classes, *Physica*, Heidelberg.
- Kolisch, R. und K. Hempel (1995): Zur methodischen Fundierung PC-gestützter Standardsoftware für das Projektmanagement, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel.
- Knolmayer, G. und D. Rückle (1976): Betriebswirtschaftliche Grundlagen der Projektkostenminimierung in der Netzplantechnik, *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, Jg. 28, S. 431-447.
- Krüger, W. (1993): Projektmanagement, in: Wittmann, W. et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*, Teilband 2, 5. Auflage, Poeschel, Stuttgart, Sp. 3559-3570.
- Küpper, W., K. Lüder und L. Streitferdt (1975): *Netzplantechnik*, Physica, Würzburg.
- Laux, H. (1991): *Entscheidungstheorie I - Grundlagen*, 2. Auflage, Springer, Berlin.
- Laux, H. (1993): *Entscheidungstheorie II - Erweiterung und Vertiefung*, 3. Auflage, Springer, Berlin.
- Madauss, B.-J. (1990): *Handbuch Projektmanagement*, 3. Auflage, Poeschel, Stuttgart.
- Mag, W. (1990): *Grundzüge der Entscheidungstheorie*, Vahlen, München.
- Maroto, C., S. Balasch, P. Tormos, C. Capilla und F. Crespo (1994): Project management software: Capabilities and efficiency in resource constrained scheduling, *Arbeitspapier*, 4-th International Workshop on Project Management and Scheduling, Leuven.
- Moder, J.J., C.R. Phillips und E.W. Davis (1983): *Project management with CPM, PERT and precedence diagramming*, 3. Auflage, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Nandi, S.N. und B.K. Dutta (1988): Trends in project cost control systems, *OMEGA International Journal of Management Science*, Vol. 16, Nr. 6, S. 513-520.
- Neumann, K. und M. Morlock (1993): *Operations Research*, Hanser, München.
- von Nitzsch, R. (1992): *Entscheidung bei Zielkonflikten: Ein PC-gestütztes Verfahren*, Gabler, Wiesbaden.
- von Nitzsch, R. (1993): *Analytic Hierarchy Process und Multiattributive Werttheorie im Vergleich*, *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, Jg. 22, Heft 3, S. 111-116.
- Picot, A. und R. Reichwald (1994): Auflösung der Unternehmung? Vom Einfluß der IuK-Technik auf Organisationsstrukturen und Kooperationsformen, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Jg. 64, S. 547-570.
- Porter, M.E. (1990): *Wettbewerbsstrategie*, 6. Auflage, Campus, Frankfurt.
- Saliger, E. (1988): *Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie*, 2. Auflage, Oldenbourg, München.
- Tobias, A. (1991): O.R. techniques for use in redesigning manufacturing and associated business systems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 51, S. 168-178.
- Schneeweiß, C. (1991): *Planung 1: Systemanalytische und entscheidungstheoretische Grundlagen*, Springer, Berlin.
- Schwarze, J. (1994): *Netzplantechnik: eine Einführung in das Projektmanagement*, 7. Auflage, Verlag Neue Wirtschafts-Briefe, Herne.
- Sprecher, A., R. Kolisch und A. Drexel (1995): Semi-active, active, and non-delay schedules for the resource-constrained project scheduling problem, *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, S. 94-102.
- Wasil, E.A. und A.A. Assad (1988): Project management on the PC: Software, applications, and trends, *Interfaces*, Vol. 18, Nr. 2, S. 75-84.
- Weber, M. (1983): *Entscheidung bei Mehrfachzielen - Verfahren zur Unterstützung von Individual- und Gruppenentscheidungen*, Gabler, Wiesbaden.
- Weber, M. (1992): *Nutzwertanalyse*, in: Freese, E. et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Organisation*, 3. Auflage, Poeschel, Stuttgart, Sp. 1435-1448.
- von Winterfeldt, D. und W. Edwards (1986): *Decision analysis and behavioral research*, Cambridge University Press.
- Zhan, J. (1992): Calendarization of time planning in MPM Networks, *ZOR - Methods and Models of Operations Research*, Vol. 36, S. 423-438.
- Ziegler, H. (1985): Minimal and maximal floats in project networks, *Engineering Costs and Production Economics*, Vol. 9, S. 91-97.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden sieben weit verbreitete PM-Programme auf der Basis eines entscheidungstheoretischen Ansatzes beurteilt. Die verwendete multiattributive Wertfunktion berücksichtigt dabei auch die Ergebnisse einer repräsentativen experimentellen Untersuchung für das Grundmodell der Kapazitätsplanung. Auf der Grundlage einer Zielhierarchie sowie der Verwendung allgemeiner Wertfunktionen und Zielgewichte werden Aussagen über die PM-Programme hergeleitet. Damit bietet sich jedem Entscheidungsträger die Möglichkeit, durch die Spezifizierung individueller Wertfunktionen und Zielgewichte eine rationale Auswahlentscheidung zu treffen.

