

Operations Research and Projektmanagement : Kritischer Rückblick und Zukunftsperspektiven

Prof. Dr. Heinz Schelle

" We are witnessing a computer revolution in which nearly all the tasks of man - be they manual or **complex higher ones such as decision making*** - are all being reduced to mathematical terms and their solutions delegated to computers ",
(Dantzig, 1965)

1. Einleitung : Die Rolle des Operations Research in der Betriebswirtschaftslehre

Zwischen der Betriebswirtschaftslehre und dem Fach "Operations Research" bestehen enge Beziehungen, die vor allem in dem beiden Gebieten gemeinsamen Optimierungsgedanken begründet sind. Viele Veröffentlichungen zur Disziplin "Projektmanagement", die der Verfasser als Teilgebiet der Betriebswirtschaftslehre sieht, wurden vor allem in den ersten Jahren nach der Entwicklung der Netzplantechnik von Vertretern des Operations Research herausgebracht. Es soll in diesem Zusammenhang nur an die zahlreichen Beiträge zu den Themen "Kostenminimale Projektdauerverkürzung", "Stochastische Ablauf- und Terminplanung " und "Optimale Zuteilung von Arbeitskräften und Betriebsmitteln zu Projektvorgängen" erinnert werden. Insbesondere zur letzten Thematik, die auch als Teilaspekt des umfassenderen Themas "Multiprojektmanagement" aufgefaßt werden kann, ist eine Flut von Veröffentlichungen erschienen ¹.

Als weitere Themenkreise , zu denen viele Beiträge von der Disziplin "Operations Research" geliefert wurden, seien hier beispielhaft genannt:

o Auswahl von Projekten , insbesondere von F&E-Vorhaben

und

o Projektrisikoplanungen

Betrachtet man nicht die Themen, sondern verschiedene Methodenklassen, so wird insbesondere von der modernen Entscheidungstheorie in ihren vielfältigen Ausprägungen Hilfe bei der Auswahl, Planung und Überwachung von Projekten erwartet ². Große Hoffnungen wurden auch einmal an die Theorie der unscharfen Mengen geknüpft ³.

2. Verbreitung von Operations Research in der Praxis des Projektmanagements

Die große Zahl von Veröffentlichungen steht in merkwürdigem Gegensatz zu der geringen Zahl von praktischen Anwendungen. Umfassende empirische Untersuchungen über die Nutzung von Verfahren des Operations Research im Projektmanagement fehlen. Eine Ausnahme ist die schon ältere Studie von LIBERATORE UND TITUS⁴, die in den USA durchgeführt wurde und die sich auf das Management von F&E-Projekten bezieht. Die Verfasser kommen zu dem Resultat, daß OR-Methoden wie z.B. die verschiedenen Varianten der stochastischen Netzplantechnik in der Praxis so gut wie nicht verwendet werden. Für das Teilgebiet "Auswahl von F&E-Projekten" gibt es zwei recht deprimierende Feststellungen: SCHMIDT und FREELAND stellen fest⁵: „Classical R&D project selection models have been virtually ignored by industry, despite the fact that hundreds of models have been developed. This fact became apparent in the early 1970`s and more recent surveys show that quantitative project selection models continue to be ignored“. Und STEELE⁶ stellt lakonisch fest: „..... for all the apparent effect [quantitative models] have had on management practice, they might as well not have been written“. Mangels einer größeren Zahl umfassender Untersuchungen müssen Indizien für die Verbreitung gesucht werden. Wertvolle Hinweise geben hier die Proceedings der Weltkongresse der International Project Management Association (IPMA, früher INTERNET) seit den 60er Jahren und umfassende Handbücher des Projektmanagements. In den Sammelbänden, die viele hundert, vorwiegend von Praktikern verfaßte Aufsätze enthalten, finden sich vereinzelt Beiträge, die dem Gebiet Operations Research zuzuordnen sind, Berichte über erfolgreiche praktische Anwendungen sind so gut wie nicht zu entdecken. Eine Suche nach Anwendungsberichten in den Beiträgen zu den Jahrestagungen der Deutschen Gesellschaft für Projektmanagement (GPM) bzw. zu den Kongressen der Deutschen Gesellschaft für Operations Research (DGOR) bleibt ebenso weitgehend erfolglos. Auch in den neuesten Handbüchern des Projektmanagements sind Ausführungen zur Anwendung von OR-Methoden kaum zu finden⁷. Eingesetzt werden in der Praxis lediglich die deterministischen Methoden der Netzplantechnik, sehr selten heuristische Verfahren zur optimalen Zuteilung von Arbeitskräften und Betriebsmitteln und schließlich, vorwiegend im Bereich der Luft- und Raumfahrt, parametrische Verfahren der Kostenschätzung.

