

Lehrstuhl fml
Name der Forschungsstelle(n)

12377 N / VII
AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

01.03.2000 bis 28.02.2001
Bewilligungszeitraum

Schlußbericht für den Zeitraum: 01.03.2000 bis 28.02.2001

Forschungsthema:

Automatisiertes und datenbankgestütztes Hilfsmittel für dynamische Planungsprozesse von Umschlagbereichen

Garching, 23.02.2001
Ort, Datum

Unterschrift der/des Projektleiter(s)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Umschlaglogistik und Umschlagvorgang	1
1.2	Bedeutung der Planung	2
1.3	Zielsetzung.....	3
2	Konzeptentwicklung.....	6
2.1	Gesamtkonzept.....	6
2.1.1	Zielgruppe	6
2.1.2	Modellsicht	8
2.1.3	Planungssystematik.....	8
2.1.4	Softwarekonzept.....	8
2.2	Modellsicht	9
2.2.1	Abgrenzung des Untersuchungsbereiches.....	9
2.2.2	Modellvorstellung und Modellierung	13
2.3	Planungssystematik	17
2.3.1	Vorarbeiten.....	17
2.3.2	Ziele.....	19
2.3.3	Systematik.....	21
2.4	Softwarekonzept	24
2.4.1	Softwareauswahl	25
2.4.2	Datenbankunterstützung	28
3	Realisierung des Planungshilfsmittels.....	30
3.1	Strukturierte Datenerfassung	30
3.2	Technische Eignungsbewertung	34
3.2.1	Wechselwirkungen zwischen den Einflußgrößen	35
3.2.2	Wissensbasierte Bewertungssystematik	37
3.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	41
3.4	Fuzzy-Bewertung	44

3.4.1	Ausgangssituation	44
3.4.2	Der menschliche Denk- und Entscheidungsprozeß.....	45
3.4.3	Rechnerunterstützte Fuzzy-Systematik	48
3.5	Ergebnisdarstellung	50
3.6	Iterativer Optimierungsprozeß.....	54
3.7	Umsetzung der Ergebnisse	56
4	Einsatz des Planungshilfsmittels	59
4.1	Ausgangssituation.....	59
4.2	Konkretisierung und Bewertung	61
4.3	Kostenermittlung	66
5	Zusammenfassung	72
6	Literaturverzeichnis.....	74

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Kapselung des Bewertungskerns	7
Abb. 2.2: Schnittstellenfunktion der Ladezone	12
Abb. 2.3: Netzwerkdarstellung des Systems Verladezone	13
Abb. 2.4: Problemlösung mittels Modellbildung	14
Abb. 2.5: Vorgehensweise bei der Analyse von Umschlagbereichen.....	18
Abb. 2.6: Methodisches Planungsvorgehen	19
Abb. 2.7: Reduzierung des Lösungshorizontes	20
Abb. 2.8: Planungssystematik für eine durchgängige Planungsunterstützung	22
Abb. 2.9: Aufbau des Bausteins „Bewertung“	23
Abb. 2.10: Vereinfachte schematische Darstellung des Softwarekonzeptes	27
Abb. 2.11: Datentabellen des Datenbankmoduls	28
Abb. 3.1: Vorgehensweise bei der Datenerfassung.....	33
Abb. 3.2: Vernetzung der Einflußgrößen	36
Abb. 3.3: Hierarchische Gliederung der Bewertungskriterien	37
Abb. 3.4: Schematische Darstellung der Bewertungssystematik.....	38
Abb. 3.5: Kostenarten für Verladetechniken	42
Abb. 3.6: Einflußparameter bei der Kostenermittlung	43
Abb. 3.7: Einflußgrößen und Ergebnisse des Denkprozesses	46
Abb. 3.8: Entscheidung und Entscheidungssituation.....	47
Abb. 3.9: Mögliche Kriterien zur Auswahl eines Verladesystems	49
Abb. 3.10: Ergebnisdarstellungen der Bewertungsphasen	52
Abb. 3.11: Ablaufdiagramm des Optimierungsprozesses.....	55
Abb. 4.1: Kurzstreckenverkehr zwischen Produktion und Lager.....	60
Abb. 4.2: Planungsergebnisse der Fuzzy-Bewertung	62
Abb. 4.3: Eignung der IST-Situation des Tragprofilförderers (Übersicht).....	63

Abb. 4.4: Eignung der IST-Situation des Tragprofilförderers (Detailansicht)	64
Abb. 4.5: Gesamtkosten in Abhängigkeit vom Umschlagaufkommen	69
Abb. 4.6: Auslastung der Lkws (differenzierte Betrachtung)	70

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Zuordnung der Planungsschritte zu den Planungsstadien	30
Tab. 3.2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Bewertung	40
Tab. 4.1: Ausgangsdaten für die Kostenermittlung.....	67
Tab. 4.2: Beispielhafte Kostenermittlung.....	68

1 Einleitung

Der effizienten Gestaltung des Materialflusses und der hierbei notwendigen Auswahl einer geeigneten Materialflußtechnik kommt aufgrund des stetig steigenden Konkurrenzdruckes zwischen den Unternehmen ein immer größerer Stellenwert zu. Dies trifft auch für den Umschlagbereich zu, denn hier entstehen infolge der häufig noch sehr umständlichen und langwierigen Handhabungsvorgänge hohe, teilweise vermeidbare Kosten. Durch den Einsatz neuer automatisierter Technologien lassen sich in diesem Bereich in vielen Fällen noch große wirtschaftliche und logistische Vorteile erzielen. Es ist jedoch für den Einzelfall zu überprüfen, inwieweit deren Einsatz nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist [Gün-92].

1.1 Umschlaglogistik und Umschlagvorgang

Unter Logistik ist die wissenschaftliche Lehre der Planung der Materialflüsse in Systemen sowie die Gestaltung der Informationsflüsse, welche zur Steuerung und Kontrolle dieser notwendig sind, zu verstehen [Jün-89]. Systeme werden im allgemeinen Sprachgebrauch als eine Menge von Elementen definiert, zwischen denen bestimmte Beziehungen bestehen [Dud-97]. Ein Teilbereich der Logistik, in dessen Grenzen diese Arbeit zu sehen ist, ist die Umschlaglogistik, welche sich sowohl in der Beschaffungs-, Distributions- als auch Entsorgungslogistik wiederfindet.

Die operative Funktion, die die Umschlaglogistik beschreibt, ist das Umschlagen oder der Umschlagvorgang. In der Literatur finden sich zu diesem Begriff unterschiedliche Auslegungen. So betrachten Eversheim et al. [Eve-96] und Jünemann [Jün-89] Umschlagvorgänge zwischen den Gliedern der Transportkette z.B. als Übergang des Transportgutes von einem auf das folgende Arbeitsmittel. In [DIN 30781a] wird Umschlag als „die Gesamtheit der Förder- und Lagervorgänge beim Übergang der Güter auf ein Transportmittel, beim Abgang der Güter von einem Transportmittel und wenn Güter wechseln“ definiert. Wesentlich abstrakter kann der Umschlag auch als Stoffflußprozeß ohne Wertschöpfung mit der primären Aufgabe der Ortsveränderung und ohne Änderung der stoffgebundenen Gebrauchseigenschaften der Güter beschrieben werden ([Bür-98], [Kra-90], [Zie-99]). Diese allgemeinen Begriffsbestimmungen beinhalten sowohl den inner- als auch den außerbe-

trieblichen Umschlag. Hingegen schließt [VDI 2411] mit dem „Wechseln des Verkehrsmittels beim Befördern von Gütern, ggf. über Zwischenlagerung u.a.“ den innerbetrieblichen Umschlag aus. Im folgenden wird der Begriff „Umschlagen“ entsprechend der Bedeutung von [VDI 2411] verwendet. In diesem Sinne ist der Umschlag als die operative Funktion an der Schnittstelle zwischen internem Materialfluß und externem Güterfluß zu sehen [Bäu-98], d.h. die Verladung von Stückgütern von innerbetrieblichen Fördermitteln auf Lkws o.ä. bzw. umgekehrt [Wet-82].

Den Handlungsbedarf in der Umschlaglogistik verdeutlicht hierbei u.a. der hohe Anteil der Umschlagkosten von mitunter 33 bis 50 % an den Transportkosten ([Gros-92], [Gün-97a]). Die Transportkosten wiederum werden mit 25 bis 30 % der Logistikkosten eines durchschnittlichen Unternehmens aus dem Bereich Maschinenbau beziffert. Der Rest der Logistikkosten verteilt sich auf Lagerhaltung, EDV u.ä. ([ATK-93], [Gün-99e], [Hor-82]). Hohe Logistikkosten beeinflussen aber unmittelbar die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens [Fis-97].

Sind die isolierten Bereiche, wie z.B. die Produktion u.a. schon weitgehend optimiert, können an den Schnittstellen noch neue Potentiale erschlossen werden [Bau-96]. Mit dieser Aussage und dem Wissen, daß in der Praxis die physische Seite des Umschlagens zumeist noch manuell oder mechanisiert abgewickelt wird und Automatisierungsansätze bislang nur in Spezialfällen Anwendung finden [Bau-91], wird das Rationalisierungspotential ersichtlich. Dieses ist jedoch nicht nur in einer Kostenreduzierung, sondern auch in der Verringerung der Beschädigungen des zu verladenden Stückgutes und der hohen Fehlerquoten bei der Auftragsabwicklung zu suchen. Aber auch humanitäre Einflußgrößen, wie z.B. die oft noch harte körperliche Arbeit unter klimatisch ungünstigen Bedingungen und eine relativ hohe Unfallgefahr, sind bei einer Entscheidung für eine Umschlagtechnik zu berücksichtigen [Gün-97b]. Eine individuelle Überprüfung der Eignung eines Unternehmens für eine Automatisierung des Umschlags ist jedoch, wie bereits erwähnt, erforderlich.

1.2 Bedeutung der Planung

Zur Sicherung und langfristigen Steigerung der Konkurrenz- und Wettbewerbsfähigkeit müssen Unternehmen ständig auf Änderungen der Marktanforderungen und der

unternehmensspezifischen Randbedingungen reagieren und gegebenenfalls Anpassungsmaßnahmen ergreifen. Dies können sie nur dadurch erreichen, daß sie durch zweckmäßige Planung den Randbedingungen und Vorgaben der Schnittstellen gerecht werden ([Ket-84], [Mart-99]). Für die Schnittstelle „externer Transport – interner Materialfluß“ ist eine anforderungsgerechte Gestaltung eine entscheidende Voraussetzung für eine funktionssichere Abwicklung der Materialflüßaufgaben im Bereich des Wareneingangs und -ausgangs [Ket-84].

Die zunehmend komplexeren Systeme und Prozesse müssen jedoch in immer kürzeren Zeiten geplant und realisiert werden [Bec-97]. Hierunter leidet jedoch nicht selten auch die Planungsgenauigkeit und -sicherheit. Fehlendes Expertenwissen bei der Planung verzögert zudem die Ergebnisfindung und führt selten zu optimalen Problemlösungen. Ein Ansatzpunkt ist die Unterstützung des Planers durch ein geeignetes Hilfsmittel für die Planung. Nach Günthner [Gün-91] und Kettner et al. [Ket-84] ist Planung die gedankliche Vorwegnahme zukünftiger Ereignisse, welche die Entwicklung des Planungsgegenstandes aktiv beeinflussen will. Die in der Vergangenheit übliche „Planung auf dem Papier“ eignet sich jedoch immer weniger, da sie zu zeitaufwendig ist.

1.3 Zielsetzung

Im AiF-Projekt 11440 N „Automatisierte Stückgutverladesysteme“, welches am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik der Technischen Universität München bearbeitet wurde, stellte die Analyse der Randbedingungen in Verladezonen und eine Sammlung der auf den Bewertungs- bzw. Auswahlprozeß Einfluß ausübenden Indikatoren einen Schwerpunkt dar. In Fortführung dieser Forschungsarbeiten sollen die Ergebnisse in ein möglichst universell nutzbares und durchgängig von der Datenerfassung über die Bewertung (inklusive einer möglichen Optimierung) bis zur Auswertung unterstützendes Planungshilfsmittel zur Auswahl einer individuellen Verladetechnik übergeführt werden. Einsatz finden soll das Planungshilfsmittel in der frühen, kreativen Planungsphase der „Grobplanung“, die das Ziel hat, zu einem geeigneten Gesamtkonzept zu gelangen. Inhalt der Phase „Grobplanung“ ist in der Regel neben dem Entwurf verschiedener Ablauffolgen, wie Materialflüßoperationen, Arbeitsschritten etc. und der Einbindung verschiedener Strukturvarianten in die Lay-

outplanung vor allem auch die Auswahl und Zuordnung geeigneter Materialflußmittel zu den Materialflußoperationen und Arbeitsschritten ([Agg-90], [Ket-84]).

Unter den beschriebenen Gesichtspunkten ist es daher Ziel dieser Arbeit, ein Verfahren zu konzipieren, welches den oben erwähnten Forderungen bestmöglich gerecht wird. Meilensteine auf dem Weg hierzu sind einerseits die Entwicklung einer Bewertungsmethodik, welche die technische Eignung eines Unternehmens für den Einsatz einer automatisierten Verladetechnik ermittelt, andererseits einer Vorgehensweise zur Bestimmung der zu erwartenden, situationsabhängigen Kosten bei Einsatz einer ausgewählten Umschlagtechnik. Eine Vergleichsmöglichkeit mit herkömmlichen mechanisierten Verladetechniken sollte das Rationalisierungspotential aufzeigen können. Da Unternehmen in der Regel bereits Vorstellungen von den Eigenschaften einer neuen Verladetechnik besitzen, wird als weiteres Ziel dieser Arbeit definiert, ein Verfahren zur Berücksichtigung dieser Vorstellungen zu generieren. Zum Großteil handelt es sich um „unscharfe“, d.h. nicht eindeutig determinierten Größen zuordenbare Eigenschaften, wie z.B. der Wunsch nach einem wartungsarmen Verladesystem. Die Frage stellt sich, „ab wann zählt ein Verladesystem als wartungsarm“? Ein weiteres Problem sind einzelne schwer oder nicht miteinander vereinbare Vorstellungen hinsichtlich realer Verladetechniken. So kann z.B. ein Verladesystem eine erwünschte Eigenschaft voll erfüllen, dafür eine andere fast gar nicht. Die Fuzzy-Logik ist das einzig bekannte Hilfsmittel, welches auf diese Art der Problematik antwortet. Mit den Ergebnissen dieses Werkzeuges läßt sich eine Rangfolge der Übereinstimmungen zwischen Vorstellungen und real existenten Eigenschaften der Umschlagsysteme aufstellen und schließlich eine Auswahl treffen. Durch die Implementierung dieses Verfahrens in das Planungshilfsmittel wird die Berücksichtigung subjektiver Vorstellungen eines Unternehmens, die häufig in Form „linguistischer Variablen“ vorliegen, bei der Auswahl eines Verladesystems ermöglicht.

Besondere Anforderungen an die Entwicklung des Planungshilfsmittels ergeben sich aus der Forderung nach einem möglichst großen Einsatzbereich. Begründen läßt sich dies mit der Vielfältigkeit der Ausgangssituationen der zu betrachtenden Unternehmen und damit einer Fülle von Indikatoren, die auf die Gestaltung der Schnittstelle zwischen externem Güterfluß und internem Materialfluß Einfluß ausüben. Weiterhin resultieren die Anforderungen aus der Komplexität der auf die Entscheidung einwirkenden Einflußgrößen. Diese bilden ein Geflecht von sich gegenseitig beeinflussenden Variablen, die bei der Veränderung einer Merkmalsausprägung

zugleich Einfluß auf eine Reihe anderer Einflußgrößen haben können (siehe u.a. Kapitel 3.2.1). In Anbetracht des Umfangs und der Vielfältigkeit des betrachteten Systems erscheint es zweckdienlich, bei der Modellierung den geeigneten Detaillierungsgrad zu wählen und sinnvoll zu abstrahieren (siehe Kapitel 2.2.2). Trotz der Komplexität des Systems „Ladezone“ [See-90] ist eine Transparenz des Planungsablaufs und der die Bewertung beeinflussenden Größen, in Hinblick auf vorgeschlagene Anpassungsmaßnahmen, sicherzustellen.

Bei der Entwicklung eines Planungshilfsmittels darf stets der Anwenderkreis nicht aus den Augen verloren werden. Bei der Zielgruppe des in dieser Arbeit beschriebenen Hilfsmittels handelt es sich in erster Linie um kleine und mittelständische Unternehmen, kurz kmU, ohne eigene Planungsabteilung und Anwendern ohne erforderliches Expertenwissen über automatisierte Verladetechniken. Eine sowohl zeitlich als auch personalintensive Aneignung zusätzlicher spezieller Fachkenntnisse soll in diesem Zusammenhang vermieden werden.

Die Praxistauglichkeit des Verfahrens ist in hohem Maße von der umfassenden Datenerfassung, Konkretisierung der Zielformulierung und Bewertung mit angemessenem Aufwand abhängig. Die Auswertung der Randbedingungen und der Vorschlag für ein geeignetes Verladesystem muß mit geringstmöglichem Zeitaufwand geschehen. Eine prototypenhafte Rechnerunterstützung, die neben der Bewertung sowohl die Dateneingabe als auch -ausgabe bereitstellt und nach Seeger [See-90] unerlässlich ist, unterstützt dabei den praktischen Einsatz.

Ein allgemeingültiges Ziel ist es demnach, die Auswahl einer Verladetechnik aus planungstechnischer Sicht zu vereinfachen, d.h. zu optimieren, und damit zu beschleunigen. Das zu entwickelnde Verfahren muß unabhängig von der Komplexität der Bewertungsgrundlage einfach und einheitlich anwendbar sein und dennoch den Spezifika der einzelnen Unternehmen gerecht werden. Eine unternehmensneutrale Auswahl der Verladetechnik ist Voraussetzung für eine optimale, den Randbedingungen angepaßte Lösung. Ein Einsatz ist sowohl bei Neuplanungen, die einerseits als Erweiterung bestehender Anlagen, andererseits auch als „Planung auf grüner Wiese“ verstanden werden als auch bei Umgestaltung bestehender Anlagen zu ermöglichen. Die Ergebnisse sollen die Planungssicherheit erhöhen und schließlich für das Unternehmen Grundlage für die nachfolgenden Planungsstufen und eine anschließende Realisierung sein.

2 Konzeptentwicklung

Im folgenden soll ein Gesamtkonzept entwickelt werden, welches sowohl technische und wirtschaftliche Bewertungsverfahren als auch die Fuzzy-Logik für den Planungsprozeß zur individuellen Auswahl einer Umschlagtechnik nutzbar macht. Dies geschieht aufbauend auf den Anforderungen an den Planungsprozeß bei Umschlagbereichen.

2.1 Gesamtkonzept

Ziel des zu entwickelnden Planungshilfsmittels zur Auswahl einer Verladetechnik ist die Realisierung eines unabhängig von der Komplexität der Bewertungsgrundlage einfach und einheitlich sowie ohne erforderliches Expertenwissen anwendbaren Verfahrens, welches dennoch den Spezifika der einzelnen Unternehmen gerecht wird. Hauptaufgaben des Verfahrens bestehen sowohl in der technischen als auch monetären Eignungsbewertung der Randbedingungen eines Unternehmens, ferner in einer Methodik zur Berücksichtigung anwenderspezifischer Vorstellungen von einer in „ihrem“ Unternehmen einzusetzenden Umschlagtechnik.