Summary

In this study we compared seven commercial software packages for project management. Employing multi attribute value theory, the comparison is based on a sound decision-theoretic framework. Additionally, we included a comprehensive assessment of the capability to solve resource-constrained project scheduling problems. The programs are rated by employing general weights and value functions. Furthermore, any potential buyer can derive individual decisions by defining specific weights and value functions.

Anhang

Anhang 1: Beschreibung der Ziele

Ziel	Zielbeschreibung
<p>Handbuch</p> <ul style="list-style-type: none"> Art Sprache Inhaltsverzeichnis Stichwortverzeichnis Systemspezifität Systemanforderungen genannt Übersichtlichkeit <ul style="list-style-type: none"> Layout <ul style="list-style-type: none"> Schriftattributvariationen Schriftgrößenvariationen Trennlinien Seitenstreifen Grafikeinbindung Aufzählungssymbole Auffällige Hinweise Absatzbemessung Zeilenabstand Schriftart Tabelleneinbindung Farbgebung Seitenangaben Daumenregister Querverweise Fachbegriffe des Projektmanagements bzw. der Projektplanung Programmerläuterung <ul style="list-style-type: none"> Phasenerlegung der Bedienung Erläuterungen an Beispielen Erklärung aller Menüs Erklärung aller übrigen Bedienungselemente Erklärung des Installationsvorgangs Referenzteil Erklärungsumfang Erklärungsgüte Übungseinbindung Grafiken zur Veranschaulichung Sprachqualität <ul style="list-style-type: none"> Rechtschreibung Formulierung Sachliche Konsistenz Äußere Merkmale <ul style="list-style-type: none"> Papierqualität Umschlags- und Bindungsqualität 	<p>In welcher Form liegt das Handbuch vor? In welcher Sprache ist das Handbuch verfaßt? Existiert ein Inhaltsverzeichnis für jedes Handbuch oder für alle Handbücher insgesamt? Existiert ein Stichwortverzeichnis für jedes Handbuch oder für alle Handbücher insgesamt? Ist das Handbuch allein für die Windows-Version des Programms bestimmt? Werden die Systemanforderungen genannt?</p> <p>Wird kursive, fette oder unterstrichene Schrift verwendet? Werden unterschiedliche Schriftgrößen verwendet? Werden abgrenzende Trennlinien verwendet? Wird ein Seitenstreifen verwendet, der eventuell auch zusätzliche Hinweise enthält? Sind Bildschirmhalte und Icons im Handbuch enthalten? Werden Aufzählungssymbole verwendet? Werden auffällige Hinweise verwendet, um auf Besonderheiten aufmerksam zu machen? Wie ist der Abstand zwischen einzelnen Absätzen bemessen? Wie ist der Abstand zwischen einzelnen Zeilen bemessen? Wird eine gut lesbare Schriftart verwendet? Sind Tabellen im Handbuch enthalten? Ist das Handbuch koloriert? Welche Informationen werden auf jeder Seite angegeben? Existiert ein Daumenregister? In welchem Maße werden Querverweise angegeben? Werden die Fachbegriffe des Projektmanagements bzw. der Projektplanung erwähnt und richtig definiert?</p> <p>Wird die Programmbedienung in einzelne Phasen zerlegt? Wird die Programmerläuterung durch Beispiele unterstützt? Werden alle Pull-down-Menüs erklärt? Werden alle übrigen Bedienungselemente erklärt? Wird der Installationsvorgang erklärt? Wie ist der Referenzteil aufgebaut? In welchem Umfang werden Programmfunktionen erklärt? Wie verständlich sind die Erklärungen? Sind lernunterstützende Übungen im Handbuch enthalten? Werden Grafiken verwendet, um Sachverhalte zu veranschaulichen?</p> <p>In welchem Umfang finden sich Rechtschreibfehler im Handbuch? Wie präzise ist das Handbuch formuliert? Sind Handbuch und Programm konsistent?</p> <p>Welche Qualität besitzt das Papier? Welche Qualität besitzen Umschlag und Bindung?</p>
<p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> Allgemeine Programmfunktionen Benutzerunterstützung <ul style="list-style-type: none"> Programmgestützte Dokumentation Anleitung Referenz Lernprogramm Assistent(en) Ratgeber Kontextsensitive Hilfe 	<p>Wie ausführlich und wie präzise ist die Bedienungsanleitung formuliert? Werden Beispiele verwendet? Wie ausführlich und wie präzise ist das Nachschlagewerk formuliert? Werden Fachbegriffe verwendet und richtig definiert? Wie ausführlich und auf welche Weise führt das Lernprogramm in das Programm ein. Welche Steuerungsmöglichkeiten besitzt es? Wie ausführlich und wie hilfreich ist der (sind die) Assistent(en)? Wie ausführlich und wie hilfreich ist der (sind die) Ratgeber? Ist die kontextsensitive Hilfe in jeder Situation abrufbar? Wie speziell ist ihre Hilfe?</p>