Die Feststellung, daß Methoden des OR im Projektmanagement bislang kaum eine Rolle spielen, die noch durch weitere Indizien untermauert werden könnte, steht im Widerspruch zu der Behauptung WAGNERS, eines renommierten OR-Fachmanns aus den USA: "My central thesis is that during the past 40 years operations research has gained significance by being an international language of business strategy- or rather, an international language for business strategy"⁸. Auch die eingangs zitierte Prognose von DANTZIG muß als krasse Fehleinschätzung betrachtet werden.

3. Gründe für die geringe Anwendung von OR-Methoden im Projektmanagement

Eignen sich OR-Methoden besser für Massen- und Serienfertigung als für Leistungserstellung mit Projektcharakter ?

Ein erster Grund für den geringen Einsatz von OR-Methoden könnte darin liegen, daß sich Projekte wegen ihres Individualcharakters weniger dafür eignen als Massen- und Serienfertigung. Diese Meinung wird in der Tat in der Literatur gelegentlich vertreten. So ist beispielsweise KILGER⁹ der Ansicht, daß in Betrieben mit Einzelfertigung, also bei Fertigung mit Projektcharakter, der Anwendung von OR-Methoden enge Grenzen gesetzt sind. Eine Begründung für diese These, die dem Verfasser schwer verständlich erscheint, wird freilich nicht gegeben.

Modelle haben zu restriktive Prämissen

Dagegen ist ein erster wichtiger Grund für die geringe Verbreitung darin zu sehen, daß die formulierten Modelle von zu restriktiven Prämissen ausgehen, die oft noch nicht einmal genügend klar herausgestellt werden. Sozusagen ein Paradebeispiel dafür ist das Faktum, daß in einer Reihe von Optimierungsansätzen zur Ermittlung der kostenminimalen Projektdauer Kapazitätsgrenzen nicht berücksichtigt werden bzw. unterstellt wird, daß es unbegrenzte Ressourcen gibt. Etwas zynisch könnte man dazu sagen: Die Spezialisten aus dem Fachgebiet "Operations Research" bemühen sich um die Lösung von Problemen, die sich so kaum jemals in der Praxis stellen.

Modelle betrachten nur einen kleinen Ausschnitt des Realproblems

Auch hierzu einige Beispiele:

Bei der schwierigen Aufgabe der Multiprojektplanung wird von den Modellentwicklern in aller Regel nur berücksichtigt, daß die verschiedenen, einzuplanenden Vorhaben auf gemeinsame, knappe Ressourcen zurückgreifen müssen. Die Tatsache, daß etwa zwischen den einzelnen Projekten einer Entwicklungsabteilung komplizierte Abhängigkeiten anderer Art (etwa Input-Output-Beziehungen und synergetische Beziehungen) bestehen können, wird ignoriert, weil sich diese Beziehungen nur schwer quantifizieren lassen.

Die Schöpfer von Verfahren zur Projektauswahl beachten in aller Regel den Zusammenhang zwischen Unternehmensstrategie und den Projekten, mit denen diese Strategie realisiert werden soll, nicht. DANILA¹⁰ stellt hierzu nach einer Durchsicht der Literatur resignierend fest: " Furthermore there has been no paper to date about the contribution of R and D project selection and evaluation methods to strategy in general and to technological strategy in particular".