Aufgrund der Komplexität des Bewertungshorizontes, d.h. der Vielfältigkeit der Ausgangssituationen bei Unternehmen und damit einer Fülle bei der Planung zu betrachtender Indikatoren, dem Geflecht gegenseitig beeinflussender Bewertungsgrößen u.v.a., ist es unerlässlich, diese Problematiken bei der Erstellung des Gesamtkonzeptes zu berücksichtigen. Neben einer sinnvollen Abgrenzung des Untersuchungsbereiches fällt hierunter auch eine problemangepaßte Modellierung des Systems Umschlagzone. Zunächst werden aber nochmals die Zielgruppe des Planungshilfsmittels und die daraus resultierenden Anforderungen an das Planungshilfsmittel betrachtet.

2.1.1 Zielgruppe

Die Planungssystematik bzw. die Vorgehensweise im Planungsprozeß sollte trotz der erwähnten Vielschichtigkeit des betrachteten Auswahlprozesses in Hinblick auf die

beabsichtigte Anwendergruppe des Planungshilfsmittels nicht zu komplex sein. Sie besteht nicht aus Spezialisten mit dem notwendigen Expertenwissen über automatisierte Verladesyteme, sondern aus Ingenieuren der Logistik- bzw. übergeordneter Planungsabteilungen eines Industrieunternehmens, die mit ständig wechselnden Bereichen ihres Unternehmens konfrontiert werden. Diese sollten ein grundsätzliches Verständnis des Umschlagvorganges sowie Informationen über die IST- bzw. Plansituation und fundamentale Umschlagdaten besitzen.

Um ein der Zielgruppe angepaßtes Werkzeug zu schaffen, ist der Aufbau des Planungshilfsmittels so zu gestalten, daß der Bewertungskern, für dessen Verständnis Expertenwissen notwendig ist, gegenüber dem Benutzer abgeschirmt wird. Der Anwender trägt durch analysierende Tätigkeiten dazu bei, ein individuell geeignetes Verladesytem zu ermitteln. Verdeutlichen läßt sich dieser Sachverhalt anhand eines Schalen- bzw. Layermodells, wie es in Abb. 2.1 dargestellt ist.

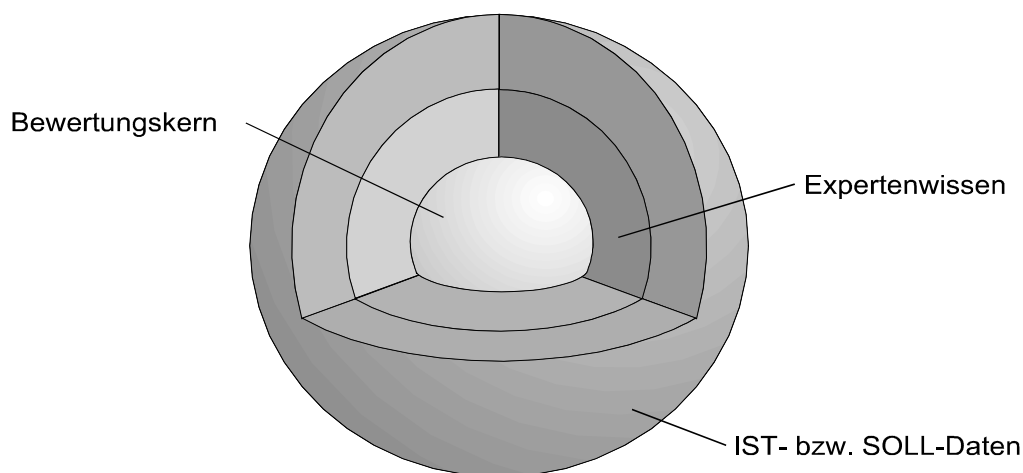


Abb. 2.1: Kapselung des Bewertungskerns

Neben der IST-Analyse der Planungssituation, die durch den Benutzer durchgeführt wird und die als Werkzeug für die Sammlung des für die Bewertung notwendigen Wissens fungiert, existieren noch eine breite Wissensbasis und der eigentliche Bewertungs- bzw. Berechnungskern. Die Wissensbasis besteht u.a. aus Regeln und Wertungen, welche auf gesammeltem und ausgewertetem Erfahrungswissen basieren. Der Berechnungskern symbolisiert die Bewertungsalgorithmen, d.h. das formalisierte mathematische Bewertungs-Regelwerk.

Vorteil dieser Struktur ist zum einen die Realisierung eines sehr schlanken Berechnungskerns ohne umfangreiche Auskommentierung der Vorgehensweise, was zu einer Laufzeitoptimierung führt. Zum anderen ermöglicht es auch Personen, ohne das für die zu fällende Entscheidung notwendige Erfahrungswissen, nur mit dem für den eigenen Anwendungsfall ausgestatteten Wissen, schnell eine Entscheidungsunterstützung zu erhalten.

2.1.2 Modellsicht

Um eine individuelle Planung auf Grundlage der Ausgangssituation eines Unternehmens durchzuführen, ist die Realität im Planungshilfsmittel möglichst genau abzubilden. Eine vollständige Abbildung der Realität wäre jedoch wegen der immensen Fülle an Daten nicht mehr handhabbar. Aus diesem Grund ist eine Reduzierung der Daten auf ein vernünftiges Maß vorzunehmen. Hierzu ist die Realität zu abstrahieren und in Form eines Modells abzubilden. Es muß jedoch gewährleistet sein, daß sämtliche relevanten Größen berücksichtigt und die Spezifika des Umschlagbereiches exakt genug nachgebildet werden. Bei der Wahl des geeigneten Detaillierungsgrades sei auf Kapitel 2.2 verwiesen.

2.1.3 Planungssystematik

Die hohen technischen und wirtschaftlichen Anforderungen, denen heutige Materialflußsysteme ausgesetzt sind, verlangen den Einsatz situationsangepaßter Materialflußtechnik. Die individuelle Planung und Auswahl dieser Technik wiederum erfordert die Anwendung einer entsprechend effizienten Planungssystematik, bestehend aus geeigneten Vorgehensweisen und Verfahren. Die Planungssystematik ist dabei so zu entwerfen, daß sie für unterschiedliche Planungsaufgaben, wie z.B. Neu-, Erweiterungs- und Umplanungen eingesetzt werden kann und eine universelle Anwendbarkeit in verschiedenen Bereichen des Stückgutverkehrs gewährleistet ist.

2.1.4 Softwarekonzept

Der Auswahlprozeß hin zu einer Umschlagtechnik ist mit methodischen Hilfsmitteln zu vereinfachen und die Planungssicherheit zu erhöhen. Denkbar ist eine Unterstüt-

zung in Form von schriftlichen Planungsunterlagen oder einem rechnerbasierten Hilfsmittel. Aufgrund der hohen Anforderungen u.a. an die Benutzerfreundlichkeit und vor allem die Planungsgeschwindigkeit bedingt sich jedoch die Forderung nach einem rechnerunterstützten Planungshilfsmittel. Planungshilfen in Papierform werden sich verschärfenden Anforderungen an die Planung immer weniger gerecht. Umso mehr ist auf eine Umsetzung der Methodik in ein Rechnerwerkzeug zu achten als daß die Planungshilfe bereits in der Grobplanungsphase des Planungsprozesses Einsatz finden soll. Denn in diesem frühen Planungsstadium ist ein ständiger Wandel der Planungsrandbedingungen durchaus üblich, eine „Planungsbasis“ mit „dynamischen Randbedingungen“ und damit häufige Planungsläufe sind die Folge.

Um diese anfallende Datenfülle in den Griff zu bekommen und jederzeit auf bereits untersuchte Ausgangssituationen, d.h. Datensätze zurückgreifen zu können, bietet sich der Einsatz eines relationalen Datenbanksystems zur Speicherung und Verwaltung dieser Datensätze an.

2.2 Modellsicht

Die Abbildung des bei der Planung betrachteten Umschlagsystems und seiner Bausteine ist in seiner Gesamtheit aufgrund der immensen Datenfülle und Komplexität des Untersuchungsbereiches kaum möglich. Demnach ist es erforderlich, den Untersuchungsbereich sinnvoll abzugrenzen und zu abstrahieren, um eine Reduzierung der zu handhabenden Datenmenge zu erreichen. Es ist jedoch darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Informationsgehalt des aus den reduzierten Informationen aufgebauten Modells ausreichend hoch ist, um die Realität für den Planungsprozeß genau genug widerzuspiegeln.

2.2.1 Abgrenzung des Untersuchungsbereiches

Ein möglichst allgemeingültiger Auswahlmechanismus für eine geeignete Verladetechnik bedingt eine große Anzahl unterschiedlichster abzufragender Randbedingungen. Werden die Abhängigkeiten der einzelnen Randbedingungen untereinander berücksichtigt, so resultiert aus den denkbaren Kombinationsmöglichkeiten eine

immense Vielfalt an Bewertungszuständen, welche das Planungsinstrument auszuwerten hat. Sowohl aus Performancegründen wie z.B. geringen Rechenzeiten und Datenerfassungszeiten als auch aus ökonomischen Gründen (Aufwand zu Nutzen) ist bei der Erstellung des Planungsinstrumentes eine Systematik zu entwerfen, die die Realität in Form eines vereinfachten Modells wiedergibt. Ferner ist eine sinnvolle Abgrenzung des Untersuchungsbereiches auf die relevanten Anwendungsfälle erforderlich.

Bei der Betrachtung der Relevanz der zu untersuchenden Bereiche werden folgende Aspekte näher betrachtet:

- Art der zu verladenden Güter,
- Art des Transportmittels und
- Art der Modellierung.

Neben dem Umschlag von Containern, für den bereits erfolgversprechende Lösungen zur Automatisierung der Verladung entwickelt wurden, bestehen für die übrigen Transportgüter noch keine vollständig durchdachten Planungshilfen. Dies läßt sich unter anderem auf die Vielzahl unterschiedlicher zu verladender bzw. transportierender Güter zurückführen. Der Container bietet im Gegensatz zu den übrigen üblichen Transportgütern durch seine standardisierten Größen eine einfachere Planungsgrundlage. Bei den übrigen Gütern nehmen palettierte Güter den ersten Platz in der Rangliste der auf deutschen Straßen transportierten Güter ein. Trockene unverpackte Massengüter, wie z.B. Getreide oder ähnliches, werden, da sie sich für eine Automatisierung der Verladung laut Herstellern automatisierter Verladesysteme nur sehr schlecht eignen, außer Acht gelassen. Bei der Art der in dieser Arbeit betrachteten Güter wird eine Beschränkung auf die im Sprachgebrauch als Stückgüter bezeichneten Transportgüter vorgenommen. Definitionsgemäß werden alle festen Transportgüter, die während des Transports ihre Gestalt beibehalten und einzeln als Einheit gehandhabt werden können, als Stückgut bezeichnet. Stückgut kann dabei verpackt aber auch unverpackt sein ([Bäu-98], [ISO 3569]).

Neben der Art des Transportgutes ist das Transportmittel selbst ein Aspekt, der genauerer Betrachtung bedarf. Für den Stückgutumschlag bei kleinen und mittelständischen Unternehmen, die Hauptzielgruppe dieser Arbeit sind, kommen generell nur der Lkw bzw. Güterwaggons der Bahn als zu be- und entladende Transportmittel

in Frage. Für letztgenannte ist jedoch für ein Planungsinstrument zur Zeit kein relevanter Anwendungsbereich zu erkennen. Dies liegt zum einen daran, daß außer einigen Lösungen im Konzeptstadium keine in der Praxis bewährten automatischen Verladestysteme existieren. Zum anderen dominiert der Lkw als Transportmittel im Vergleich zur Bahn, da er wesentlich flexibler ist. Laut Gottschalk, dem Präsidenten des Verbandes der Automobilindustrie (VDA) [May-98], entfallen mittlerweile rund drei Viertel der Transportleistung in der EU auf den Straßengüterverkehr. Ein weiterer Grund für den geringen Stellenwert der Direktverladung auf Bahnwaggons ist wohl der, daß nur wenige Betriebe einen Gleisanschluß besitzen [Eve-96].

Bei der Modellierung des Systems Verladezone ist es wichtig, der Schnittstellenfunktion genauere Betrachtung zu schenken. Dies gilt zum einen für die Abgrenzung des Betrachtungsbereiches, der in die Bewertung einfließt, zum anderen auch für die Art der Modellierung, d.h. den Abstraktionsgrad der Darstellung.

Die Schnittstelle der Ladezone wird in dieser Arbeit sinnvollerweise an dem Punkt des Materialflusses gezogen, an dem das Ladegut in Berührung mit der Verladetechnik kommt (siehe Abb. 2.2). Das bedeutet, der Bereich Ladezone beinhaltet zwar den Transportweg vom Bereitstellplatz auf den Lkw, jedoch nicht den Bereich des innerbetrieblichen Materialflusses, d.h. z.B. den Weg der Ladung von der Produktion zur Bereitstellung.

Diese Vorgehensweise bietet sich an, da die Verladezone bei dieser Wahl der Grenze ein abgeschlossenes System bildet, welches relativ unabhängig von den innerbetrieblichen Gegebenheiten bewertet werden kann. Die doch zum Teil großen Divergenzen bei den einzelnen Unternehmen im innerbetrieblichen Bereich erschweren es, eine allgemeingültige Bewertungssystematik zu finden und tragen nur zu einem vernachlässigbaren Maße auf die Auswahl einer Verladetechnik bei.

Die Planung wird somit aufgrund der vereinfachten Betrachtungsweise transparenter und ist zeitsparender durchzuführen. Zugleich dient diese systematisierte Darstellung der Abgrenzung des Untersuchungsbereiches.

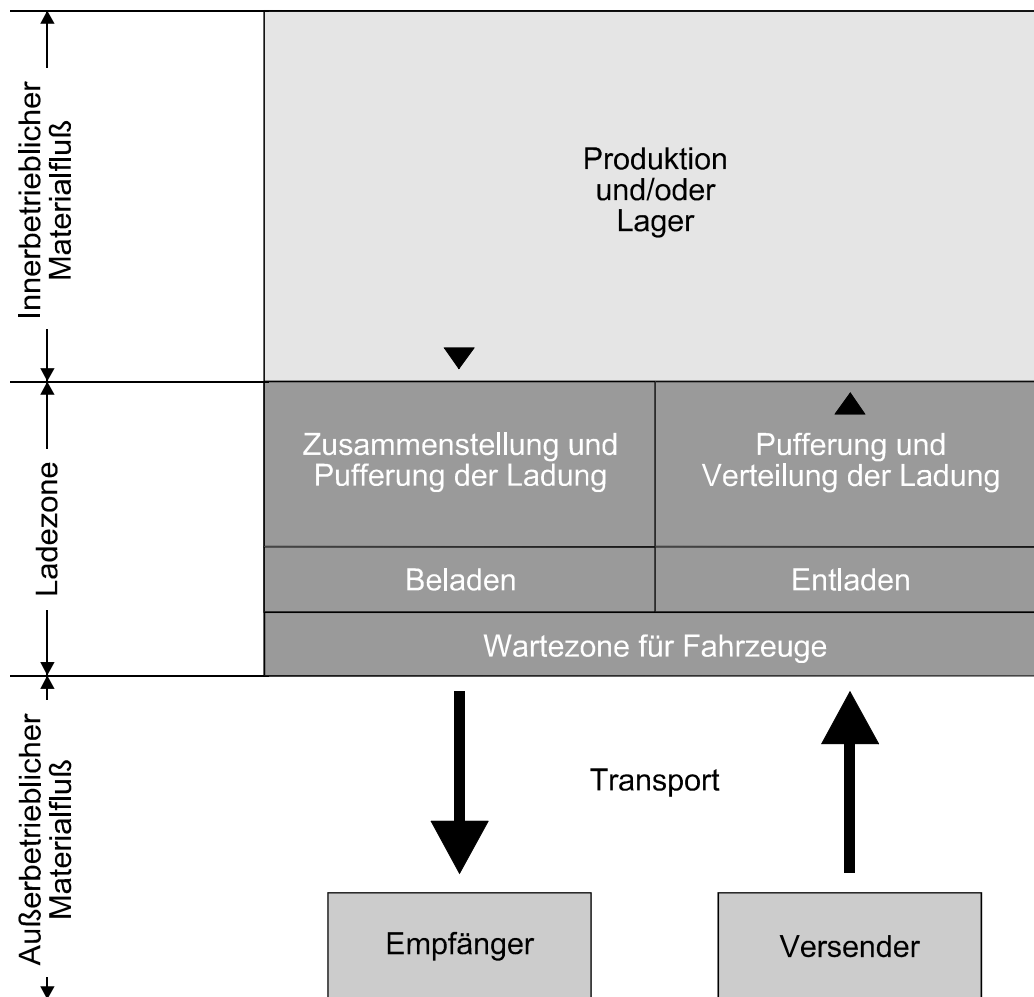


Abb. 2.2: Schnittstellenfunktion der Ladezone [See-90]

Es läßt sich feststellen, daß eine sinnvolle Reduzierung der auf den Bewertungsprozeß einflußnehmenden Informationen sowohl die Transparenz der Bewertung als auch die Bewertungssicherheit selbst erhöhen.

Veranschaulichen läßt sich die vorgenommene Systemeingrenzung mit einer einfachen Netzwerkdarstellung (siehe Abb. 2.3), die sich besonders für die Abbildung unternehmensübergreifender Flüsse in einer Logistikkette eignet [Göp-97].

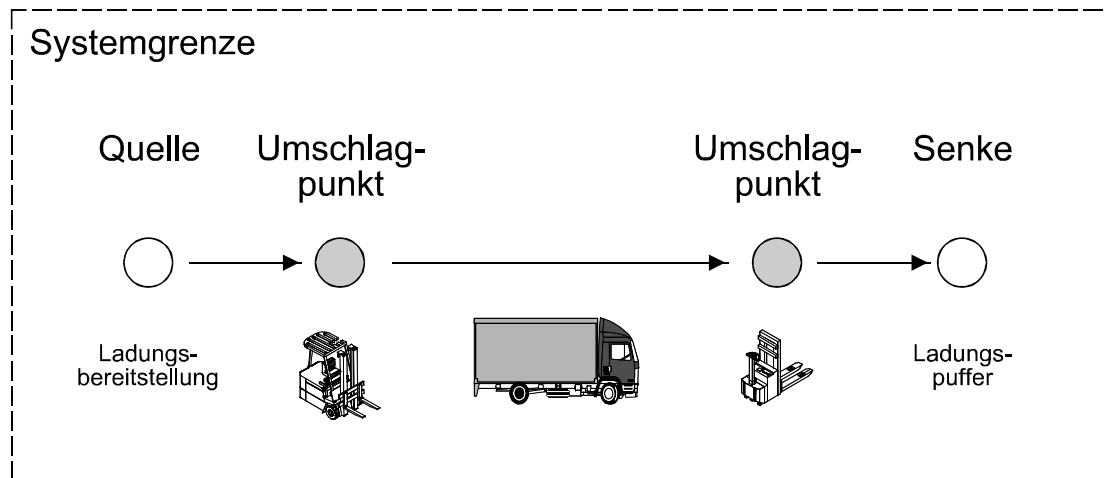


Abb. 2.3: Netzwerkdarstellung des Systems Verladezone

Die Knoten des Güterflusses repräsentieren dabei die Umschlagpunkte oder Schnittstellen, also Quellen und Senken des Systems [Vah-98]. Die Verbindungen zwischen den Knoten stellen die Ortsveränderung bzw. den Materialfluß zwischen den Knoten dar.

2.2.2 Modellvorstellung und Modellierung

Da es bei komplexeren Problemstellungen schwer oder überhaupt nicht möglich ist, die Realität mit wissenschaftlichen Methoden exakt abzubilden [Arn-95], werden Vereinfachungen und Abstraktionen der Realität vorgenommen. Mit Hilfe von Modellen, die in Form von Graphen, Schaltbildern, Flußdiagrammen, allgemeinen mathematischen Beschreibungen oder ähnlichem vorliegen können, wird die notwendige Vereinfachung erreicht.