Ziel	Zielbeschreibung
Programmablauf und -geschwindigkeit Scrolling	Wie schnell und „ruckelfrei“ erfolgt das Scrollen eines Bildschirm-inhalts?
Reaktion auf Bedienung	Wie schnell reagiert das Programm auf Befehle und Eingaben des Anwenders?
Berechnungen Echtzeitbearbeitung	Wie schnell führt das Programm Berechnungen durch? Wird die Zeitplanung vom Programm in Echtzeit (bei Dateneingabe) durchgeführt? Ist dies optional?
Sicherheit und Laufstabilität	Wie lauffähig verhält sich das Programm in einem Standard-Windows-System?
Darstellungsmöglichkeiten Vorgänge	
Tabelle(n) Konfigurierbarkeit	In welchem Maße lassen sich Inhalte, Schriften, Spaltenbreiten und Farben auf die Bedürfnisse des Benutzers einstellen? Wie übersichtlich ist der Aufbau der Tabelle(n)?
Übersichtlichkeit Gantt-Diagramm	In welchem Maße lassen sich Zeitskala, Farben, Symbole und sonstige Anzeigen auf die Bedürfnisse des Benutzers einstellen? In welchem Maße lassen sich Vorgangsanfang, -ende, -dauer, -fortschritt und Anordnungsbeziehungen verändern? Sind Anordnungsbeziehungen darstellbar? Ist der kritische Pfad farblich gekennzeichnet?
Konfigurierbarkeit	Können Vorgangs-Informationen direkt im Gantt-Diagramm dargestellt und/ oder zusätzlich eingeblendet werden? Wie übersichtlich ist der Aufbau des Gantt-Diagramms?
Manipulierbarkeit	Ist der kritische Pfad farblich gekennzeichnet? Können Vorgangs-Informationen direkt im Netzplan dargestellt und/ oder zusätzlich eingeblendet werden?
Darstellung von Anordnungsbeziehungen Kennzeichnung des kritischen Pfades Informationsangebot	Können Vorgänge eingefügt und verschoben werden? Können Anordnungsbeziehungen eingefügt und geändert werden? In welchem Maße kommt es zu Überschneidungen von Anordnungsbeziehungen? Kann zwischen mehreren Darstellungsformen gewählt werden? Wird die Projektstrukturierung unterstützt? Ist der Projektstrukturplan grafisch darstellbar?
Übersichtlichkeit Netzplan	
Kennzeichnung des kritischen Pfades Informationsangebot	
Manipulierbarkeit	
Übersichtlichkeit	
Projektstrukturplan	
Ressourcen	
Tabelle(n) Histogramme und Analysedaten	Lassen sich alle Ressourcendaten tabellarisch darstellen? In welchem Umfang können Histogramme und Analysedaten erstellt werden? Wie flexibel können diese an die Bedürfnisse des Benutzers angepaßt werden?
Kosten	Lassen sich alle Kostendaten tabellarisch darstellen?
Tabelle Grafik	
je Ressource	Können die Kostendaten für jede Ressource grafisch dargestellt werden?
kumuliert	Können die Kostendaten kumuliert über alle Ressourcen grafisch dargestellt werden?
Projektfortschritt	Wird der Projektfortschritt dargestellt? Wie übersichtlich ist die Darstellung?
Programmergonomie Installation	Wie benutzerfreundlich wird die Installation des Programms durchgeführt?
Funktionalität der Benutzeroberfläche	Wie übersichtlich und benutzerfreundlich ist die Menü-, Fenster- und Schalterstruktur? Gibt es „Features“, die die Programmbedienung erleichtern?
Handhabung Zoomfunktion	Wie intuitiv ist das Programm zu bedienen? Können verschiedene Ansichten vergrößert bzw. verkleinert werden? Wie benutzerfreundlich ist die generelle Darstellung in bezug auf die Lesbarkeit?
Mausfunktionalität	Wie groß sind die Einsatzmöglichkeiten der Maus? Sind beide Maustasten mit Funktionen belegt? Gibt es eine Seitenvorschau? Ist die Ausgabegröße variabel?
Druckfunktion	
Dateneingabe Eingabemasken	Wie vollständig und logisch strukturiert sind die Eingabemasken? Können Projektdaten fließend eingegeben werden?
Tabellen	Wie vollständig sind die Tabellen?
Datenimport und -export Importformate	Von wievielen Fremdformaten können Daten importiert werden? Wie gut gelingt der Import von ASCII-Daten?
Exportformate	In wie viele verschiedene Formate können Daten exportiert werden?
DDE-, OLE- und ODBC-Fähigkeit	Können Daten mit anderen Anwendungen über den DDE-, OLE- oder ODBC-Standard ausgetauscht werden?