Modelle konzentrieren sich auf nur wenige Handlungsalternativen

Diese These ist sozusagen ein Sonderfall des zuletzt genannten Grundes. Gute Belege für diese Behauptung liefern die heuristischen Verfahren zur optimalen Zuweisung von Arbeitskräften und Betriebsmitteln. Sie berücksichtigen in vielen Fällen nur eine Möglichkeit Bedarfsspitzen, die über die Kapazitätsgrenze hinausgehen, abzubauen: Die Verschiebung von Vorgängen bei konstanter Vorgangsdauer. Alle anderen Möglichkeiten, von denen in der Praxis Gebrauch gemacht wird, also z.B. die Umstrukturierung des Ablaufs, das Splitten von Vorgängen, die zeitliche Verkürzung oder die Streckung von Vorgängen werden häufig nicht betrachtet. Ein weiterer Kritikpunkt, der im Zusammenhang mit der Diskussion dieser Modelle angebracht werden soll, ist, daß die Kostenkonsequenzen von Maßnahmen des Kapazitätsabgleichs nicht sichtbar werden. Es ist daher nicht verwunderlich, daß das Management sich der angebotenen Instrumente nicht bedient.

Auch in den schon erwähnten Modellen zur Ermittlung der kostenminimalen Projektdauer ist das Handlungsspektrum auf nur eine Möglichkeit reduziert. Das war wohl mit ein Grund, warum die Diskussion über die Verkürzung der Durchlaufzeiten von Entwicklungsprojekten, die von der Disziplin Operations Research bereits in den frühen 60er Jahren begonnen worden war, damals kaum beachtet wurde und erst in den letzten Jahren, dann aber kaum unterstützt durch Optimierungsmodelle, wieder aufgenommen wurde.

Der Modelloutput ist für das Management wenig aussagefähig

Auch hierzu ein Beispiel: Ein Projektmanager kann mit dem Ergebnis einer Entscheidungsbaumanalyse, daß ein geplantes Entwicklungsprojekt nur eine Erfolgchance von 40 % hat, recht wenig anfangen. Die dichotome Fragestellung "Erfolg oder Mißerfolg" entspricht zunächst einmal häufig nicht der Wirklichkeit. Ein Entwicklungsprojekt scheitert verhältnismäßig selten ganz. Häufiger ist, daß bestimmte wichtige Teilziele nicht oder nicht vollständig erreicht werden. Was aber viel schwerer wiegt, ist, daß das Management durch eine derartige Analyse keinerlei Entscheidungshilfen erhält, wie dieses Risiko verringert werden kann. Eine simple standardisierte Risikocheckliste oder eine systematische Expertenbefragung, Methoden mit denen Einzelrisiken (z.B. fehlendes Know-how der Mitarbeiter) identifiziert werden können, sind hier vorzuziehen. Die Vorteile, die gut strukturierte und systematisch erarbeitete Checklisten bieten, dürften auch dazu geführt haben, daß die US AIR FORCE nach der aufwendigen Entwicklung von Methoden zur Risikoanalyse von Projekten wieder zu relativ einfachen Prüflisten übergegangen ist.¹¹ Eine Reihe von Modellen, dazu gehören insbesondere die auf dem Gebiet der stochastischen Ablauf- und Terminplanung, sind auch nicht robust genug. Das bedeutet: Geringfügig geänderte Wahrscheinlichkeitsangaben als Input führen zu erheblichen Änderungen beim Modelloutput. Zudem kann das Resultat der Aggregation von Risiken (z.B. Terminrisiken) bei den einzelnen Elementen eines Ablaufplans zum Gesamtterminrisiko eine sehr hohe Spannbreite aufweisen, die für den zu entscheidenden Manager keinen Informationswert mehr hat. Was nützt bei-

spielsweise einem Projektmanager, der sich gegenüber dem Auftraggeber zu einem festen Fertigstellungstermin verpflichtet hat, die aus einer Projektsimulation stammende Information, daß der Erwartungswert der Projektdauer 3 Jahre und 4 Monate und daß das $\sigma = 6$ Monate ist.