Aus der Analyse der Zustände und Zustandsänderungen können Erkenntnisse über funktionale Zusammenhänge der Indikatoren gewonnen werden. Daraus läßt sich ein mathematisches Modell generieren, welches die Realität nachbildet und das Verhalten analysierbar und prognostizierbar macht. Schließlich werden die Ergebnisse des mathematischen Modells mit Hilfe von Interpretationsregeln auf das reelle Problem zurücktransformiert. In Abb. 2.4 wird schematisch der durchlaufene Zyklus der Problemlösung mit der Methode der Modellbildung dargestellt.

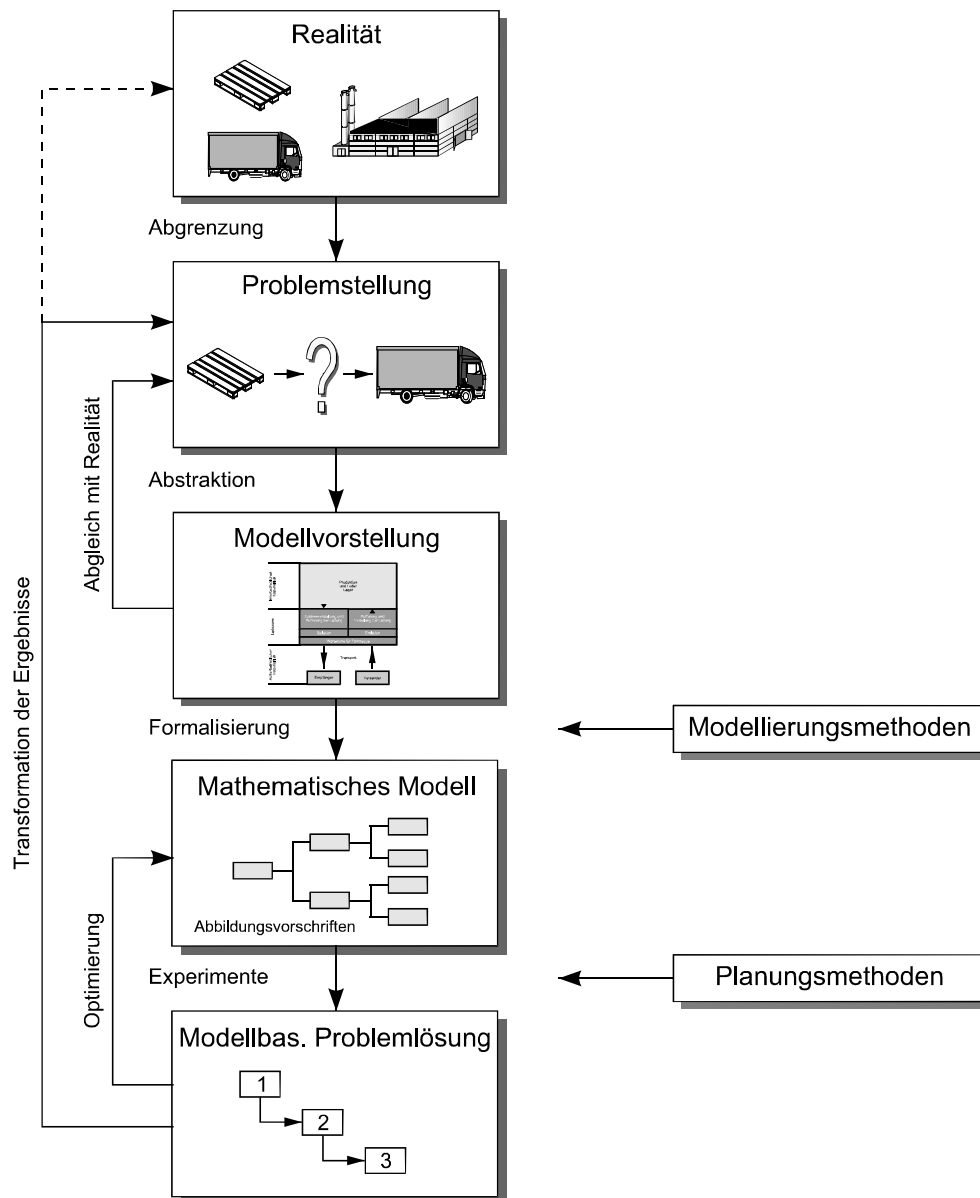


Abb. 2.4: Problemlösung mittels Modellbildung

Durch die Abstraktion des realen Problems in Form von schwach strukturierten, mentalen Systemen lassen sich bereits intuitive Lösungen entwickeln. In dem in dieser Arbeit beschriebenen Anwendungsfall kann die Verladezone, d.h. die Schnittstelle zwischen innerbetrieblichem Materialfluß und außerbetrieblichem Güterfluß als Modell nach Abb. 2.2 verstanden werden. Vereinfacht und mit reduziertem Informationsbeschaffungsaufwand verbunden, ist in Abb. 2.3 der Untersuchungsbereich als Quelle-Senke-Diagramm dargestellt.

Durch die Formalisierung des Problems mit Hilfe von Modellierungsmethoden lassen sich systematische Lösungen erzeugen. Der eigentliche Planungsvorgang, der durch die Anwendung der Algorithmen des mathematischen Modells initiiert wird, liefert mehrere Lösungsvarianten. Ein oder mehrere iterative Schritte kristallisieren schließlich eine objektiv bestmögliche Lösung heraus. Nach der Übertragung der Ergebnisse des mathematischen Modells auf das reale Problem, was der Auslegung eines oder mehrerer Zahlenwerte in einer verbalen Aussage entspricht, kann die Umsetzung in der Realität erfolgen.

Neben der Betrachtung der Modellbildung als Schritt im Problemlösungsprozeß ist ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt die Wahl des richtigen Detaillierungsgrades in Abhängigkeit des jeweiligen Planungsstadiums. Als Detaillierungsgrad kann hierbei das Verhältnis der aktuell betrachteten Merkmale des Modells zu den maximal betrachteten Merkmalen definiert werden. Grundsätzlich empfiehlt sich ein Vorgehen „Vom Groben zum Detail“. Da Detaillierungsgrad und Informationsbeschaffungsaufwand korrelierende Größen darstellen, sollte zunächst ein möglichst geringer Grad der Detaillierung gewählt werden, was zu einer Verkürzung der Modellierungsphase führt. Ebenfalls für dieses Vorgehen spricht die Tatsache, daß sich die Planung durch einen hohen Abstraktionsgrad in den ersten Planungsphasen vereinfacht. Eine denkbare Vorgehensweise für diesen Anwendungsfall ist die stufenweise Detaillierung bzw. Konkretisierung.

Folgende Detaillierungsstufen eignen sich als Vorgehensweise:

- Darstellung des Untersuchungsbereiches als Black-Box,
- Gliederung des Untersuchungsbereiches in sechs Teilbereiche und schließlich
- Beschreibung der Teilbereiche durch Indikatoren.

Im ersten Schritt werden ausschließlich Materialflußströme abgebildet. Hierbei wird der Materialflußeingang in das „Black-Box-System“ sowie der Materialflußausgang aus diesem betrachtet, d.h. es wird nur die Notwendigkeit des Transportes eines Gutes von Punkt A (entspricht Materialfluß in das System) nach Punkt B (entspricht Materialfluß aus dem System) abgebildet. Eine Detaillierung der „Black-Box“ wird an dieser Stelle zunächst nicht vorgenommen. Eine Analogie zu der Quelle-Senke-Betrachtungsweise, welche in Abb. 2.3 dargestellt ist, läßt sich erkennen. Diese Darstellungsweise erlangt seine Berechtigung aus der Reduzierung des Aufwandes

sowie der Übertragbarkeit der Vorgehensweise bei der Betrachtung einer Relation¹ auf die einer größeren Anzahl an Relationen.

Im zweiten Schritt wird der Detaillierungsgrad erhöht und eine sich offensichtlich anbietende Unterteilung in die vier physischen Bausteine des Umschlagsystems und zwei weitere Bereiche vorgenommen. Zu letztgenannten zählen die Funktionen des Umschlagsystems, welche in der Netzwerksichtweise (vgl. Kapitel 2.2.1) die physischen Bausteine des Systems verbinden, d.h. sie charakterisieren den Materialfluß des Umschlaggutes.

Es ergibt sich folglich die Unterteilung des Umschlagsystems in:

- den stationären Teil der Beladung,
- die Ladung,
- die Lkws als Transport- und Umschlagmittel,
- den stationären Teil der Entladung,

ferner:

- den Verladevorgang bzw. die Fahrt sowie
- sonstige, in die genannten Bereiche nicht eingliederbare Informationen.

Unter stationärem Teil ist hierbei die Verladezone als Ort der räumlichen Trennung bzw. Zusammenführung von Fahrzeugen und Ladung zu verstehen. Der Verladevorgang bzw. die Fahrt ist definiert als räumliche und zeitliche Überbrückung der Ladung zwischen dem stationären Teil der Beladung und dem der Entladung, d.h. den Schnittstellen des internen Materialflusses zum externen Güterfluß.

Die im zweiten Schritt erhaltenen sechs Teilbereiche werden anschließend ein weiteres Mal abgestuft. Man erhält Indikatoren, welche die Aufgabe haben, die Zustände bzw. Eigenschaften der einzelnen Teilbereiche genauer zu definieren. Der so erhaltene Detaillierungsgrad des Modells genügt, um die für die Bewertung der Ausgangssituation notwendigen Informationen zu erhalten.

¹ Vor allem im Speditionswesen gebräuchter Begriff für den Transport von einem Punkt A zu einem Punkt B.

2.3 Planungssystematik

Die Planungssystematik stellt ein Denkmodell für die konkrete Gestaltung des Vorgehens für die Planung dar [Agg-90]. Um eine Planungssystematik zu entwickeln, sind zunächst Vorarbeiten zu verrichten. Diese können aus umfangreichen Analysetätigkeiten des betrachteten Planungsbereiches bestehen, die ihrerseits der Ermittlung des zur Entwicklung der Planungssystematik notwendigen Expertenwissens dienen. Aber auch spezielle, die Gestaltung der Planungssystematik betreffende Fragestellungen, sind Gegenstand der Vorarbeiten. Im Anschluß an diese Vorarbeiten werden die mit der Systematik beabsichtigten Ziele definiert. Schließlich folgt der Generierungsprozeß.

2.3.1 Vorarbeiten

Die Betrachtung bereits realisierter automatisierter Umschlaganlagen und die Analyse und Strukturierung der auf den Umschlagbereich einwirkenden Indikatoren sind Voraussetzung für die Generierung einer effizienten Planungssystematik. Die Ermittlung praktischer Erfahrungswerte mit den Verladeanlagen sowohl seitens der Hersteller als auch der Verlader stellt die Basis für die Schaffung einer weitestgehend objektiven Bewertungssystematik dar.

Aus der Analyse der realisierten Verladesysteme ergeben sich eine Reihe von Fragestellungen, welche den Aufbau des Planungshilfsmittels beeinflussen.

Folgende Fragen stehen dabei im Vordergrund:

- Wie können die Randbedingungen strukturiert abgefragt werden?
- Welche technischen Voraussetzungen müssen für den Einsatz automatisierter Verladesysteme erfüllt sein?
- Wie kann der Anwender bei der Festlegung der Anforderungen an sein Verladesystem unterstützt werden?
- Wie muß eine Verladezone modifiziert werden, damit der Einsatz eines automatisierten Systems technisch sinnvoll ist?

- Welche Regeln und Erfahrungswerte gibt es für die technische Bewertung der Einflußgrößen?
- Wie kann eine wirtschaftliche Bewertung der unterschiedlichen Lösungsvarianten aussehen?

Um eine möglichst breite Streuung der Erfahrungswerte zu erhalten, ist bei der Analyse eine sinnvolle Vorauswahl zu treffen. Durch die Einbeziehung mehrerer Branchen ist dieses Ziel zu erreichen. Die hierbei angewendete Vorgehensweise bei der Analyse von Umschlaganlagen ist in Abb. 2.5 dargestellt. Für detailliertere Informationen zur Vorgehensweise in der Analysephase und den hierbei erhaltenen bzw. erarbeiteten Ergebnissen wird auf den bereits erwähnten Forschungsbericht „Automatisierte Stückgutverladesysteme“ [Gün-00] verwiesen.

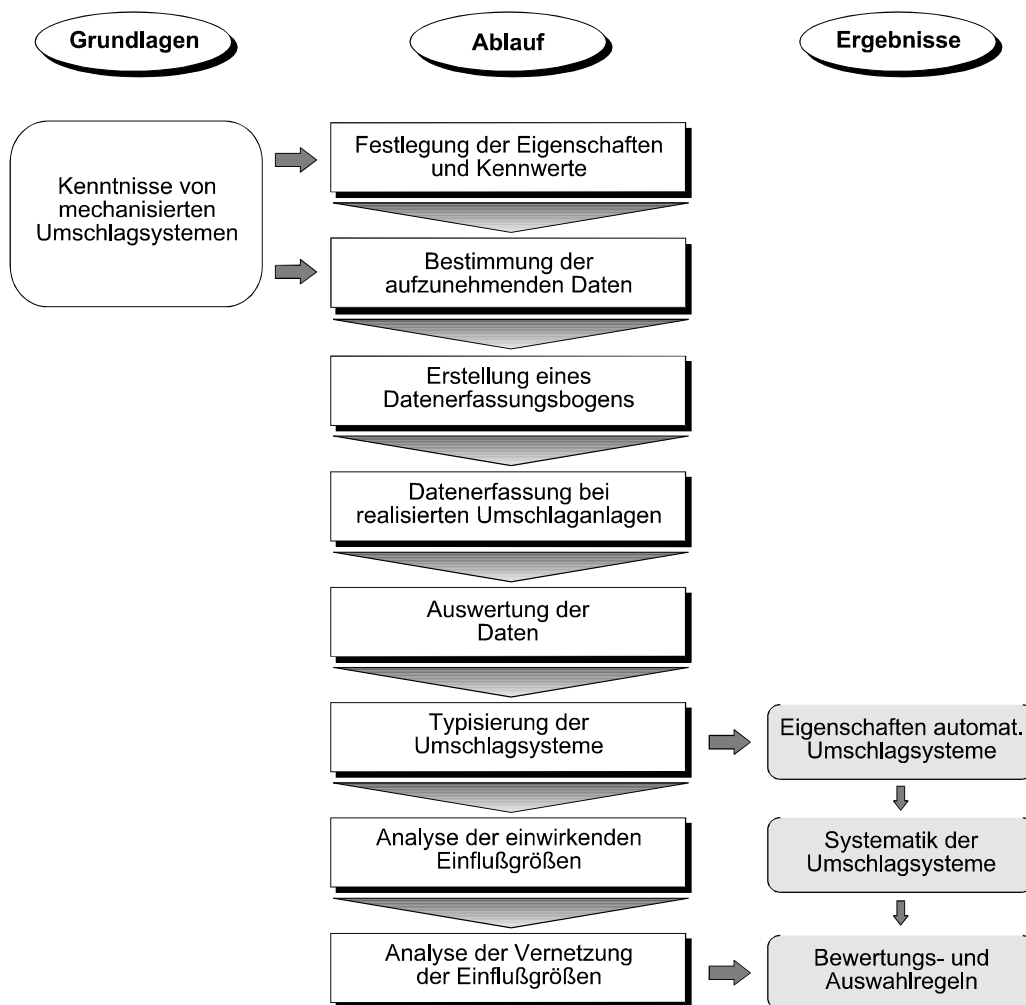


Abb. 2.5: Vorgehensweise bei der Analyse von Umschlagbereichen

Durch die Analyse bereits realisierter automatisierter Umschlaganlagen lassen sich Rückschlüsse auf Restriktionen für den Einsatz automatisierter Verladetechnik ziehen. Da es sich in der Regel bei den heute eingesetzten automatisierten Systemen um Einsatzbereiche handelt, die für eine Umschlagautomatisierung prädestiniert sind, ist es ein Ziel der Arbeit, durch methodische Entwicklung einer Bewertungssystematik auch die sogenannte „Grauzone“ zu erschließen. Denn nicht nur Verloader, die einheitliches Gut verladen, können durch den Einsatz automatisierter Verladetechnik Rationalisierungspotentiale aufzunutzen und nutzen.

2.3.2 Ziele

Da es sich bei dem zu entwickelnden Planungshilfsmittel um ein speziell für den Umschlagbereich zu entwerfendes Werkzeug handelt, soll vor der Zielfestlegung der in dieser Arbeit beschriebenen Planungssystematik zunächst ein kleiner Exkurs zu dem allgemeinen methodischen Planungsvorgehen in dem betrachteten Bereich unternommen werden (vgl. Abb. 2.6).

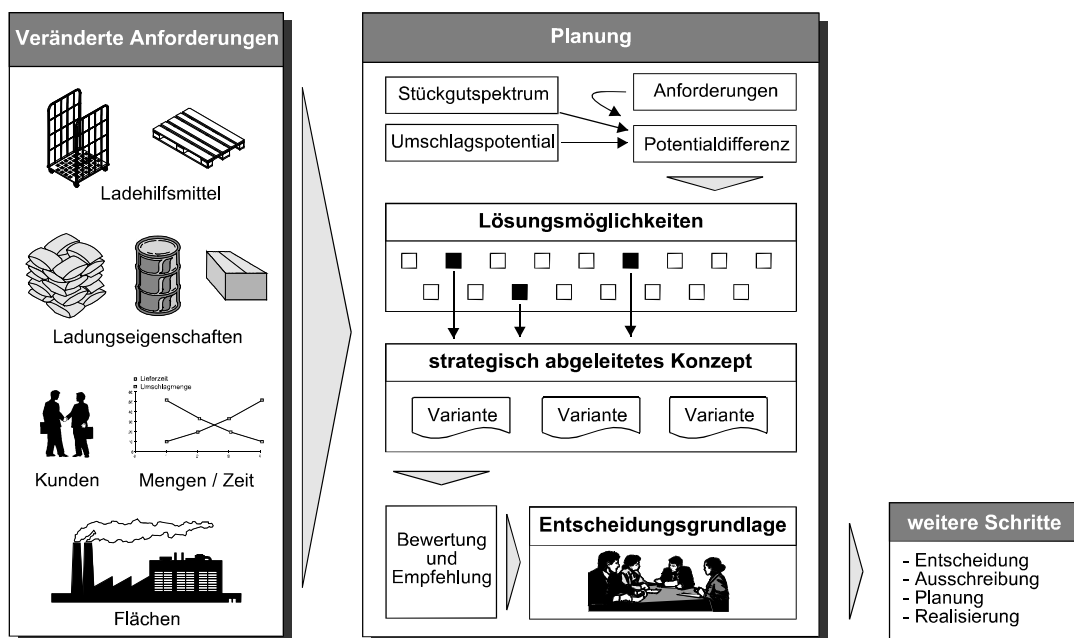


Abb. 2.6: Methodisches Planungsvorgehen (in Anlehnung an [Eve-96])

Durch veränderte Randbedingungen in einem Unternehmen, wie z.B. dem Einsatz neuer oder veränderter Ladehilfsmittel oder dem Abschluß von Verträgen mit Neu-

kunden, können veränderte Anforderungen an die einzusetzende Verladetechnik entstehen. Ein dadurch erforderlicher Planungsprozeß wird initiiert. Ausgehend von den veränderten Anforderungen, dem zu verladenden Stückgutspektrum, dem vorhandenen Umschlagpotential u.v.a. wird zunächst eine vorhandene Potentialdifferenz abgeschätzt. Anschließend werden aus einer großen Anzahl von Lösungsmöglichkeiten mit Hilfe eines strategisch abgeleiteten Konzeptes mögliche Varianten ermittelt. Die Auswahl einer geeigneten Lösung erfolgt auf der Basis der Bewertung alternativer Lösungsvorschläge, die den Zielen der Aufgabenstellung gerecht werden. Im Sinne der Ökonomie des Handels ist es sinnvoll, die Alternativmenge „schnell“ zu verkleinern [Len-94]. Die Bewertung dient dabei im wesentlichen der Entscheidungsvorbereitung. Da in der Praxis u.a. aus Zeitmangel häufig mit einer erheblichen Entscheidungsunsicherheit gearbeitet werden muß, ist es ein erklärtes Ziel, durch mehr und bessere Informationen über Entscheidungsalternativen mit minimalem Aufwand beim Bewerten eine hohe Entscheidungssicherheit zu erreichen [Ehr-95]. Die Lösung bietet den Unternehmen schließlich eine Entscheidungsgrundlage für die nachfolgenden Planungsstufen und die anschließende Realisierung.