Ziel	Zielbeschreibung
Modelle und Methoden Kapazitätsmodelle Anordnungsbeziehungen Pufferzeiten Kapazitätsplanung Kostenplanung je Ressource je Periode fix Einzahlung Auszahlung Meilensteine Zusatzfunktionen Kalenderfunktion Berichtsfunktion Kostenkontrolle Multiprojektfähigkeit Makrofunktion und -sprache Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen	Wie viele verschiedene Ressourcen-Auslastungsmodelle gibt es? Können Prioritäten für Vorgänge vergeben werden? Können Anordnungsbeziehungen der Arten Anfang-Anfang, Anfang-Ende, Ende-Anfang und Ende-Ende sowie Mindest- und Maximalabstände bei der Projektmodellierung verwendet werden? Können die gesamte, die unabhängige und die freie Pufferzeit sowie die freie Rückwärtspufferzeit berechnet werden? In welchem Maße kann der Benutzer Parameter zur Durchführung der automatischen Kapazitätsplanung beeinflussen? Können Kostensätze je Ressourceneinheit definiert werden? Können Kostensätze je Periode definiert werden? Können fixe Einzahlungen definiert werden? Können fixe Auszahlungen definiert werden? Können Meilensteine in der Projektmodellierung verwendet werden? In welchem Umfang existieren Projekt-, Vorgangs- und Ressourcenkalender? Existieren vordefinierte Berichtsformulare? Können Berichte auch vom Benutzer zusammengestellt werden? Können mehrere verschiedene Projekte verwaltet und aufeinander abgestimmt werden? Können Makros definiert werden? Existiert eine eigene Makrosprache?