Institutionelle Bedingungen werden nicht berücksichtigt

Zu dieser Kategorie von Gründen gehört u.a. , daß der hohe Aufwand, der für die Anwendung verschiedener OR-Ansätze getrieben werden muß, nicht beachtet wird. Dies gilt etwa für die stochastische Netzplantechnik, die sowohl die Termin- als auch die Kostenplanung umfassen kann. Dazu schreibt MÜLLER¹², einer der besten Kenner der Netzplantechnik : " Bei der Ausarbeitung von Ablaufstrukturen, die mit Unsicherheiten behaftet sind, müssen bezüglich des Ablaufs unsichere Stellen klar erkannt, die möglichen Alternativen konkret herausgearbeitet und durch Angabe von Wahrscheinlichkeiten quantifiziert werden. Dies erhöht den Aufwand für die Erfassung der Planungsdaten und vor allem deren Verarbeitung bei den Berechnungen (auch beim Einsatz der EDV) je nach Anzahl der unsicheren Stellen und möglichen Alternativen u.U. beträchtlich". Da für die Projektplanung und -kontrolle in der Regel sowieso nur sehr begrenzt Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, unterbleibt die Anwendung. Weiter wurde von den OR-Fachleuten nicht zur Kenntnis genommen , daß in der Angebots- oder Beantragungsphase, in der Aussagen zum Termin- und Kostenrisiko benötigt würden, in aller Regel noch kein detaillierter Ablaufplan wie er für die Anwendung der stochastischen Netzplantechnik notwendig wäre, vorliegt. Detaillierte Planungen können in aller Regel schon aus Zeit- und Kostengründen erst bei Auftragsvergabe bzw. bei Projektgenehmigung unternommen werden.

Ein letztes Beispiel für die Vernachlässigung institutioneller Gegebenheiten ist der gescheiterte Versuch , die netzplangestützte Kostenplanung und -kontrolle in der für den Rüstungsbereich arbeitenden Industrie der USA und der Bundesrepublik einzuführen. Man hatte bei der Entwicklung und Einführung dieser Methode einfach die Tatsache ignoriert, daß alle betroffene Firmen bereits ein System der Kostenplanung und -kontrolle hatten, das mit der neu entwickelten Methode nicht kompatibel war. Die Folge war, daß die Unternehmen gezwungen gewesen wären, das vom militärischen Auftraggeber oktroyierte Verfahren parallel anzuwenden.

Notwendige Daten sind nicht verfügbar

Dieser Grund könnte auch unter der vorangegangenen Überschrift angeführt werden. Auch hier wiederum ein Beispiel . Die Modelle zur Bestimmung der kostenminimalen Verkürzung der Projektdauer verlangen u.a. die Eingabe von Beschleunigungskosten für die einzelnen Vorgänge . Das herkömmliche Rechnungswesen ist bislang wohl kaum in einem Unternehmen in der Lage derartige Daten zu liefern.

Das Problem der "Verfügbarkeit von Daten" sei auch noch an einem zweiten Beispiel belegt: Vor einiger Zeit erhielt der Verfasser zusammen mit zwei Kollegen den Auftrag , zu überprüfen, ob in Softwareprojekten die Verwendung eines "rapid

prototype" im Vergleich zum Vorgehen nach einem Phasenmodell ohne Prototypen die Erfüllung der Projektziele fördert oder nicht. Die Frage sollte mit Hilfe eines Simulationsmodells beantwortet werden: Bei näherer Beschäftigung mit der Fragestellung zeigte sich, daß es kaum empirische Daten gab, um das entwickelte Simulationsmodell zu validieren. Es gilt, was SOUDER et alii¹³ im Zusammenhang mit der Untersuchung der Akzeptanz von OR-Modellen einmal formuliert haben: "But models that require generally unavailable data would normally have low potentials".