Bei der Zieldefinition der Planungssystematik soll zuerst eine weiter oben angesprochene Forderung an den Planungsprozeß wieder aufgegriffen werden. Demnach muß eines der Ziele einer Planungssystematik die „schnelle“ Reduzierung des Lösungshorizontes im Laufe des Planungsprozesses sein (siehe Abb. 2.7).

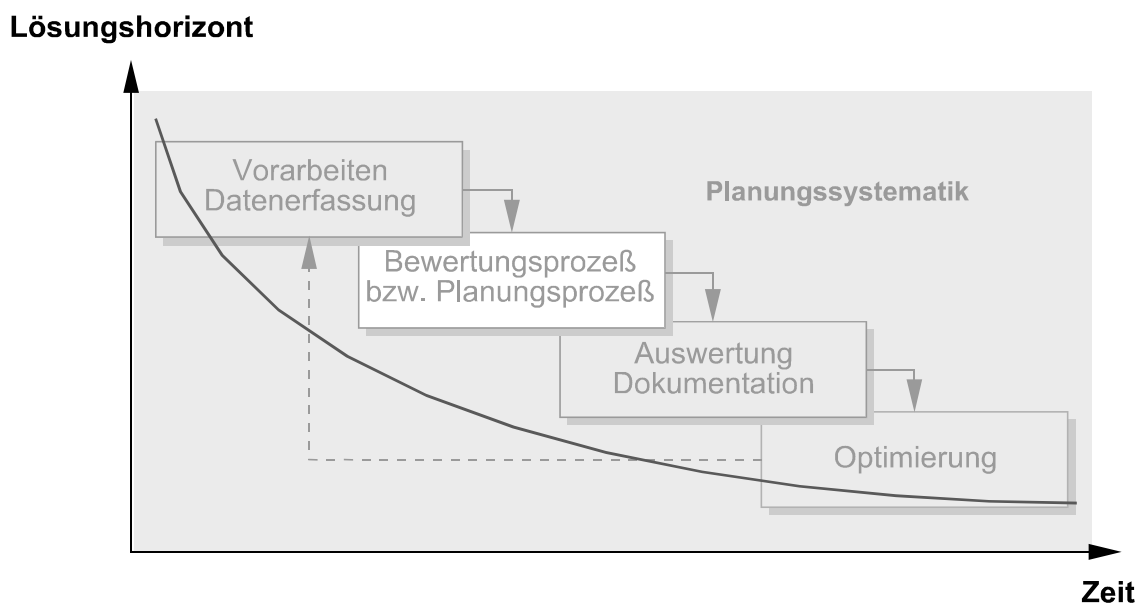


Abb. 2.7: Reduzierung des Lösungshorizontes

Dies geschieht im vorliegenden Planungshilfsmittel während des Planungsschrittes „Bewertung“. Hinter diesem Begriff verbergen sich wiederum mehrere im Planungshilfsmittel implementierte Bewertungsverfahren mit unterschiedlicher Zielsetzung, welche in Kapitel 2.3.3 nochmals beschrieben werden. Die Reduzierung des Lösungshorizontes erfolgt zum einen durch Aussondern vollkommen ungeeigneter Verladetechniken, zum anderen durch die Ermittlung einer Rangfolge der übrigen Lösungsvarianten. Bei Letztgenannten kann der Benutzer die Varianten auf hinteren Rängen aus der Betrachtung ausklammern. Der Lösungshorizont „eins“ ist dann erreicht, wenn letztendlich die Auswahl auf *eine* Verladetechnik fällt.

Eine „schnelle“ Reduzierung des Lösungshorizontes trägt damit auch zur effizienten Erfüllung eines weiteren Ziels, der Forderung nach einer Verkürzung der Planungsdauer, bei. Aber nicht nur im eigentlichen Bewertungsprozeß werden diese Einsparungen erreicht, sondern auch durch die durchgängige Unterstützung des Planungsprozesses von den Vorarbeiten, wie z.B. der IST-Analyse, bis hin zur Auswertung bzw. Dokumentation. Bei einer geeigneten Systematik des Planungshilfsmittels läßt sich dadurch auch eine Vereinfachung des Planungsprozesses erzielen.

Nicht minder wichtig ist die Erhöhung der Planungssicherheit durch die Anwendung einer Planungssystematik, bestehend aus geeigneten Vorgehensweisen, Methoden bzw. Verfahren. In engem Zusammenhang mit der Planungssicherheit steht die Forderung nach einer Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, die wiederum einen Beitrag zur Erhöhung der Planungssicherheit liefert.

Im folgenden soll ein Überblick über die Planungssystematik des beschriebenen Planungshilfsmittels gegeben werden. Die universelle Anwendbarkeit steht bei der Entwicklung stets im Blickpunkt.

2.3.3 Systematik

Die Gestaltung eines Planungshilfsmittels ist im allgemeinen an die individuelle Aufgabenstellung (wie z.B. in [VDI 3589] für die Auswahl eines Flurförderzeuges) und die Randbedingungen des Einsatzbereiches angepaßt. Diese Art der Gestaltung hat den Vorteil einer effizienteren Modellierung des Planungshilfsmittels und zugleich

einer funktionelleren Planung. Auch für das in dieser Arbeit beschriebene Planungshilfsmittel wird diese Vorgehensweise angewendet.

Das Planungshilfsmittel soll dergestalt sein, daß es den Benutzer bei der Planung durchgängig von der Datenerfassung bis zur Entscheidungsvorbereitung unterstützt. Diese problemfeldbezogene Gliederung findet sich ebenfalls in der Planungssystematik wieder. Die in Abb. 2.8 dargestellte Systematik soll die klare Abgrenzung der einzelnen Problemfelder in „Bausteinen“ verdeutlichen.

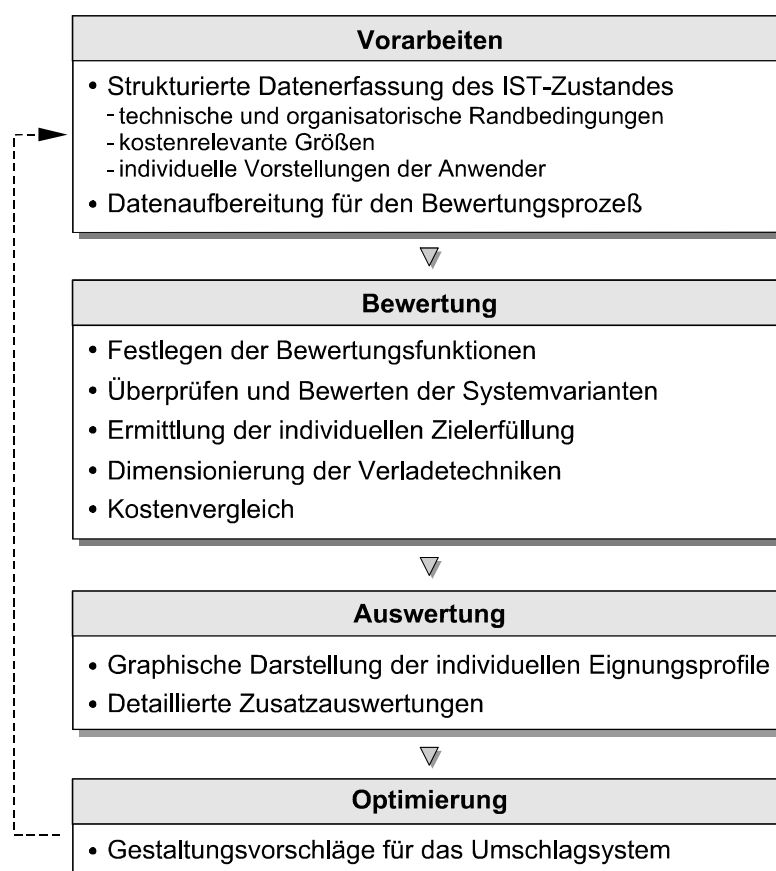


Abb. 2.8: Planungssystematik für eine durchgängige Planungsunterstützung

Zu Beginn jedes Problemlösungsprozesses steht zunächst die Erfassung der Planungsdaten in der IST-Analyse, welche die Grundlage für die weiteren Planungsschritte darstellt [Gün-91]. Es folgen der eigentliche Planungsprozeß, d.h. die Bewertung der einzelnen Lösungsvarianten auf Basis der Randbedingungen und die Auswertung der Planungsergebnisse. Eine Möglichkeit zur Optimierung der Bewertungsgrundlage schließt sich an. Der serielle Ablauf der einzelnen in Abb. 2.8 darge-

stellten Bausteine ist als Schritt auf dem Weg zu einer Entscheidungsvorbereitung zu sehen. Im folgenden soll die Aufgabe der drei Bausteine erläutert und die gewählte Vorgehensweise kurz begründet werden.

Die Datenerfassung erfolgt in Abhängigkeit der drei Problemstellungen, der Ermittlung der technischen Eignung, der Berechnung der situationsabhängigen Kosten und der Berücksichtigung nicht oder nur schwer determinierbarer Forderungen an das Verladensystem. Da nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden darf, daß das zur Beantwortung der im Baustein „Datenerfassung“ erforderliche Wissen in der Person eines Benutzers vereint ist, bietet diese Form der Strukturierung den Vorteil der minimalen Bindung menschlicher Ressourcen. Ist eine Hinzuziehung eines Fachmannes zur Beantwortung spezieller Fragen eines Fragenblockes notwendig, so ist diese auf diese Art auf ein Minimum zu reduzieren.

Nach den Vorarbeiten, d.h. der Ermittlung der für den Bewertungsprozeß notwendigen Daten erfolgt die eigentliche planerische Tätigkeit, die „Bewertung“, zu der Expertenwissen, welches im Planungshilfsmittel implementiert ist, erforderlich ist. Dieser Planungsschritt setzt sich wiederum aus der Anwendung dreier gleichwertiger Verfahren zusammen, die den oben bereits genannten Problemstellungen angepaßt sind (siehe Abb. 2.9).

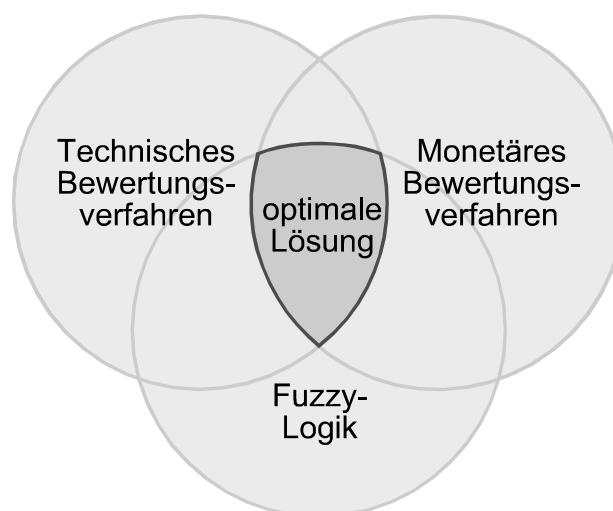


Abb. 2.9: Aufbau des Bausteins „Bewertung“

Während die technische und monetäre Bewertung auf Basis konkreter und eindeutig determinierbarer Bewertungsgrößen durchgeführt wird, liegen bei der Berücksichti-

gung der individuellen Vorstellungen der Anwender häufig sehr „unscharfe“ und vage Eingangsgrößen vor. Aus diesem Grund wird, wie bereits mehrfach erwähnt, die Fuzzy-Logik zur Problemlösung eingesetzt. Aus der Kombination der drei differierenden Verfahren geht eine der Situation bestmöglich angepaßte Lösung hervor.

Eine graphische Aufbereitung der Ergebnisse liefert der Baustein „Auswertung“. Neben der Darstellung der einzelnen Eignungsgrade der Verladetechnik werden Aussagen über Auslastungsgrade der Verladetechnik sowie der Transportmittel, d.h. der Lkws getroffen. Ferner wird durch eine Variation und Darstellung wichtiger auf die Kosten einflußnehmender Größen, wie z.B. einem steigenden Palettenumschlag, die Qualität der Auswertung und damit die Planungssicherheit erhöht. Auf Basis der aufbereiteten Ergebnisse wird die Entscheidungsvorbereitung für die weiteren Planungsphasen und die anschließende Realisierung des Vorhabens forciert.

Neben der Visualisierung der Planungsergebnisse ist die Möglichkeit zur Optimierung der für den Einsatz einer ausgewählten Umschlagtechnik vorhandenen Randbedingungen vorgesehen. Mit Hilfe von Gestaltungsvorschlägen, welche die optimale Ausprägung der bei der Bewertung betrachteten Randbedingungen beschreiben, läßt sich die Eignung des IST-Zustandes für eine Automatisierung verbessern. Der Anwender selbst hat zu entscheiden, ob die Gestaltungsvorschläge für seine Situation sinnvoll erscheinen und mit machbarem Aufwand umgesetzt werden können. Sollte dies der Fall sein, so wird ein Iterationsprozeß in Gang gesetzt und eine auf den geänderten Randbedingungen basierende Neubewertung durchgeführt (siehe Abb. 2.8).

Durch die Bereitstellung eines parallel zu den übrigen Bausteinen existierenden Hilfesystems, welches sowohl bei der Datenerfassung, der Auswahl einer Verladetechnik als auch der Optimierung der Ausgangssituation mittels der Gestaltungsvorschläge eine nützliche Hilfestellung bietet, wird die Planungssystematik abgerundet.

2.4 Softwarekonzept

Die in Abb. 2.8 dargestellte Planungssystematik zur durchgängigen Unterstützung des Anwenders, von der Datenerfassung bis zur Auswertung bzw. Entscheidungs-

vorbereitung, ist im folgenden Schritt in ein Softwarekonzept zu integrieren. Wie die vereinfachte schematische Darstellung in Abb. 2.10 zeigt, erfolgt die Realisierung in Form von einzelnen Modulen. In Anbetracht der geforderten Flexibilität des Planungshilfsmittels und kurzen Planungsauern erscheint diese Entscheidung sinnvoll. So wird bei Änderung einer Bewertungsrandbedingung ein notwendiges Durchlaufen der gesamten Bewertungsverfahren vermieden. Eine Neubewertung ist nur dort erforderlich, wo die geänderte Randbedingung Einfluß auf die Bewertung ausübt. Zudem erhöht sich auf diese Weise die Transparenz des Aufbaus des Rechnerwerkzeuges sowie die Möglichkeit zur unabhängigen Weiterentwicklung.

2.4.1 Softwareauswahl

Um eine hohe Akzeptanz und Anwendbarkeit zu gewährleisten und den Realisierungsaufwand zu reduzieren, ist bei der Umsetzung soweit als möglich Standardsoftware zu verwenden. Hierbei sind die von existierenden Standardsoftwareprodukten angebotenen Funktionalitäten weitestgehend zu nutzen und wo nicht ausreichend, in geeigneter Weise anzupassen bzw. auszubauen. So kann z.B. für die Datenverwaltung der Bewertungsgrößen ein gängiges Datenbankprogramm oder für die Bearbeitung der Berechnungsprozesse ein Tabellenkalkulationsprogramm eingesetzt werden. Grundlegende Funktionalitäten der Dokumentation, wie z.B. das Erstellen von Berichten sind in Datenbankprogrammen bereits vorgesehen und können mit kleineren Anpassungsmaßnahmen übernommen werden. Hierbei zeigt sich ein weiterer Vorteil des modularen Konzeptes, denn auf diese Weise kann eine optimale Ausnutzung der softwarespezifischen Ressourcen der eingesetzten Standardsoftware ermöglicht werden.

Um die Aufgaben der einzelnen Module nochmals zu verdeutlichen folgt im Anschluß eine kurze Beschreibung. Die einzelnen Module entsprechen hierbei im wesentlichen den einzelnen Planungsschritten bzw. -aufgaben. So werden die zur Bewertung der Ausgangssituation notwendigen Daten im Datenerfassungs-Modul ermittelt und im Datenbank-Modul abgelegt und verwaltet (vgl. Kapitel 2.4.2). Um den Speicherbedarf möglichst gering zu halten, werden Kalkulationsergebnisse temporär gespeichert, da sie mit Hilfe der technischen und Kostenparameter jederzeit reproduzierbar sind. Die technische und monetäre Bewertung mit Hilfe von zum Teil sehr komplexen Berechnungsalgorithmen erfolgt im Kalkulations-Modul. Die Ermittlung der Zugehö-

rigkeitsgrade der Verladestysteme zu den vagen Forderungen der Anwender erfolgt gesondert im Fuzzy-Modul. Die Auswertung und Dokumentation der Bewertungsergebnisse bzw. möglicher zusätzlicher Auswertungen wird im Dokumentations-Modul realisiert. Ein Hilfe-Modul bietet schließlich eine umfangreiche Unterstützung bei den einzelnen Planungsschritten.

Der erforderliche Datenaustausch zwischen den Modulen erfolgt über die von der jeweiligen Standardsoftware zur Verfügung gestellten Schnittstellen bzw. über den Benutzer selbst. In der Darstellung des Softwarekonzeptes (siehe Abb. 2.10) ist er in Form von Pfeilen dargestellt.

Die für die Erstellung des Planungshilfsmittels notwendige Wissensbasis ist u.a. in Form von komplexen Regelwerken im Kalkulations-Modul und Fuzzy-Modul aber auch in Form technischen Fachwissens im Hilfe-Modul hinterlegt. Zur Ermittlung dieses Erfahrungs- bzw. Fachwissens sei auf [Gün-00] verwiesen.