Anhang 2: Zielerreichungsgrade aller nicht weiter aufgelösten Unterziele

Ziel	Alternativen						
	$v_j(x_{1j})$	$v_j(x_{2j})$	$v_j(x_{3j})$	$v_j(x_{4j})$	$v_j(x_{5j})$	$v_j(x_{6j})$	$v_j(x_{7j})$
Handbuch							
Art	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	0,6
Sprache	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0
Inhaltsverzeichnis	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stichwortverzeichnis	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Systemspezifität	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Systemanforderungen genannt	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0
Übersichtlichkeit							
Layout							
Schriftattributsvariationen	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Schriftgrößenvariationen	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Trennlinien	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0
Seitenstreifen	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
Grafikeinbindung	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Aufzählungssymbole	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Auffällige Hinweise	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0
Absatzbemessung	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Zeilenabstand	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Schriftart	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tabelleneinbindung	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0
Farbgebung	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
Seitenangaben	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	1,0	1,0
Daumenregister	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Querverweise	0,6	1,0	0,8	1,0	0,6	0,6	0,6
Fachbegriffe des Projektmanagements bzw. der Projektplanung	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4

Ziel	Alternativen						
	$v_j(x_{1j})$	$v_j(x_{2j})$	$v_j(x_{3j})$	$v_j(x_{4j})$	$v_j(x_{5j})$	$v_j(x_{6j})$	$v_j(x_{7j})$
Programmerläuterung							
Phasenerlegung der Bedienung	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Erläuterungen an Beispielen	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Erklärung aller Menüs	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Erklärung aller übrigen Bedienungselemente	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Erklärung des Installationsvorgangs	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Referenzteil	0,7	0,8	0,0	0,8	1,0	0,7	0,6
Erklärungsumfang	0,4	1,0	0,3	0,8	1,0	0,8	0,6
Erklärungsgüte	0,3	0,8	0,4	0,8	0,9	0,8	0,4
Übungseinbindung	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
Grafiken zur Veranschaulichung	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Sprachqualität							
Rechtschreibung	0,5	0,8	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8
Formulierung	0,8	0,6	0,9	1,0	1,0	0,6	0,4
Sachliche Konsistenz	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
Äußere Merkmale							
Papierqualität	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	0,6
Umschlags- und Bindungsqualität	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	0,6
Software							
Allgemeine Programmfunktionen							
Benutzerunterstützung							
Programmgestützte Dokumentation							
Anleitung	0,5	0,7	1,0	0,8	0,8	0,6	0,7
Referenz	0,7	0,6	0,8	0,5	0,7	0,5	0,9
Lernprogramm	0,0	0,8	0,4	0,8	0,8	0,0	0,8
Assistent(en)	0,0	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,6
Ratgeber	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kontextsensitive Hilfe	0,0	1,0	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9
Programmablauf und -geschwindigkeit							
Scrolling	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7	0,4	0,3
Reaktion auf Bedienung	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	1,0	0,7
Berechnungen	0,8	0,6	0,8	0,4	0,7	0,6	0,6
Echtzeitbearbeitung	0,8	1,0	1,0	0,4	0,4	0,8	1,0
Sicherheit und Laufstabilität	0,6	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,9
Darstellungsmöglichkeiten							
Vorgänge							
Tabelle(n)							
Konfigurierbarkeit	0,8	0,7	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9
Übersichtlichkeit	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8
Gantt-Diagramm							
Konfigurierbarkeit	0,4	0,6	1,0	1,0	0,5	0,7	0,6
Manipulierbarkeit	0,6	0,7	0,9	1,0	0,5	0,6	0,6
Darstellung von Anordnungsbeziehungen	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0
Kennzeichnung des kritischen Pfades	0,6	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,5
Informationsangebot	0,5	0,6	0,8	0,9	0,2	0,6	0,7
Übersichtlichkeit	0,8	0,8	1,0	1,0	0,7	1,0	0,6
Netzplan							
Kennzeichnung des kritischen Pfades	0,2	1,0	1,0	0,6	0,8	0,8	0,6
Informationsangebot	0,8	0,9	0,8	0,4	0,5	0,7	0,8
Manipulierbarkeit	0,4	0,8	0,9	0,0	0,7	0,8	0,7
Übersichtlichkeit	0,3	0,9	0,7	0,2	0,6	0,9	0,7
Projektstrukturplan	0,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5
Ressourcen							
Tabelle(n)	0,6	0,0	1,0	0,7	1,0	0,8	0,9
Histogramme und Analysedaten	0,8	0,5	0,8	0,7	0,5	0,8	0,5
Kosten							
Tabelle	0,6	1,0	1,0	0,6	0,6	0,6	1,0
Grafik							
je Ressource	0,0	0,9	0,8	1,0	0,0	0,7	0,9
kumuliert	0,0	0,9	0,0	1,0	0,0	0,7	0,9
Projektfortschritt	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7	0,8	0,5