Schließlich ein letzter Grund:

Die angebotenen Modelle und Verfahren sind zu komplex

Ein Entwickler von OR-Modellen hat einmal folgenden Satz geprägt: "Ein Manager lebt lieber mit ungelösten Problemen als mit Modellen, die er nicht versteht". Im Marketing wurden aus dieser Erkenntnis längst Folgerungen gezogen und Modelle geringerer Komplexität entwickelt¹⁴. Für die Disziplin "Operations Research" wurden trotz der negativen Erfahrungen, die man vor allem mit stochastischer Netzplantechnik in den letzten Jahren machen mußte, noch bis in die jüngste Zeit hinein neue Varianten entwickelt¹⁵, die aller Voraussicht nach genauso wenig eingesetzt werden wie ihre Vorgänger. Die weite Verbreitung, die die Methoden der deterministischen Netzplantechnik in der Praxis gefunden haben, ist vermutlich auch darauf zurückzuführen, daß sie leicht verständlich sind und sich mit verhältnismäßig geringem Aufwand aneignen lassen. Auch die starke Verbreitung von Portfolio-Ansätzen bei der Projektauswahl läßt sich mit der Einfachheit der Methode erklären.

4. Was läßt sich tun, damit die Methoden des Operations Research im Projektmanagement intensiver genutzt werden?

Die Entwickler müssen das Realproblem besser kennenlernen

Für die Kluft zwischen theoretischer Forschung und praktischer Anwendung ist nach Meinung des Verfassers vor allem die akademische Seite verantwortlich, die zu oft weder gründliche Prämissenkritik übt, noch sich wirklich mit den Bedürfnissen der Projektplanung und -verfolgung auseinandersetzt. Deshalb muß vor allem auch bei der Forschung an den Hochschulen angesetzt werden. OR-Spezialisten müssen sich zunächst einmal gründlicher mit dem Realproblem vertraut machen. Unser Wissenschaftsbetrieb gibt allerdings nicht die Gewähr, daß dies geschieht. Da es eine systematische Benutzerforschung in der Disziplin "Projektmanagement" z.Zt. gar nicht gibt, sind die Bedürfnisse des Anwenders zumeist auch nur unzureichend bekannt. In vielen Fällen wird einfach ein mathematisches Modell von einem Vorgänger, der das Realproblem auch nicht aus eigener Anschauung kennengelernt hat, übernommen und variiert. Meist werden Variationen vorgenommen, die mit dem vorhandenen Instrumentarium relativ leicht zu bewältigen

sind. Ständige Prämissenkritik in Konfrontation mit der Realität unterbleibt. An vielen Beispielen läßt sich belegen, daß bei der Entwicklung neuer Modelle eher verfahrensorientiert als problemorientiert vorgegangen wurde. So wird in jüngster Zeit nahezu krampfhaft und nach Ansicht des Verfassers wenig erfolgreich nach einem Anwendungsfall für die Theorie der unscharfen Mengen im Projektmanagement gesucht. Einen geradezu abschreckenden "Anwendungsfall" in der Projektsteuerung für die Theorie der unscharfen Mengen demonstriert KÄSTEL¹⁶. Das Ergebnis von acht aufwendigen Verfahrensschritten ist eine Art Entscheidungstabelle, die schon wegen der sehr geringen Zahl von Eingangs- und Ausgangsgrößen für praktische Zwecke ohne jeden Wert ist. KÄSTEL selbst schätzt deshalb die Anwendungsmöglichkeiten auch recht skeptisch ein.