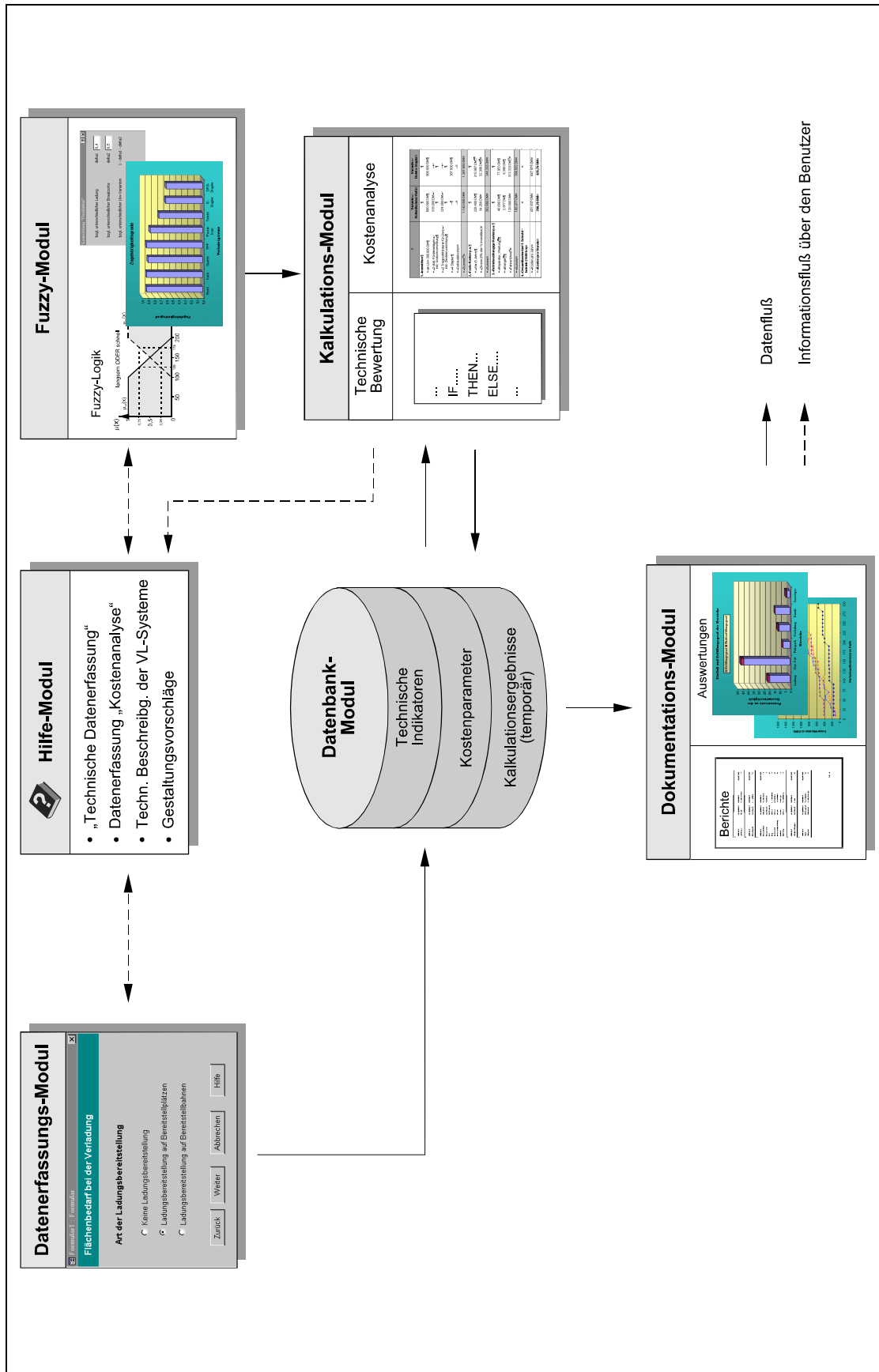


Abb. 2.10: Vereinfachte schematische Darstellung des Softwarekonzeptes

2.4.2 Datenbankunterstützung

Datenbanksysteme besitzen heutzutage sehr häufig eine zentrale Rolle in vielen EDV-Systemen (vgl. auch Abb. 2.10). Sie werden zur Verwaltung und Pflege großer Datenmengen eingesetzt. Eine der gebräuchlichsten Datenbanksysteme sind die relationalen Datenbanksysteme. Sie speichern die Informationen in untereinander verknüpften Tabellen (siehe Abb. 2.11) ab. Der Datenzugriff auf die Inhalte dieser Tabellen kann mit Hilfe der Structured Query Language (SQL) sehr effizient und damit auch sehr schnell gesteuert werden.

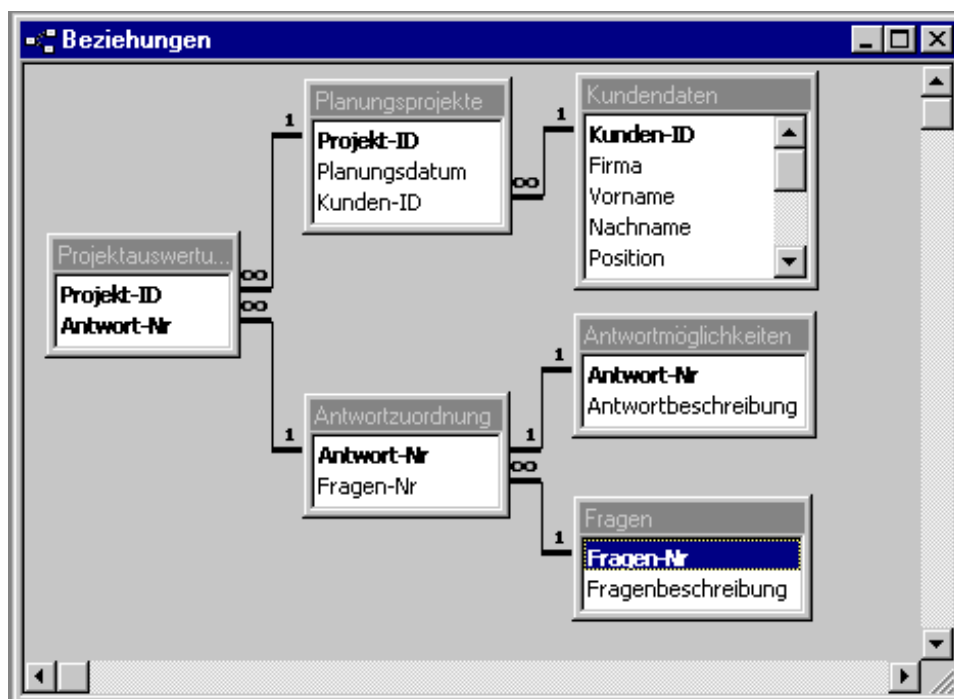


Abb. 2.11: Datentabellen des Datenbankmoduls

Da mittels SQL-Abfragen festgelegt wird, was und nicht wie abgefragt werden soll, benötigt der Benutzer keine detaillierten Informationen über Datenbanken. Dieser Vorteil kommt dem postulierten Ziel der einfachen Anwendbarkeit des Planungshilfsmittels sehr entgegen. Zudem wird es dem Benutzer ermöglicht, jederzeit auf einmal entstandene Daten zugreifen zu können. Hierdurch kann sowohl der Aufwand der mehrfachen Eingabe, der bei mehreren Planungsdurchgängen in der Grobplanungsphase notwendig würde, als auch die damit verbundene Fehleranfälligkeit verringert werden. Dies wiederum kommt einer Erhöhung der Planungssicherheit und einer Reduzierung der Planungszeit zugute.

Um eine durchgängige Unterstützung des Planers im Planungsprozeß gewährleisten zu können, ist ein Datenaustausch zwischen dem Datenbankmodul und den übrigen Softwaremodulen, wie z.B. dem Kalkulations-Modul (siehe Abb. 2.10), zu ermöglichen. Erreicht wird dieser Austausch über eine ODBC-Schnittstelle (Open Database Connectivity), die eine einheitliche Datenbankschnittstelle unter Windows darstellt. Hierzu werden die jeweils erforderlichen Datensätze aus der Datenbank exportiert und dabei überprüft, ob die Datenkonsistenz gewährleistet ist. Der Benutzer ist hierbei in der Lage, selbständig zu entscheiden, welchen Datensatz er als Grundlage für die weiteren Planungsstufen (Auswertung) einlesen möchte. Somit können auch sehr effizient, d.h. zeitoptimiert, neue Planungsvarianten auf Basis bestehender Datensätze bewertet werden.

3 Realisierung des Planungshilfsmittels

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Grundlagen für die Realisierung des Planungshilfsmittels gelegt. Hierauf aufbauend sollen nun die bei einem Planungsprozeß zu durchlaufenden Schritte eingehender diskutiert und die Umsetzung im rechnergestützten Planungswerkzeug detaillierter betrachtet werden. Die Reihenfolge der Darstellung (siehe Tab. 3.1) lehnt sich an die in Kapitel 2.3 in der Planungssystematik beschriebene Vorgehensweise an.

Tab. 3.1: Zuordnung der Planungsschritte zu den Planungsstadien

Planungsstadium	Planungsschritt	Kapitel
Vorarbeiten	• Strukturierte Datenerfassung	3.1
Bewertung	• Technische Eignungsbewertung	3.2
	• Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	3.3
	• Fuzzy-Bewertung	3.4
Auswertung	• Ergebnisdarstellung	3.5
Optimierung	• Iterativer Optimierungsprozeß	3.6

Neben der Datenerfassung werden die Technische Bewertung, die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und der Einsatz der Fuzzy-Logik erläutert. Im Anschluß daran wird die Darstellung der Ergebnisse sowie die Erläuterung des Optimierungsprozesses, der gegebenenfalls der Auswertung folgt, beleuchtet. Die Beschreibung der beabsichtigten Umsetzung der Planungsergebnisse in Kapitel 3.7 schließt Kapitel 3 ab.

3.1 Strukturierte Datenerfassung

Die Auswahl von Verladesystemen wird wesentlich durch die Randbedingungen der Einsatzumgebung bestimmt. Bei einem universell einsetzbaren Planungshilfsmittel kann jedoch nicht von einer standardisierten Einsatzumgebung und somit einheitlichen Randbedingungen ausgegangen werden. Die Folge sind eine Vielzahl an un-

terschiedlichen Bewertungskriterien, welche die Basis für den anschließenden Bewertungsprozeß bilden. Diese Kriterien gilt es in mehreren Arbeitsschritten zu ermitteln. Nach einer Sammlung möglicher Einflußgrößen sind diese durch Vergleich und Abgleich in Arbeitsgesprächen mit Verladern und Herstellern in mehreren iterativen Schritten zu überprüfen und zu verifizieren. Ferner sind untergeordnete Größen von wichtigen zu trennen und gegebenenfalls bei einer Aufnahme in die Bewertungsmethodik auszuschließen. Eine Ermittlung der Gewichtungen der relevanten Parameter dient schließlich als Grundlage für die Generierung der Bewertungsalgorithmen. In [Gün-00] wird auf die beschriebene Problematik und Vorgehensweise bei der Ermittlung der Bewertungskriterien ausführlich eingegangen.

Im folgenden wird der Schwerpunkt nicht auf die Ermittlung der Bewertungsparameter, sondern deren Einbindung bzw. Umsetzung in ein rechnerunterstütztes, strukturiertes Datenerfassungs-Modul gelegt.

Die Erfassung des IST-Zustandes als Grundlage der anschließenden Bewertung stellt bei der teilweise großen und unübersichtlichen Datenfülle hohe Anforderungen an den Planer. Neben negativen Auswirkungen auf die Vollständigkeit und Qualität der IST-Daten, die u.a. durch Zeitdruck bei der Planung hervorgerufen werden können, ist eine Überforderung des mit der Auswahl einer Verladetechnik beauftragten Planers auf Grund der Datenfülle nicht auszuschließen. Aber gerade bei vorgegebenen Anfangsbedingungen mit eingeschränkten Freiheiten bei der Planung ist es notwendig, eine hinreichende und korrekte Erfassung der Ausgangssituation sicherzustellen.

Aus den genannten Gründen erscheint es sinnvoll, eine systematische Gliederung der Einflußgrößen zu erstellen. Mögliche Fehlerquellen bei der Analyse des IST-Zustandes lassen sich durch eine Vorgabe der abzufragenden Einflußparameter mit Hilfe einer Software nahezu ausschließen. Ein weiterer bereits erwähnter positiver Nebeneffekt, den eine Rechnerunterstützung mit sich bringt, ist eine Reduzierung der Datenerfassungs- und damit Planungsdauer.

Wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben und begründet, läßt sich ein vereinfachtes Modell des Untersuchungsbereiches aus sechs „Bausteinen“ erstellen. Hierzu zählen neben den physischen Bausteinen des Umschlagsystems wie z.B. den stationären Seiten der Be- und Entladung oder der Ladung auch die Funktionsbeschreibung des

Umschlagens bzw. des Transportes der Ladeeinheiten. Diese Einteilung wird hier wieder aufgenommen. Die Aufgabe dieser Systematik besteht darin, die Vielzahl der in den Bewertungsprozeß einfließenden Merkmale zu strukturieren und ein möglichst ökonomisches Vorgehen bei der Datenerfassung zu ermöglichen. Ein Hinzuziehen von Fachleuten für die Beantwortung einzelner Fragenkomplexe kann so auf ein zeitliches Minimum reduziert werden.

Neben den grundlegenden Bausteinen, den sogenannten Hauptgruppen, erfolgt eine weitere Untergliederung in Untergruppen, bis hin zu der Stufe der eigentlichen Einflußgrößen. Diese Art der Vorgehensweise erhöht zum einen die Transparenz der auf den Auswahlprozeß einflußnehmenden Parameter, zum anderen erleichtert sie die Sicherstellung einer vollständigen Datenerfassung.

Da die Einsatzumgebung wie bereits erwähnt sehr wesentlich die Auswahl einer Umschlagtechnik beeinflusst, werden sehr detailliert Fragen zu den einzelnen Teilbereichen gestellt. Folgende beispielhafte Auflistung einiger Bewertungsparameter aus den verschiedenen Hauptgruppen soll einen Einblick in den Detaillierungsgrad der Datenerfassung bieten:

- Flächenabmaße der Ladeeinheiten,
- Form der Ladeeinheiten,
- Bodeneigenschaften vor der Verladestelle,
- Art des Fuhrparks und Zuständigkeit,
- Zuweisung der Ladungen auf Verladetore,
- einzuhaltende Beladereihenfolge,
- Rückführung von Leergut,
- Anzahl der Verladestops je Tour
- u.v.a.

Diese und weitere Einflußgrößen werden vom Anwender in Dialogmasken systematisch abgefragt. Zu jeder Frage werden dem Nutzer des Planungshilfsmittels mehrere Antwortmöglichkeiten, die sogenannten Ausprägungen einer Einflußgröße, zur Auswahl gestellt. Die Datenerfassung mittels Dialogfenstern soll eine wertungsfreie Aufnahme der Randbedingungen der verladenden Unternehmen ermöglichen. Nach

dem Markieren der jeweiligen für seinen Anwendungsfall zutreffenden Antwort werden die ermittelten Daten in eine Datenbankdatei übertragen und gespeichert (siehe hierzu auch Abb. 2.10). Ein Zugriff auf die Daten eines bestimmten Rechenlaufes ist jederzeit möglich. Ändern sich die Randbedingungen für die Planung, so kann aufbauend auf einer beliebigen Vorgängervariante, ein neuer Datenerfassungslauf gestartet werden. Die neuen Daten lassen sich unter Angabe eines neuen Dateinamens analog abspeichern.

Da je nach Ausgangssituation der Unternehmen nicht die zeitintensive Beantwortung des kompletten Fragenkataloges für die Bewertung notwendig ist, ist die Integration eines „Assistenzsystems“ sinnvoll. Dieses überprüft die bei den jeweiligen Dialogen ausgewählten Antworten und schlägt in Abhängigkeit der selektierten Antworten einen separaten Analyseweg ein (siehe Abb. 3.1).

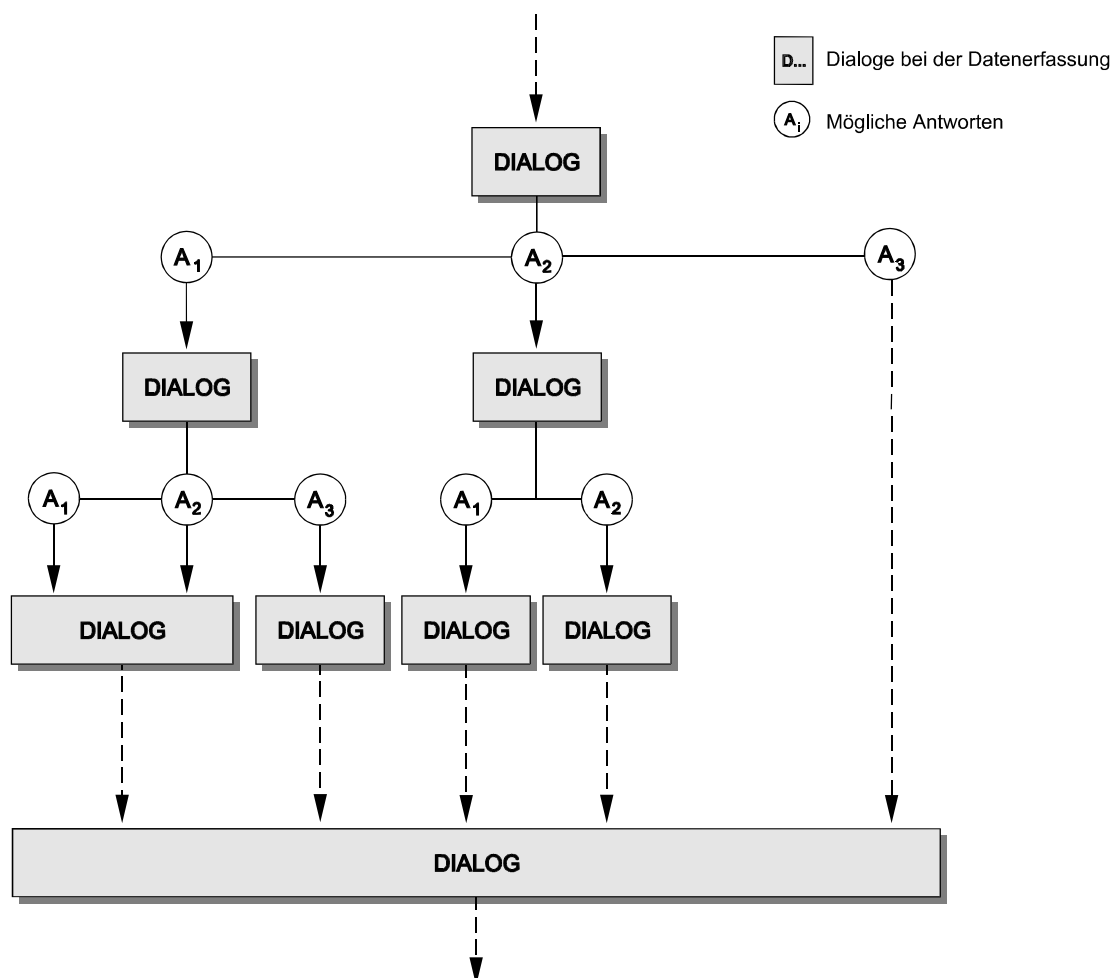


Abb. 3.1: Vorgehensweise bei der Datenerfassung

Durch Hinterlegen gesammelten Erfahrungswissens in den Datenerfassungsvorgang kann der Anwender somit von der mühsamen Routinetätigkeit der IST-Analyse zu einem größtmöglichen Anteil entlastet werden. Eine Konzentration des Planers auf andere Tätigkeiten im Planungsprozeß wie z.B. der Festlegung der gewünschten Eigenschaften der Verladetechnik (siehe Kapitel 3.4) oder den iterativen Optimierungsprozeß (siehe Kapitel 3.6) wird hierdurch ermöglicht. Verständnisprobleme, die beim Datenerfassungsvorgang auftreten können, sollen durch die Generierung und anschließende Implementierung eines selbsterklärenden Hilfesystems in das Planungshilfsmittel reduziert werden. Fragenspezifische Erläuterungen zu den Dialogen dienen als Wissensspeicher und konkretisieren bzw. verdeutlichen die Fragestellung.

Durch eine Darstellung des aufgenommenen IST-Zustandes in Form von Berichten, kann eine Weitergabe der Ausgangsdaten an Herstellerfirmen automatisierter bzw. mechanisierter Verladetechniken für Ausschreibungen und Detailplanungen ermöglicht werden und dient zugleich als Hilfsmittel für weitere Alternativplanungen. Fehlende Dokumentationen der Ausgangssituation bzw. Anforderungen führen zu Wiederholaufgaben und einem hohen Mehraufwand. Oft lassen sie sich nur noch teilweise rekonstruieren, was einen komplett neuen Datenerfassungsvorgang erfordert.