Ziel	Alternativen						
	$v_j(x_{1j})$	$v_j(x_{2j})$	$v_j(x_{3j})$	$v_j(x_{4j})$	$v_j(x_{5j})$	$v_j(x_{6j})$	$v_j(x_{7j})$
Programmergonomie							
Installation	0,3	0,7	1,0	0,9	0,7	0,9	0,8
Funktionalität der Bedieneroberfläche	0,4	0,7	1,0	0,8	0,6	0,8	0,7
Handhabung	0,6	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7
Zoomfunktion	0,2	0,4	1,0	0,4	0,8	0,8	0,8
Mausfunktionalität	0,6	0,4	1,0	0,8	0,4	0,6	0,6
Druckfunktion	0,4	0,6	1,0	0,5	0,4	0,8	0,7
Dateneingabe							
Eingabemasken	0,3	0,5	0,5	0,9	0,8	0,7	0,5
Tabellen	0,4	0,5	1,0	0,2	0,9	0,7	0,3
Datenimport und -export							
Importformate	0,4	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,8
Exportformate	0,4	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,8
DDE-, OLE- und ODBC-Fähigkeit	0,0	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	1,0
Modelle und Methoden							
Kapazitätsmodelle	0,5	0,6	0,4	0,4	0,8	0,8	0,6
Anordnungsbeziehungen	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9
Pufferzeiten	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8
Kapazitätsplanung	0,4	0,4	0,6	1,0	0,2	0,2	0,4
Kostenplanung							
je Ressource	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
je Periode	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
fix							
Einzahlung	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Auszahlung	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0
Meilensteine	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Zusatzfunktionen							
Kalenderfunktion	0,4	0,8	0,8	0,2	0,8	1,0	0,8
Berichtsfunktion	0,5	0,6	0,8	0,7	0,5	1,0	0,3
Kostenkontrolle	0,9	1,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,9
Multiprojektfähigkeit	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Makrofunktion und -sprache	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,2	0,9
Projektplanung unter Kapazitätsrestriktionen	0,00	0,99	0,82	1,00	0,57	0,80	0,98