Insbesondere für das Gebiet der Einsatzmittelplanung auf das hier exemplarisch eingegangen werden soll, wagt der Verfasser die Aussage, daß trotz einer Reihe von Veröffentlichungen über den praktischen Einsatz von Softwarepaketen für diesen Zweck die Bedürfnisse des Benutzers noch kaum erforscht sind. Die geringe Nutzung der Programmkomponenten zur Einsatzmittelplanung in Projekten, auf die z.B. MÜLLER-ETTRICH¹⁷ hinweist, und die Ergebnisse von Benutzerbefragungen¹⁸ sind Indizien dafür, daß hier ein erheblicher Nachholbedarf besteht. So fällt z.B. auf, daß die vielfältigen Möglichkeiten der graphischen Ausgabe, die sich heute anbieten, nur unzureichend genutzt werden. Ein Fortschritt kann nur erzielt werden, wenn die Vorgehensweisen erfolgreicher Praktiker bei der Einsatzmittelplanung sorgfältig beobachtet und beschrieben werden und die Eigenschaften benutzerfreundlicher Softwarepakete für Projektmanagement identifiziert werden¹⁹. Möglicherweise stellt sich dann auch heraus, daß die Netzplantechnik zwar für die Terminplanung und -verfolgung sehr gut geeignet ist, daß aber bei der projektbezogenen Einsatzmittelplanung Tabellenkalkulationsprogramme überlegen sind.

Die unbedingt notwendige Kommunikation zwischen Benutzern und Entwicklern hat sich in den letzten Jahren, u.a. im Rahmen von user groups, sicher verbessert. Viele OR-Fachleute der Hochschulen sitzen allerdings immer noch in ihrem Elfenbeinturm und verlassen ihn nur ungern zu Ausflügen in die rauhe Wirklichkeit. Das schon zitierte Buch von SLOWINSKI und WEGLARZ ist dafür ein schlagender Beweis. Wen dieses Beispiel allein nicht überzeugt, der sehe sich einmal die letzten 20 Jahrgänge von Zeitschriften wie OR Spektrum und Management Science an.

Neue methodische Ansätze sind erforderlich

Verbesserte Kommunikation allein ist sicher nicht ausreichend, um beim Einsatz quantitativer Methoden im Projektmanagement Fortschritte zu erzielen. Neue methodische Ansätze sind erforderlich. In jüngerer Zeit wird dabei vor allem gefordert, das subjektive Wissen und die Erfahrung von Managern systematisch zu nutzen. Ein Plädoyer für die stärkere Nutzung der Erfahrung bringen z.B. H. L. und S.E. DREYFUS²⁰, die sich sehr kritisch mit Ansätzen auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz auseinandersetzen: "Ein Manager-Experte, der in seine Arbeit zutiefst eingebunden und mit seiner Firma aufs engste vertraut ist, versteht und entscheidet

intuitiv auf Grund früherer Erfahrungen mit erfolgreichen und erfolglosen Maßnahmen. Er trifft seine Entscheidungen nicht mehr, indem er Formeln auf Fakten anwendet wie er es als Neulinggetan hat und wie es mathematische Modelle machen". Die beiden DREYFUS lehnen freilich deshalb quantitative Methoden keineswegs ab, sondern fordern "wissenschaftliche Methoden und Computerwerkzeuge in unser eher traditionelles und intuitives Vorgehen " zu integrieren. Dafür gibt es seit längerer Zeit mehrere Ansätze, die freilich zumindest im Projektmanagement nicht konsequent weitergeführt wurden.

Eine erste Möglichkeit bieten sogenannte **Decision-Support-Systeme**. Der Grundgedanke, der von Vertretern dieses Ansatzes immer wieder variiert wird, ist nicht neu. Der Rechner soll dem Manager nicht die Entscheidung abnehmen, sondern ihn lediglich unterstützen. Als einprägsames, aber möglicherweise inzwischen nicht mehr ganz aktuelles Beispiel wird öfter das Schachspiel genannt. Der Computer ermittelt nicht den jeweiligen Zug, sondern unterstützt den Spieler bei der Eröffnung beispielsweise durch eine Datenbank, die viele Eröffnungszüge mit Kommentaren enthält ²¹. Überträgt man diese Idee z.B. auf das Problem der Einsatzmittelplanung, so müßten Programme entwickelt werden, die dem Benutzer nicht nur eine Fülle von Algorithmen zur Einplanung anbieten, die situationsabhängig abgewandelt werden können, sondern die ihm auch "intelligentes Probieren" leicht und die Konsequenzen seiner Entscheidungen sofort sichtbar machen. Bestehende Programme leisten dies noch kaum. Die Möglichkeiten graphischer Benutzeroberflächen wurden, wie schon betont, bislang für derartige Aufgaben noch nicht annähernd ausgenutzt.