3.2 Technische Eignungsbewertung

Die unterschiedlichsten Ausgangssituationen der Unternehmen und die mittlerweile erreichte Vielfalt der auf dem Markt verfügbaren differierenden Verladesysteme ergeben hohe Anforderungen an die Auswahl eines dieser Systeme. Bei der Entscheidung für eine bestimmte Umschlagtechnik, welche abhängig vom individuellen Anwendungsfall ist, sind u.a. folgende Aspekte zu berücksichtigen.

Jede Vorgehensweise zur Auswahl einer Materialflußtechnik weist eine technische und eine kaufmännische Komponente auf. Ist der Nachweis der Wirtschaftlichkeit zu einem hohen Maß strukturiert und formalisiert, so werden die technischen und leistungsmäßigen Anforderungen noch häufig in Gesprächen zwischen Anbieter und Anfrager erörtert, wobei auf eine strukturierte Zusammenstellung der Anforderungen verzichtet wird [Bäu-98].

Diese Art des Vorgehens beinhaltet aber die Gefahr, daß zum einen Mißverständnisse zwischen den Parteien auftreten können, zum anderen bei den unterschiedlichen Anbietern differierende Anforderungen gestellt werden. Die Folge sind unter Umständen nichtvergleichbare Angebote von Verladetechniken. Dies wiederum führt zu Wiederholaufgaben und Mehraufwand. Die Lösung hierfür ist eine standardisierte und zugleich nachvollziehbare Methodik zur Erfassung der Ausgangssituation sowie eine Bewertungssystematik, die den gestellten Anforderungen gerecht wird.

3.2.1 Wechselwirkungen zwischen den Einflußgrößen

Grundlage einer Bewertungssystematik sind die auf den Bewertungsprozeß einwirkenden Einflußgrößen. Diese müssen für eine sichere und zielgerichtete Entscheidung mit ihren jeweiligen Ausprägungen² genau geklärt werden. Um der Forderung nach einem universellen Planungshilfsmittel gerecht zu werden, ergibt sich bei dem vorliegenden Anwendungsfall der Eignungsbewertung, bei dem von einer sehr großen Anzahl unterschiedlicher Ausgangssituationen ausgegangen werden muß, folglich auch eine Vielzahl an Bewertungsindikatoren.

Besonders bei einer größeren Anzahl an Kriterien ist jedoch davon auszugehen, daß die Einflußgrößen in mehr oder minder hohem Maße voneinander abhängig sind. Die Einflußgrößen beeinflussen sich also teilweise gegenseitig. Hieraus ergibt sich ein Geflecht an Abhängigkeiten, welches ausschnittsweise und in abstrahierter Form in Abb. 3.2 dargestellt ist. Diese Abhängigkeiten sind in einem ersten Schritt zu erkennen und anschließend in geeigneter Art und Weise in der Bewertungsmethodik zu berücksichtigen.

Wie in Abb. 3.2 ersichtlich, wird eine Unterscheidung bei den Einflußgrößen vorgenommen. Neben den nicht näher definierten „normalen“ Einflußgrößen, die eine Hilfe zur Konkretisierung der Basiskriterien darstellen, gibt es die sogenannten Basiskriterien oder Haupteinflußgrößen. Eine Gewichtung der Einflußgrößen durch diese Unterscheidung ist nicht erwünscht und wird auch nicht durchgeführt. Zweck dieser Differenzierung ist lediglich die Vermeidung einer nicht beabsichtigten Doppelbe-

² Unterschiedliche Antwortmöglichkeiten je abgefragter Einflußgröße werden als Ausprägungen bezeichnet.

wertung einzelner miteinander verknüpfter Größen. Im Datenerfassungsprozeß werden folglich auch sämtliche Kriterien erfaßt. Lediglich bei der Bewertung und beim anschließenden Auswertungs- bzw. Dokumentationsprozeß wird eine Unterscheidung vorgenommen. In der abschließenden Dokumentation der Bewertungsergebnisse wird ausschließlich die Eignung der Basiskriterien dokumentiert und dargestellt. Jedoch lassen sich durch Betrachtung der zu den jeweiligen Basiskriterien vorhandenen Gestaltungshilfen (siehe Kapitel 3.6) auch Rückschlüsse auf die optimale Gestaltung der übrigen Einflußgrößen ziehen.

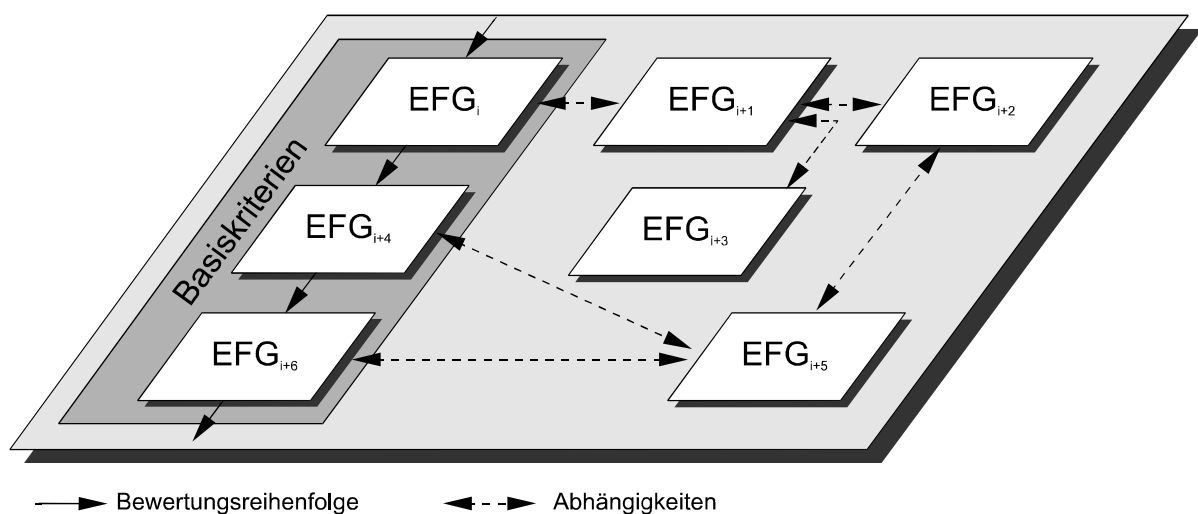


Abb. 3.2: Vernetzung der Einflußgrößen

Während des Bewertungsprozesses werden den Basiskriterien Zielwerte zwischen „sehr gut geeignet“ bis „sehr schlecht geeignet“ (vgl. auch Abb. 3.3) für ein Verlade-system vergeben. Gegebenenfalls wird auch die Wertung „K.-o.-Kriterium“ verteilt. Dieser Bewertungsschritt wird in Abhängigkeit der Ausprägungen der „normalen“ Einflußgrößen vorgenommen.

Aufgrund der verschiedenen möglichen Ausprägungen einer Einflußgröße resultiert eine immense Anzahl an unterschiedlichen Bewertungssituationen und hiermit auch Bewertungskombinationen die in den Bewertungsalgorithmen zu berücksichtigen sind.

3.2.2 Wissensbasierte Bewertungssystematik

Wie sich aus einer kritischen Diskussion der bestehenden Verfahren ergeben hat, ist keines dieser für den vorliegenden Anwendungsfall unverändert anwendbar. An dieser Stelle sei auf das Verfahren der Nutzwertanalyse verwiesen, bei dem bei der Aufstellung des Zielsystems die Teilziele weitestgehend unabhängig sein müssen. Das heißt, es muß gewährleistet sein, daß die Erfüllung eines Teilziels für sich alleine und nicht erst in Verbindung mit der Erfüllung eines anderen Teilziels einen Beitrag zum Gesamtnutzen der Alternative liefert [Len-94].

Aus diesem Grund wurde basierend auf bereits bestehenden Bewertungsverfahren eine neue wissensbasierte und hierarchisch aufgebaute Methodik entwickelt (siehe Abb. 3.3 und Abb. 3.4), die für den speziellen Anwendungsfall der Auswahl eines Verladesystems angepaßt und optimiert wurde. Sie weist von der Systematik her zu der vorher erwähnten Nutzwertanalyse die größten Ähnlichkeiten auf.

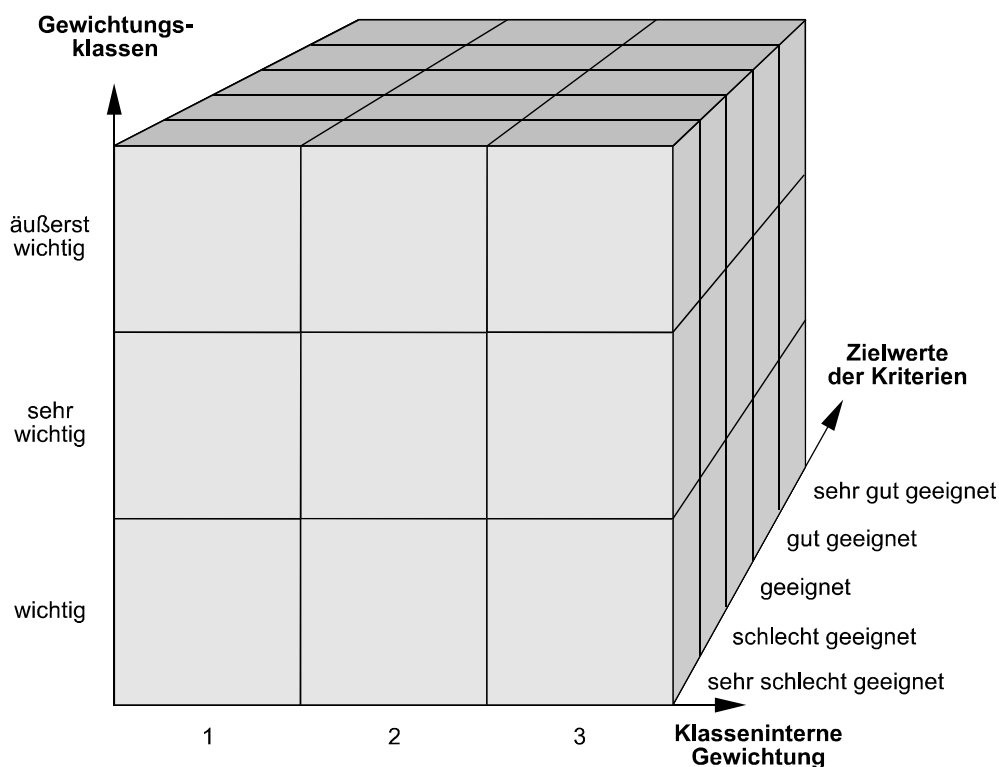


Abb. 3.3: Hierarchische Gliederung der Bewertungskriterien

Im Gegensatz zur Nutzwertanalyse, die eine starre Einteilung der Bewertungskriterien in Ober-, Zwischen- und Teilziele vornimmt, ist diese bei der entwickelten Systeme-

matik abhängig vom bewerteten Verladenessystem. Dies bedeutet, daß die Struktur und damit die Stellung der Bewertungskriterien oder Einflußgrößen in der Hierarchie abhängig vom jeweiligen Verladenessystem ist. Wird zudem berücksichtigt, daß die Einflußgrößen im vorliegenden Fall miteinander vernetzt sind, so wird der Vorteil des entwickelten Bewertungsverfahrens mit dynamischer Festlegung der Gewichtungsfaktoren im Gegensatz zur Nutzwertanalyse mit starrer Festlegung sehr deutlich.

Ein weiterer sehr wichtiger Unterschied zwischen den gängigen und dem entwickelten Bewertungsverfahren ist die Art der Festlegung der Gewichtungsfaktoren. Während bei den üblichen Verfahren der Anwender selbst über die Gewichtung und Zielerfüllung eines Bewertungskriteriums zu entscheiden hat, übernimmt im vorliegenden Fall das im Planungshilfsmittel in Form eines komplexen Regelwerkes implementierte Expertenwissen diese Aufgabe (siehe Abb. 3.4). Hierdurch wird das Hauptziel der wissensbasierten Bewertungssystematik, dem Anwender die beurteilenden Tätigkeiten weitestgehend abzunehmen und auf die analysierenden Tätigkeiten zu reduzieren, erreicht.

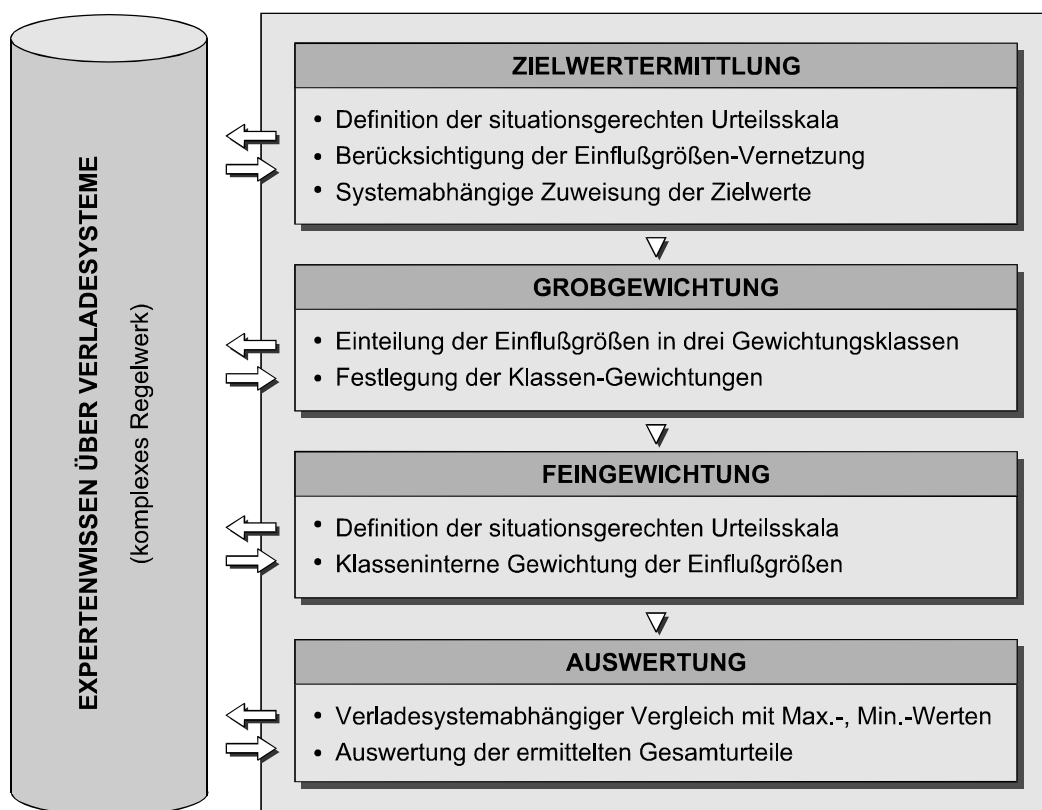


Abb. 3.4: Schematische Darstellung der Bewertungssystematik

Die Gewichtungsfaktoren wurden in Arbeitsgesprächen mit unterschiedlichen Verladern und Herstellern festgelegt und in mehreren Runden wiederholt geprüft, es besteht aber auch die Möglichkeit diese zu ändern.

Die Eignungsbewertung der gegebenen Ausgangssituation erfolgt in Analogie zu den in Abb. 3.3 dargestellten drei Hierarchieebenen in drei Bewertungs- sowie einem anschließenden Auswertungsschritt (siehe Abb. 3.4). Zu nennen sind:

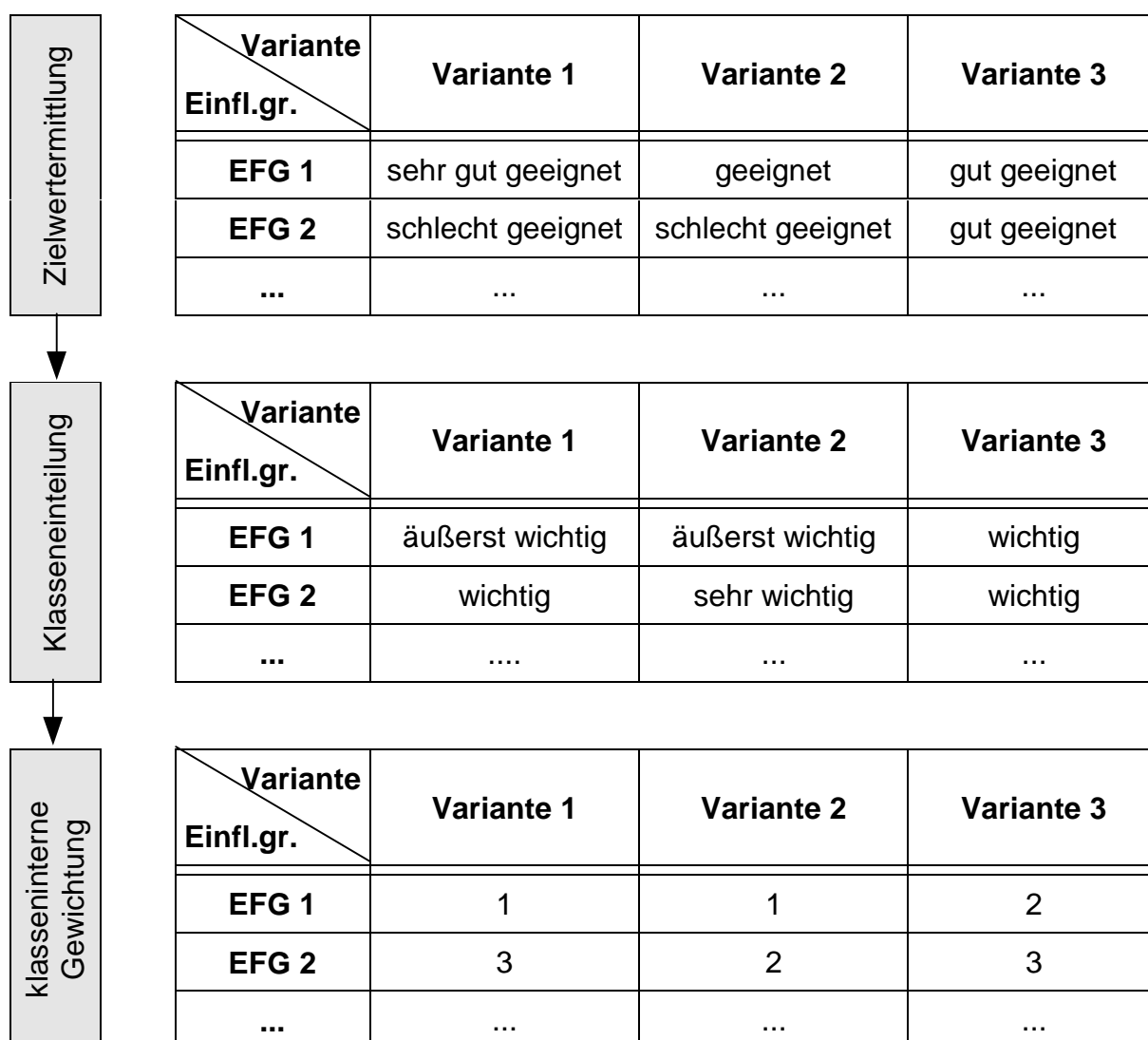
- die Zielwertermittlung,
- die Grobgewichtung,
- die Feingewichtung und
- die Auswertung.