Bei einem zweiten, auch schon lange bekannten Ansatz, dem **Decision Calculus** von LITTLE, wird versucht, persönliches Wissen des Planers und analytische Vorgehensweise miteinander zu verknüpfen. Dies geschieht im ständigen Dialog mit dem Rechner. LITTLE hat selbst für eine Reihe von Problemen, z.B. für die Aufgabe der Festlegung des optimalen Werbebudgets, seine Idee konkretisiert. Für Aufgaben im Gebiet Projektmanagement gibt es solche Versuche u. W. noch nicht. Ein Vorschlag, das Konzept des Decision Calculus im Rahmen eines Expertensystems für die Prognose von Lebenswegkosten zu nutzen, wurde vom Verfasser und einer Mitarbeiterin vor einigen Jahren gemacht ²².

Der Beitrag, mit dem versucht wurde zu zeigen, daß sich Operations Research zumindest in der Disziplin "Projektmanagement" in einer Sackgasse befindet, soll mit einer etwas allgemeineren Diagnose und einem daraus abgeleiteten Therapieversuch beendet werden: Für das weitgehende Versagen formaler Modelle ist nicht zuletzt der Mangel an gründlichen deskriptiven Analysen verantwortlich. Für die Vernachlässigung der Deskription in der Betriebswirtschaftslehre wurden eine Reihe von Beispielen genannt. Viele weitere könnten angefügt werden. Die folgende abschließende Feststellung mag trivial klingen, der Verfasser wagt sie aber dennoch: Erst wenn wir das Realproblem gründlich studiert und die Vorgehensweisen erfolgreicher Praktiker intensiv analysiert haben, werden wir zu erfolgreicheren Modellen kommen.

Literatur:

* Hervorhebung durch Fettdruck durch den Verfasser

¹ Eine umfangreiche Bibliographie findet sich z.B. in folgendem Werk: Slowinski, R.; Weglarz, R.(Eds.): *Advances in Project Scheduling. Studies in Production and Engineering Economics 9*, Amsterdam 1989

² Vgl. dazu insbesondere Booker, J.M.; Bryson, M.C. : *Decision Analysis in Project Management: An Overview*. In : *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. EM-32, No. 1, February 1985, pp. 3 - 9

³ Vgl. etwa Kaufmann, A.: *Reseaux et Systemes dans L'Incertain Structure Utilisation pratique et efficace des concepts flous*. In: Gutsch, R.; Reschke, H.; Schelle, H. (Eds.): *Proceedings of the 6th Internet Congress 1979*, Vol. 5, Düsseldorf 1980, S. 59-101

⁴ Liberatore, M.J.; Titus, G.J.: *The Practice of Management Science in R&D Project Management*. In: *Management Science*, Vol. 29, No. 8, August 1983, p. 962-974

⁵ Schmidt, R.L.; Freeland, J.R.: *Recent Progress in Modeling R&D Project Selection Process*. In: *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 39, No. 2 May 1992, pp. 189-201

⁶ Steele, L.W. : *Selecting R&D programs and objectives*. In: *Research Management*, March-April 1988, pp. 17-36, pp. 21

⁷ Vgl. dazu z.B. Cleland, D.I.; King, W.R. (Eds.): *Project Management Handbook*, sec. ed. New York 1988; Schelle, H.; Reschke, H.; Schnopp, R.; Schub, A. (Hrsg.) : *Loseblattsammlung "Projekte erfolgreich managen"*. Köln 1994 ff.; Patzak, G.; Rattay, G.: *Projektmanagement. Leitfaden zum Management von Projekten, Projektportfolios und projektorientierten Unternehmen*. Wien 1996. Eine Ausnahme macht der Artikel von Souder in dem Handbuch von Cleland und King: Souder, W.: *Selecting Projects That Maximize Profits*, pp. 140-164. Der Autor äußert sich selbst aber sehr kritisch zu vielen Modellen für die Auswahl von Projekten.

⁸ Wagner, H.M: *Operations Research : A Global Language for Business Strategy*. In: *Operations Research*, Vol. 36, No. 5, September-October 1988, pp. 797-803, p. 798. Die erfolgreichen Beispiele, die Wagner nennt, beziehen sich keineswegs, wie der Aufsatztitel vermuten läßt, auf strategische , sondern im wesentlichen auf operationale Probleme.

⁹ Kilger, W.: *Optimale Produktions- und Absatzplanung*. Opladen 1973, S. 11.

¹⁰ Danila, N.: *Strategic evaluation and selection of R&D projects*. In: *R&D Management*, Vol. 19, Number 1, January 1989, pp.47-68, p.

¹¹ *Air Force Systems Command, Software Risk Abatement*, AFSC/AFLC Pamphlet 800-45, 30. September 1988

¹² Müller; D.: *Methoden der Ablauf- und Terminplanung von Projekten*. In: Reschke; Schelle, H.; Schnopp, R. (Hrsg.) : *Handbuch Projektmanagement*, Band 1, Köln 1989, S. 263-311, hier S.283

¹³ Souder et alii, l.c., p. 138

¹⁴ Vgl. dazu z.B. Böcker , F.: *Modellbezogene Akzeptanzprobleme formaler Entscheidungsmodelle im Marketing*. In: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, Jahrgang 6, 1977, S. 305 - 312

¹⁵ Vgl. dazu etwa den Überblicksartikel Whatley, N.M.: *Cost/Schedule/Technical Performance Risk Analysis*. In: Stewart, R.D.; Wyskida, R.M. (Eds.): *Cost Estimators Reference Manual*. New York 1986, pp.259-310

¹⁶ Kästel, W.: *Fuzzy Logik für das Managen von Projekten. Wie das Konzept erstellt wird, was es leistet und was vorgegeben werden muß*. In : *Projektmanagement*, 1/96, S. 23 -28

¹⁷ Müller-Ettrich, R.: *Stand und Probleme der projektbezogenen Einsatzmittelplanung*. In: Schelle, H.; Reschke, H.; Schnopp, R.; Schub, R. (Hrsg.): *Loseblattsammlung " Projekte erfolgreich managen"*, Köln 1994 ff., Kapitel 4.5.1, S. 1 - 35, hier S. 2

¹⁸ Dworatschek, S., Gutsch, R.: *The Future of Project Management. Results of Thesis Markets*, In: *GPM Nachrichten Nr. 12*, 1987

¹⁹ Vgl. dazu methodisch Schelle, H.; Schnopp, R.; Schwald, A: *Measurement of the User Friendliness of Project Management Software: A New Approach*, in: *From Conception to Completion, Proceedings of the 9th World Congress on Project Management*, September 4th -9th 1988 Glasgow, pp.1021-1029

²⁰ Dreyfus, H.L; Dreyfus, S.E. : *Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition*. Hamburg 1987, S. 217

²¹ Morton, M.S.; Huff, S.: *The Impact of Computers on Planning and Decision Making*. In: Smith, H.T.;

Grenn, T.R.G. (Eds.): Human Interaction with Computers. London 1980, pp. 177-201

²² Schelle, H.; Voglmaier, E.: LCC-Modelle und Expertensysteme. In : Schelle, H.; Voglmaier, E.; Madauss, B. (Hrsg.) : Symposium Life Cycle Cost, GPM-Arbeitstexte zum Projektmanagement, München 1986, S. 209-225