Im ersten Schritt der Eignungsbewertung, der sogenannten Zielwertermittlung, werden den Ausprägungen der betrachteten Einflußgrößen Urteile für deren Eignung bezüglich eines Verladensystems zugesprochen. Diese Urteile werden üblicherweise mit verbalen Prädikaten wie z.B. „sehr gut“, „gut“ usw. umschrieben, die im Bewertungsalgorithmus Punktwerten entsprechen. Für die Zielwertermittlung werden grundsätzlich fünf Eignungsprädikate unterschieden. Demnach steht die Bandbreite der Prädikate von „sehr schlecht geeignet“ bis „sehr gut geeignet“ zur Verfügung. Zudem kann bei Ausprägungen einiger Einflußgrößen noch das Prädikat „nicht geeignet“ vergeben werden, was einem K.-o.-Kriterium entspricht. In diesem Schritt wird eine grundsätzliche Aussage zur Eignung der Ausprägungen einer Einflußgröße gemacht, eine Gewichtung erfolgt an dieser Stelle nicht. Abhängigkeiten zwischen einzelnen Einflußgrößen werden wie bereits erwähnt schon an dieser Stelle berücksichtigt.

Da im ersten Schritt ausschließlich grundsätzliche Urteile über die Eignung der jeweiligen Einflußgrößen gemacht wurden, aber nicht betrachtet wurde, inwieweit die einzelnen Indikatoren Einfluß auf das Gesamturteil ausüben, ist es erforderlich, eine Gewichtung der Einflußgrößen durchzuführen. Im vorliegenden Fall wird eine zwei-stufige Gewichtung der Bewertungskriterien mit jeweils drei Urteilen vollzogen. Dies vereinfacht zum einen die Festlegung der Gewichtungsfaktoren und macht sie transparenter, zum anderen ist die Struktur flexibler für Anpassungen als eine einstufige Bewertung mit neun möglichen Urteilen. Diese Vorgehensweise korreliert zu der allgemein üblichen Auflösung von Urteilsskalen, die je nach Situation drei bis fünf

mögliche Urteile zuläßt [Len-94]. Die erste Stufe der Gewichtung, also das Zuordnen von Bewertungskriterien zu den drei Gewichtungsklassen wird hierbei als Grob- gewichtung, die zweite Stufe, d.h. die „klasseninterne“ Festlegung der Gewichte als Feinbewertung bezeichnet. Die verbalen Urteile der Gewichtungsklassen „äußerst wichtige“ Einflußgrößen bis „wichtige“ Einflußgrößen entsprechen im Berechnungs- algorithmus einem mathematischen Wert. Das Gesamtgewicht der Gewichtungs- klassen beträgt 100 %. Die 100 % Gewicht je Gewichtungsklasse werden in der Feingewichtung wieder auf die untergeordnete Gewichtungsebene verteilt. In Tab. 3.2 wird die Vorgehensweise bei der Bewertung nochmals schematisch dargestellt.

Tab. 3.2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Bewertung



Die Klasseneinteilung der Einfluß- bzw. Bewertungskriterien erfolgt dabei unabhängig von der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Zuordnung zu den sechs Bausteinen des Umschlagsystems. Auf diese Art und Weise läßt sich eine ungewollte Gewichtung der Bausteine, die von der Anzahl der Kriterien pro Baustein abhängen würde, vermeiden.

Um ein Gesamturteil für die gegebene Ausgangssituation aussprechen zu können, ist es erforderlich, einen Vergleich der ermittelten mit der abhängig vom Verladesytem maximal möglichen Gesamtpunktzahl durchzuführen. Hierzu wird über alle Einflußgrößen die Summe aus den Produkten des numerischen Zielwertes der jeweiligen Einflußgröße und deren Absolutgewicht gebildet. Das Absolutgewicht einer Einflußgröße wiederum läßt sich aus dem Produkt des Absolutgewichtes der Klasse dem das Bewertungskriterium zugehört und dessen Relativgewicht der klasseninternen Gewichtung errechnen. Anschließend kann der erreichte Prozentsatz der Variante ermittelt werden (Erfüllungsgrad oder Eignungsgrad). Dieser läßt sich wiederum in ein Prädikat transferieren. Als Vorschlag kann in Anlehnung an [VDI-2225] ein erreichter Prozentsatz von größer 80 % als „sehr gut geeignet“, ein Prozentsatz von 70–80 % als „gut geeignet“ und einer zwischen 60–70 % als „befriedigend“ geeignet definiert werden. Der Vorteil der Normierung auf Basis des erreichten Prozentsatzes der Variante ist die Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Bewertungen.

Um dem Anwender eine aussagekräftigere Darstellung der Eignung seiner Situation für eine Automatisierung zu ermöglichen, werden im letzten Schritt die berechneten Eignungsgrade wieder auf die sechs Bausteine des Umschlagsystems aufgesplittet und umgerechnet.

3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zur Bewertung der Eignung einer Verladetechnik für eine individuelle Ausgangssituation müssen, wie bereits angesprochen, neben technischen auch wirtschaftliche Gesichtspunkte betrachtet werden. Da neben den technischen Kriterien vor allem auch die Kosten ein entscheidender Faktor bei der Auswahl und Bewertung einer Verladetechnik sind, ist es eine Hauptforderung, die gestellte Umschlag Aufgabe mit einem Minimum an Kosten zu erfüllen. Bevor die Kosten berechnet werden, ist zu-

nächst ein Überblick über die verschiedenen Kostenarten zu erstellen. In Abb. 3.5 ist eine mögliche Unterteilung der Gesamtkosten dargestellt.

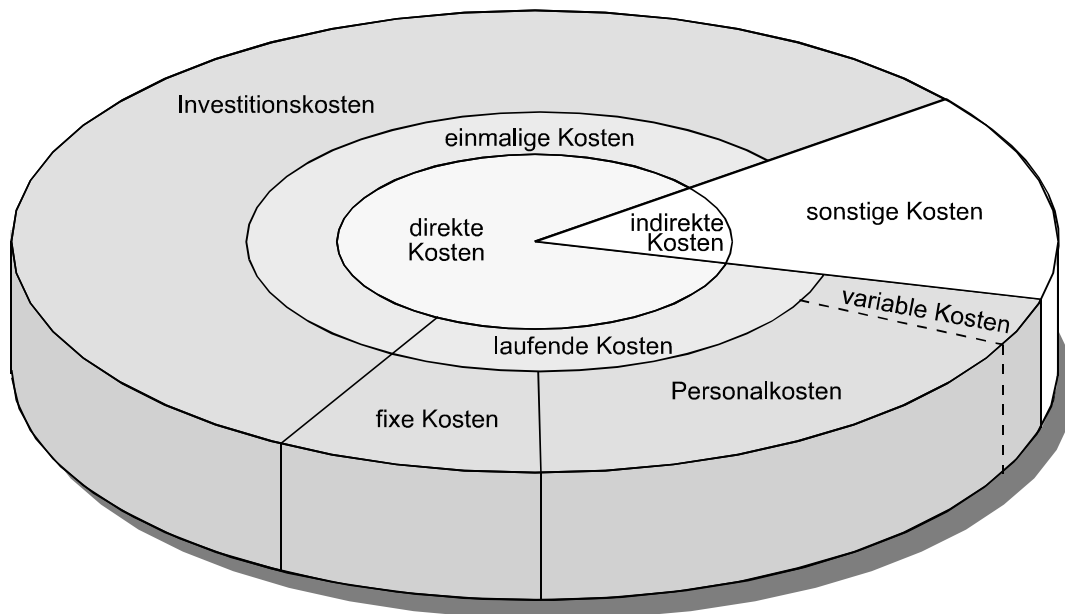


Abb. 3.5: Kostenarten für Verladetechniken

Die Personalkosten sind aufgrund ihrer großen Bedeutung gesondert aufgeführt, es erfolgt aber eine Zurechnung zu den variablen Kosten. Unter indirekten sonstigen Kosten werden Kosten verstanden, die bei nicht ordnungsgemäßer Erfüllung der Umschlag Aufgabe z.B. durch Beschädigung entstehen. Eine quantitative Aussage ist aus obiger Abbildung jedoch nicht zu entnehmen. Zu den fixen Kosten zählen die Abschreibungen und Zinsen, wohingegen unter variablen Kosten die Betriebs- und Reparaturkosten zu verstehen sind.

Für die vergleichende Ermittlung der Kosten der einzelnen Verladetechniken werden im folgenden nur noch direkte Kosten (siehe auch Abb. 3.5) betrachtet. Diese werden, wie bereits im vorangegangenen Kapitel dargelegt, in fixe Kosten und variable, d.h. betriebsabhängige Kosten unterteilt.

Die in die Kostenvergleichsrechnung einfließenden Kostenarten setzen sich wiederum aus verschiedensten Parametern zusammen. Abb. 3.6 gibt einen Überblick über diese Parameter.

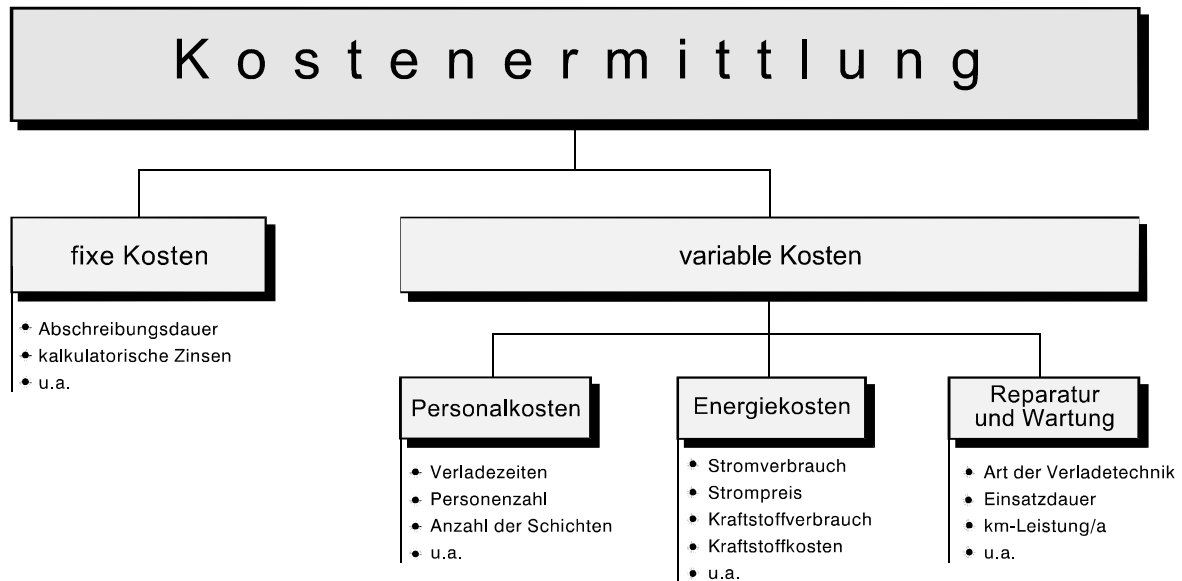


Abb. 3.6: Einflußparameter bei der Kostenermittlung

Bei der Ermittlung der Kosten wird von den tatsächlich durch die Verladung hervorgerufenen Kosten ausgegangen, d.h. Kosten die durch Personal entstehen, welches gerade nicht mit der Be- bzw. Entladung eines Fahrzeuges beschäftigt ist, werden nicht der Verladung zugerechnet. Dieses Personal kann zu anderweitigen Aufgaben wie Kommissioniertätigkeiten, Verwaltungstätigkeiten etc. herangezogen werden, was einem effizienten Personaleinsatz im Umschlagbereich entspricht. Auf diese Art und Weise lassen sich in erhöhtem Maße Rationalisierungspotentiale ausschöpfen. Die Ermittlung der der Verladung zurechenbaren Personaleinsatzzeiten erfolgt in Analogie zur Ermittlung der effektiven Nutzungszeit von Flurförderzeugen nach [VDI 2497] bzw. [VDI 3960].

Zur Ermittlung der Investitionskosten muß zunächst die erforderliche Anzahl an Verladesystemen berechnet werden, welche unter anderem von der Umschlagleistung der Systeme abhängig ist. Die zur Berechnung notwendigen Zeitrichtwerte für Stapler sind der [VDI 2391] entnommen. Die Kostenermittlung für Stapler lehnt sich an die [VDI 2695] bzw. [Röd-97] an. Weiterhin sind die Gebäudekosten für den Neu- oder Umbau bei den Investitionskosten zu berücksichtigen. Aus den berechneten Investitionskosten erfolgt schließlich die Ermittlung der fixen Kosten auf Basis einer linearen Abschreibung über die Nutzungsdauer, kurz AfA (Abschreibung für Abnutzung). Kalkulatorische Zinsen werden mit einem konstanten Prozentsatz der halben

Investitionssumme berücksichtigt. Hierzu schreibt Gudehus in [Gud-99]: „Für Investitionsentscheidungen, Betriebskostenrechnungen und Preiskalkulationen ist das nachfolgend dargestellte Verfahren einer nutzungsnahen Abschreibung mit konstanten Zinsen auf das halbe Investitionskapital am besten geeignet. Abgesehen von seiner Einfachheit sind die Vorteile dieses Verfahrens eine konstante Kostenbelastung und die Möglichkeit zur verursachungsgerechten Fixkostenverteilung. Andere Kalkulationsverfahren, beispielsweise die steuerlich zulässige degressive Abschreibung über kurze Zeiträume oder eine zu Anfang hohe, mit der Tilgung abnehmende Zinsbelastung, sind mit zeitabhängigen Kostenbelastungen verbunden, verschleiern die Zusammenhänge und führen leicht zu falschen Entscheidungen.“

Die variablen Kosten, d.h. die betriebsabhängigen Kosten, werden in Abhängigkeit vom Einsatzfall ermittelt. Energiekosten sind hierbei u.a. abhängig von Einsatzzeiten und den jeweiligen Kosten je „Energieeinheit“. Wartungs- und Reparaturkosten sind Durchschnittswerte und werden vorwiegend aus Angaben von Anwendern bzw. Herstellern berechnet.

3.4 Fuzzy-Bewertung

Zur Bewertung unterschiedlicher Lösungsvarianten für eine technische Problemstellung werden üblicherweise technische und wirtschaftliche Bewertungsverfahren herangezogen. Jedoch ist es Ziel dieser Arbeit, ein Verfahren zu entwickeln, welches sich nicht nur an diesen Aspekten orientiert, sondern zusätzlich auch die subjektiven, vagen Vorstellungen eines Planers berücksichtigt. Für den vorliegenden Anwendungsfall bedeutet dies die Verknüpfung von technischen und wirtschaftlichen Bewertungsverfahren mit der Fuzzy-Logik als Verfahren zur Bewertung schwer oder nicht determinierbarer Forderungen an ein Verladesystem.

3.4.1 Ausgangssituation

Aus der Sicht des Anwenders muß eine Investition in eine neue Verladetechnik eine für den Anwendungsfall maßgeschneiderte Problemlösung darstellen. Die Eigenschaften der ausgewählten Umschlagtechnik müssen den Einsatzfall und die Anfor-

derungen, aber auch die individuellen Vorstellungen des Planers bestmöglich widerspiegeln. Technische Bewertungsverfahren betrachten und bewerten jedoch nur einen konkreten, determinierbaren Ausgangszustand.

Wird nun die Vorgehensweise zur Lösung des vorliegenden Problems durch einen Experten dieses Themengebietes genauer beleuchtet, so ist festzustellen, daß die Auswahl eines geeigneten Verladesystems mit Hilfe seines Expertenwissens sehr häufig intuitiv gefällt wird. Er ist in der Lage, sowohl individuelle Vorstellungen des Anwenders als auch eindeutig bewertbare technische Randbedingungen zu berücksichtigen. Hierbei ist es ihm möglich, die häufig nur sehr vagen Forderungen zu konkretisieren und diese existierenden Verladesystemen, die nur sehr selten allen Forderungen gerecht werden, zuzuschreiben. Das notwendige Eingehen gewisser Kompromisse führt zur Auswahl einer bestmöglichen Lösung. Eine Abbildung dieser Lösungsfindung in einem Regelwerk ist nur sehr schwer möglich.

Eine Problemlösung unter den beschriebenen Randbedingungen bereitet dem menschlichen Gehirn keine Schwierigkeiten. Grundvoraussetzung für die Lösung des beschriebenen Problems ist jedoch das hierzu erforderliche Expertenwissen. Bei der Zielgruppe dieses Planungshilfsmittels ist jedoch nicht von solch fundierten Fachkenntnissen auszugehen. Aus diesem Grund wird ein, dem menschlichen Entscheidungsprozeß entsprechendes Verfahren, die Fuzzy-Logik eingesetzt.

Um die Auswahl und Funktionsweise des in Kapitel 3.4.3 detaillierter beschriebenen Verfahrens verständlicher zu machen, soll im folgenden zunächst der menschliche Denk- und Entscheidungsprozeß etwas genauer beleuchtet werden.

3.4.2 Der menschliche Denk- und Entscheidungsprozeß

Der eigentliche Mechanismus des menschlichen Denkprozesses ist bis heute noch weitgehend unerforscht und dürfte eine sehr komplexe Struktur besitzen. Er setzt sich aber grob aus den Vorgängen des Wahrnehmens, Abstrahierens und Konkretisierens zu einem Ergebnis zusammen [Agg-87]. In Abb. 3.7 sind die Einflußgrößen und Ergebnisse des menschlichen Denkprozesses graphisch dargestellt.

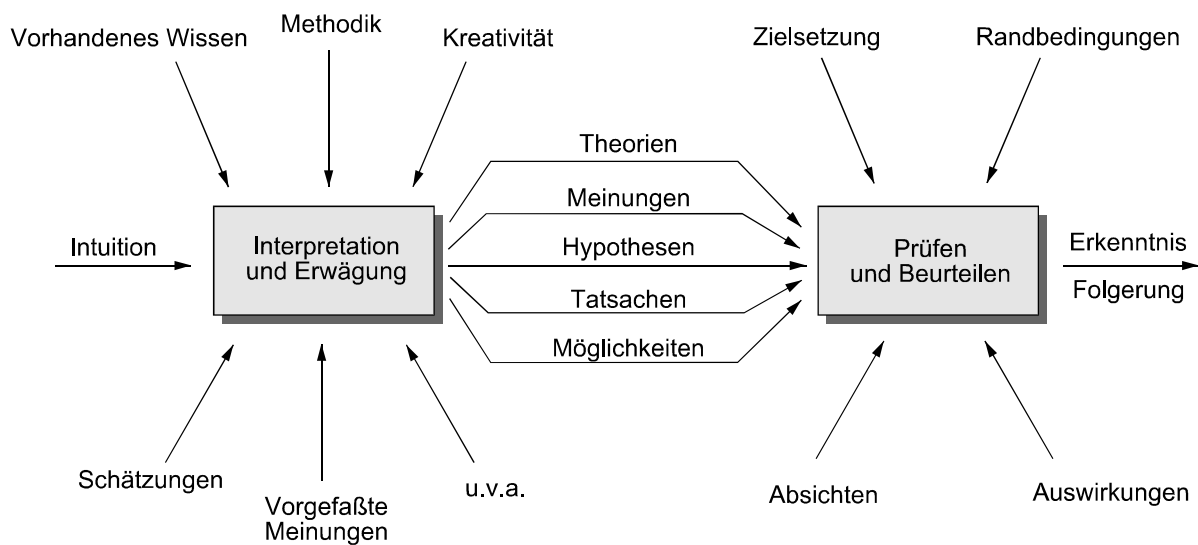


Abb. 3.7: Einflußgrößen und Ergebnisse des Denkprozesses [Agg-87]

Wie aus obiger Abbildung ersichtlich wird, spielen bei Denkprozessen neben Methodiken vor allem auch viele subjektive Einflüsse eine Rolle. Analog hierzu ist der Anwendungsfall der Bewertung und Auswertung vager, schwer determinierbarer Forderungen an ein Verladsystem zu sehen. Neben erforderlichem Expertenwissen spielen vage Aussagen, die sich aus Schätzungen und reiner Intuition ergeben, einen großen Einfluß. Die Folge von vagen Aussagen ist eine Unsicherheit und Schwerfälligkeit bei der Bewertung. Hieraus läßt sich schließlich auch der Bedarf nach einer methodischen Hilfestellung ableiten.

Neben der Konkretisierung der erwünschten Eigenschaften ist der zweite Teil des Denkprozesses, der zur Auswahl eines Verladsystems führt, der Entscheidungs- bzw. Bewertungsprozeß. In ihm wird die Wahl für ein existentes Verladsystem getroffen. Es ist zu beurteilen, inwieweit die fixierten Kriterien den bestehenden Systemen anhaften. Genau wie der Konkretisierungsprozeß basiert der menschliche Entscheidungsprozeß häufig auf vagen Definitionen, gefühlsmäßigen Aspekten, Ungenauigkeiten und toleranzbehafteten Entscheidungskriterien. Nach Habermas [Hab-99] läßt sich die Entscheidung, wie in Abb. 3.8 verdeutlicht, in unterschiedliche Entscheidungssituationen untergliedern.

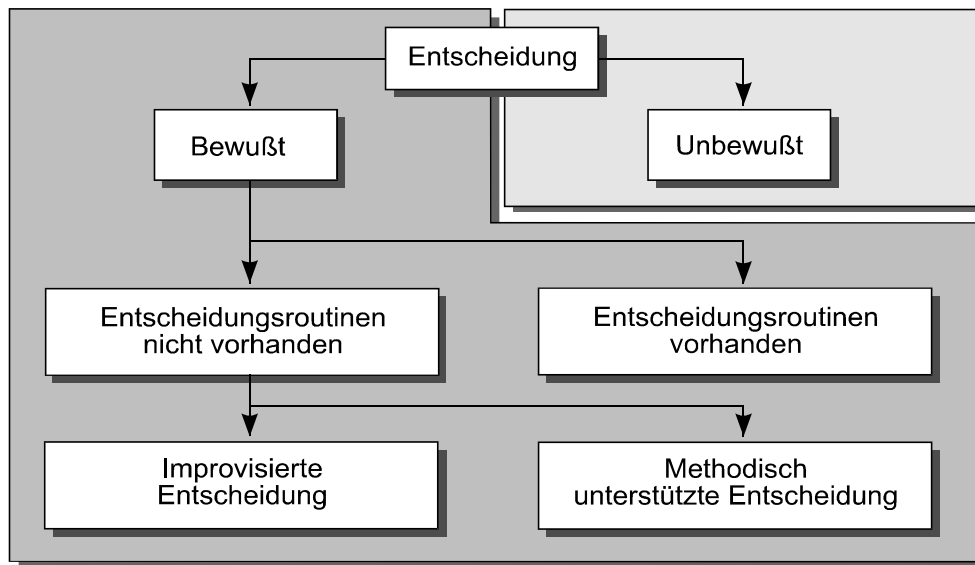


Abb. 3.8: Entscheidung und Entscheidungssituation

Grundsätzlich wird zwischen bewußten und unbewußten Entscheidungen differenziert. Unbewußte lassen sich dadurch kennzeichnen, daß die Entscheidungssituation, die vom Handlungsablauf her eine Barriere darstellt, nicht wahrgenommen wird. Für den vorliegenden Einsatzfall einer Planungshilfe wird nur die erstgenannte Entscheidungsart in Betracht gezogen. Bei den bewußten Entscheidungen unterscheiden Haberfellner et al. [Hab-99] zwischen entscheidungsroutineunterstützten und den nicht unterstützten. Letztere werden entweder improvisiert oder methodisch getroffen.

Ein sehr großer Anteil aller getroffenen Entscheidungen werden intuitiv, d.h. ohne ein bewußtes Regelwerk getroffen. Entscheidungsgrundlage können sowohl gefühlsmäßige Aspekte als auch durch Erfahrungswissen unterstützte sein. Sind die ermittelten Eigenschaftskriterien nicht mit denen der existierenden Verladestysteme vereinbar, entsteht ein Entscheidungskonflikt, der mit herkömmlichen „scharfen Entscheidungsmethodiken“ nicht oder nur sehr schwer gelöst werden kann. Es ist ein Kompromiß bezüglich der möglichen bzw. vorhandenen Eigenschaftskriterien zu schließen. Der Mensch ist grundsätzlich in der Lage, aus scheinbar unvereinbaren Eigenschaften eines Objektes auf Basis „unscharfer Mengen“ den bestmöglichen Kompromiß zu schließen, ein Computer nicht, da er von exakten Werten und Definitionen ausgeht.

Eine Abbildung dieses Prozesses in ein methodisches Regelwerk ist ein Teilziel der beschriebenen Planungshilfe. Es ist leicht einzusehen, daß die eingesetzte Systematik ihre Aufgabe am besten erfüllen kann, wenn sie dem menschlichen Denkprozeß angepaßt ist. Die Güte der Methodik ist davon abhängig, inwieweit sie den Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen entspricht.

3.4.3 Rechnerunterstützte Fuzzy-Systematik

Mit dem oben erwähnten Ziel nach einem dem menschlichen Denkprozeß angepaßten Verfahren zur Entscheidungsunterstützung wird auf das Verfahren der Fuzzy-Logik zurückgegriffen, welches auf der Theorie der unscharfen Mengen basiert. Die Umsetzung hat dabei so zu erfolgen, daß die Benutzbarkeit des gesamten Planungshilfsmittels ohne die Aneignung spezieller Kenntnisse möglich ist. Durch die Implementierung des gesammelten Erfahrungswissens in das Planungshilfsmittel wird eine zügige Auswertung und Planung ermöglicht.

Im folgenden wird nach einer Auswahl und Definition der bei der Fuzzy-Bewertung beispielhaft betrachteten Eigenschaften die Systematik des Fuzzy-Logik-Bausteins (vgl. Kapitel 2.3.3) kurz beschrieben.

Definition der Eigenschaften

Die Eignung eines Verladesystems für einen individuellen Anwendungsfall muß für den Einzelfall sowohl aus technischer als auch wirtschaftlicher Sicht überprüft werden. Daneben entscheiden aber auch die Anwender durch ihre Wünsche und Forderungen an eine Verladetechnik, welches System schließlich ausgewählt wird. Jeder Anwender macht sich schon im Voraus ein mehr oder weniger deutliches Bild seines Verladesystems.

Diese zusätzlichen Anforderungen im Planungshilfsmittel mit zu berücksichtigen ist die Aufgabe der Fuzzy-Logik. Vor allem Kriterien, die aufgrund ihrer schweren Determinierbarkeit nicht in die technische Bewertung eingehen, werden hier betrachtet. Dazu wird ein möglicher Kriterienkatalog (siehe Abb. 3.9) aufgestellt, welcher jederzeit angepaßt, erweitert oder umstrukturiert werden kann. Es handelt sich durchweg um Eigenschaften, die sich nicht oder nur schwer mathematischen Größen zuordnen lassen, wie exemplarisch an der Forderung nach einem lärmarmen Verladesystem

verdeutlicht werden soll. So läßt sich z.B. kein exakter Dezibel-Wert definieren, ab dem eine Technik als „laut“ oder unter dem sie als „leise“ gilt. Es sind vielmehr „unscharfe“ Übergänge vorhanden.

Bei der Entwicklung der Systematik des Fuzzy-Logik-Bausteins wurde darauf Wert gelegt, daß sie gegenüber Änderungen so flexibel ist, daß sich ein evtl. notwendig werdender Anpassungsaufwand in Grenzen hält.

Eigenschaften der Verladesyteme				
Kostenparameter	allg. Eigenschaften	Flexibilität	Qualität	Emissionen
<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten • Energiekosten/VE • Reparaturkosten • u.a. 	<ul style="list-style-type: none"> • energiesparsam • wartungsarm • störungsarm • u.a. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ladung • Einsatzorte • Lkw-Varianten • u.a. 	<ul style="list-style-type: none"> • schonende Verladg. • funktionssicher • verletzungsungefährl. • u.a. 	<ul style="list-style-type: none"> • abgasarm • lärmarm • u.a.

Abb. 3.9: Mögliche Kriterien zur Auswahl eines Verladesytems

Zur Verdeutlichung sollen nun die verschiedenen Hauptgruppen kurz erläutert werden. Unter der Rubrik „Kostenparameter“ werden Eigenschaften der Verladesyteme verstanden, die sich in der Kostenermittlung direkt oder indirekt widerspiegeln. Dies kann z.B. die Forderung nach einem besonders in der Anschaffung günstigen Verladesytem, oder einer Technik deren Energiekosten pro Verbrauchseinheit niedrig sind, sein. Die Erfüllung dieser Eigenschaften ist unabhängig von der grundsätzlichen Eignungsüberprüfung, wie sie bei der technischen Bewertung durchgeführt wird.

Der Wunsch des Unternehmens nach einem wartungsarmen, energiesparsamen oder störungsarmen Umschlagsystem wird unter „allgemeinen Eigenschaften“ zusammengefaßt. Eine beliebige Erweiterbarkeit z.B. um die Forderung nach einer platzsparenden Technik ist jederzeit möglich.

Die Flexibilität, also die „Fähigkeit, sich alternativen Situationen anzupassen, die in der Zukunft eintreten können“ [Pfo-94], betrachtet beispielsweise die Möglichkeit, mit einem bestimmten Verladesytem unterschiedliche Arten von Stückgütern, z.B. Paletten und Kartons o.ä., zu verladen. Auch wird bewertet, inwieweit ein Verladesy-

stem ortsgebunden ist, d.h. ob es nur stationär oder an mehreren Ladetoren eingesetzt werden kann. Die Flexibilität bezüglich der Lkw-Varianten hingegen charakterisiert die Einsatzmöglichkeit der Umschlagsysteme bei unterschiedlichen Lkw-Aufbauten oder Lkw-Arten.

Eigenschaften, welche mehr oder weniger die Qualität der Verladung beschreiben, wie z.B. die Funktionssicherheit der Umschlagtechniken oder deren Verletzungsgefahr, werden unter dem Überbegriff „Qualität“ zusammengefaßt. Bei zerbrechlichen Ladegütern kann aber auch die Forderung nach einer schonenden Verladung gestellt und bei der Auswahl berücksichtigt werden.

Eine Bewertung der Emissionen der Verladetechniken wird im letzten beispielhaften Block (vgl. Abb. 3.9) vorgenommen. Zum einen werden Abgasemissionen der Umschlagsysteme bewertet, zum anderen werden akustische Emissionen, also der Lärmpegel der Verladetechnik betrachtet.

Das erstellte Eigenschaftsprofil stellt eine grundsätzlich mögliche Systematik für die Vorauswahl eines nach den Wünschen und Anforderungen des Anwenders optimierten Verladesystems dar. Eine Anpassung an beliebige andere Anforderungsprofile ist jederzeit möglich. Die Ergebnisse der Fuzzy-Bewertung lassen sich schließlich in graphischer Form darstellen, wodurch ein besserer Vergleich der einzelnen Systeme ermöglicht und die Transparenz für den Anwender erhöht wird.

Ein so entstandenes komplexes Fuzzy-Netzwerk läßt, unter Einbeziehung und jederzeitiger Einflußnahme des Anwenders, die Berücksichtigung vager und schwer oder nicht determinierbarer Forderungen bzw. Vorstellungen der Benutzer zu. Die Forderung nach einem Hilfsmittel, welches sich möglichst nah an den menschlichen Denk- und Entscheidungsprozeß anlehnt, wird hierdurch erfüllt.

3.5 Ergebnisdarstellung

Schon bei der Erfassung des IST-Zustandes, aber vor allem bei der Eignungsbewertung des Ausgangszustandes, fallen eine hohe Anzahl an Daten an. Diese teilweise unübersichtliche Datenfülle stellt bei der Überprüfung und Interpretation hohe

Anforderungen an den Anwender. Der hierfür notwendige Aufwand wird häufig unterschätzt, was zu einer Verzögerung des Planungsvorganges führen kann.

Um diesen Zustand zu verbessern, werden Darstellungstechniken zur Aufbereitung und Auswertung der Daten eingesetzt. Als Darstellungstechniken werden hierbei Hilfsmittel zur Erhöhung der Aussagekraft von aufbereiteten Daten-Mengen und mündlichen oder schriftlichen Beschreibungen verstanden [Hab-99]. Ziel ist es, durch diese Techniken komplexe Sachverhalte zu verdeutlichen, wesentliche Aussagen schnell zu erkennen und die Beurteilung zu erleichtern.

Formal werden tabellarische und graphische Darstellungstechniken unterschieden [Hab-99]. Zusammenstellungen in Listen und Formularen werden dabei zu den tabellarischen Darstellungen gerechnet. In tabellarischer Form werden üblicherweise zweidimensionale Sachverhalte dargestellt, wohingegen graphische Darstellungen u.a. durch perspektivische Gestaltung in übersichtlicher Form mehrdimensionale Aussagen zulassen.

Grundlage einer Entscheidung für die Investition in eine bestimmte Verladetechnik stellen die Ergebnisse des Planungshilfsmittels dar. Um Entscheidungen auch in diesem Themengebiet noch unerfahrenen Planern zu erleichtern, ist es notwendig, Ergebnisse in übersichtlichen Schaubildern darzustellen und nicht mit Zahlenmaterial überfrachtete und somit schwer verständliche Auswertungen zu liefern. Die Präsentation des Datenmaterials spielt demnach eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der Auswahl eines Verladensystems. Eine Erhöhung der Entscheidungssicherheit bei der Auswahl einer Verladetechnik kann z.B. die im Planungshilfsmittel vorgesehene Variation der Einflußparameter „Verladeaufkommen“ oder „Fahrzeit zwischen den Verladestellen“ und die Betrachtung der daraus resultierenden Ergebnisse darstellen.

Auswertungen, Darstellungen von Bewertungen oder Berechnungen sind u.a. in den drei unterschiedlichen Teilschritten der Bewertung notwendig. Hierbei zu nennen sind die Ergebnisdarstellungen der technischen und monetären Bewertung aber auch die Ergebnisse aus dem Fuzzy-Logik-Baustein (siehe Abb. 3.10).

„Fahrzeit zwischen den Verladestellen“ zu einer Erhöhung der Entscheidungssicherheit des Anwenders bei. Durch Variation eines der beiden genannten Parameter beim Berechnungsvorgang und Konstanthalten der übrigen läßt sich der „Break-Even-Punkt“ in Abhängigkeit des betrachteten Parameters ermitteln. Eine anschließende graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse über den gesamten Variationsbereich (siehe Abb. 3.10) besitzt deshalb eine hohe Aussagekraft und erreicht das beabsichtigte Ziel der erhöhten Entscheidungssicherheit.

Aus den für die Ermittlung der Gesamtkosten notwendigen Zwischenberechnungsgrößen lassen sich weitere Aussagen ableiten. Unter anderem bietet das Planungswerkzeug die Möglichkeit neben der Auslastung der Lkws auch die der Verladesy-
steme zu ermitteln. Bei den Lkws werden die Zeitanteile für die Verladung, die Nebenzeiten (z.B. Aufplanen der Anhänger), Fahrzeitanteile und die Zeiten, in denen der Lkw ungenutzt bleibt, errechnet und in Form eines Tortendiagrammes präsentiert (siehe Abb. 3.10). Analog lassen sich bei den Verladesy-
stemen die Zeitanteile für die Verladung, die Stillstandszeiten und je nach Umschlagtechnik auch die Ladungsbe-
reitstellzeiten ermitteln. Als Zusatzinformation werden die sich aus den Stillstandszeiten³ ergebenden Personalkosten (nur für mechanische und teilautomatisierte Systeme) bei ausschließlichem Einsatz des Personals für die Verladung graphisch dargestellt.

Für den Spezialfall der Be- und Entladung von Lkws mittels Handgabelhubwagen ist die Berechnung der durchschnittlichen Verladezeiten pro Lkw und der durchschnittliche Beschäftigungsgrad des Verladepersonals jeweils in Abhängigkeit vom Verladeaufkommen möglich. Die durchschnittlichen Werte der Berechnungsgrößen kommen dadurch zustande, daß bei dieser Verladetechnik ein zeitweises paralleles Be- und Entladen mit zwei Hubwagen möglich ist. Der zweite Hubwagen kommt für den Zeitraum zum Einsatz, in dem er ansonsten frei wäre, was durchaus der gängigen Praxis in Verladzonen entspricht. Die Auslegung der Anzahl der benötigten Hubwagenbediener ist hierbei so ausgerichtet, daß das Unternehmen mit einem Minimum an Personal auskommt.

³ Stillstandszeiten aufgrund fehlenden Verladeaufkommens, ohne Berücksichtigung der Wartungs- und Reparaturzeiten der Verladetechnik.

Die Resultate der Fuzzy-Bewertung, d.h. die Zugehörigkeitsgrade der unterschiedlichen Verladetechniken werden in einem Balkendiagramm zu dem vom Anwender erwünschten Profil dargestellt (siehe Abb. 3.10). Eine schneller Überblick sowie eine rasche Entscheidung für ein Verladesystem wird hierdurch ermöglicht.

Weitere Aussagen und Auswertungen lassen sich jederzeit nach den Wünschen der Anwender durch eine Anpassung des Dokumentations-Moduls treffen.

3.6 Iterativer Optimierungsprozeß

Die Analyse der IST-Situation führt zu einer technischen Eignungsbewertung auf Grundlage der derzeitig vorhandenen bzw. vorläufig geplanten Randbedingungen eines Unternehmens. Da nicht davon ausgegangen werden kann, daß diese für den Einsatz einer automatisierten Umschlagtechnik von vornherein optimal sind, werden die Eignungsgrade auch nicht ihren Maximalwert erreichen. Durch kleinere Modifikationen des IST-Zustandes läßt sich in den meisten Fällen eine stufenweise Verbesserung der in den Bewertungsprozeß einfließenden Ausgangsdaten erreichen.

Da es im Interesse eines automatisierungsbereiten Unternehmens liegt, mit sinnvollem Aufwand eine möglichst positive Ausgangssituation für eine Automatisierung des Stückgutumschlags zu erreichen, muß im Planungshilfsmittel die Gelegenheit zur Optimierung der Bewertungsgrundlage gegeben sein.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, die Möglichkeit und Notwendigkeit von Iterationen im Bewertungsprozeß im Bewußtsein zu verankern. Durch einen iterativen Optimierungsprozeß, d.h. eine stufenweise Annäherung an ein mögliches Optimum, lassen sich noch Verbesserungspotentiale ausschöpfen. Hierbei liegt es im Ermessen des Anwenders, inwieweit Gestaltungsvorschläge mit vertretbarem Aufwand zu einer Optimierung der Bewertungsbasis umgesetzt werden. Ökonomische Gesichtspunkte spielen hierbei genauso eine Rolle wie die technische Umsetzbarkeit. Um die Bereitschaft zu nachträglichen Optimierungsläufen zu erhöhen, gilt es, den Aufwand mit geeigneten Hilfsmitteln wie einer rechnerischen Unterstützung zu minimieren. Im folgenden wird hierzu auf die Struktur des iterativen Optimierungsprozesses eingegangen.

Das zur Optimierung der Bewertungsgrundlage notwendige Wissen muß während des Optimierungsprozesses jederzeit abrufbar sein. Dies wird durch das Hilfe-Modul ermöglicht. Gestaltungsvorschläge, die das notwendige Expertenwissen repräsentieren, beschreiben dabei, wie die jeweils betrachtete Einflußgröße für einen Einsatz einer ausgewählten Verladetechnik am besten geartet sein muß. Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß zwar mehrere Verladesysteme gleichzeitig überprüft und ihre Eignung in Hinblick auf die gegebene Ausgangssituation bewertet werden können, jedoch eine Optimierung nur für ein auszuwählendes System möglich ist. Den Ablauf des iterativen Optimierungsprozesses zeigt Abb. 3.11.

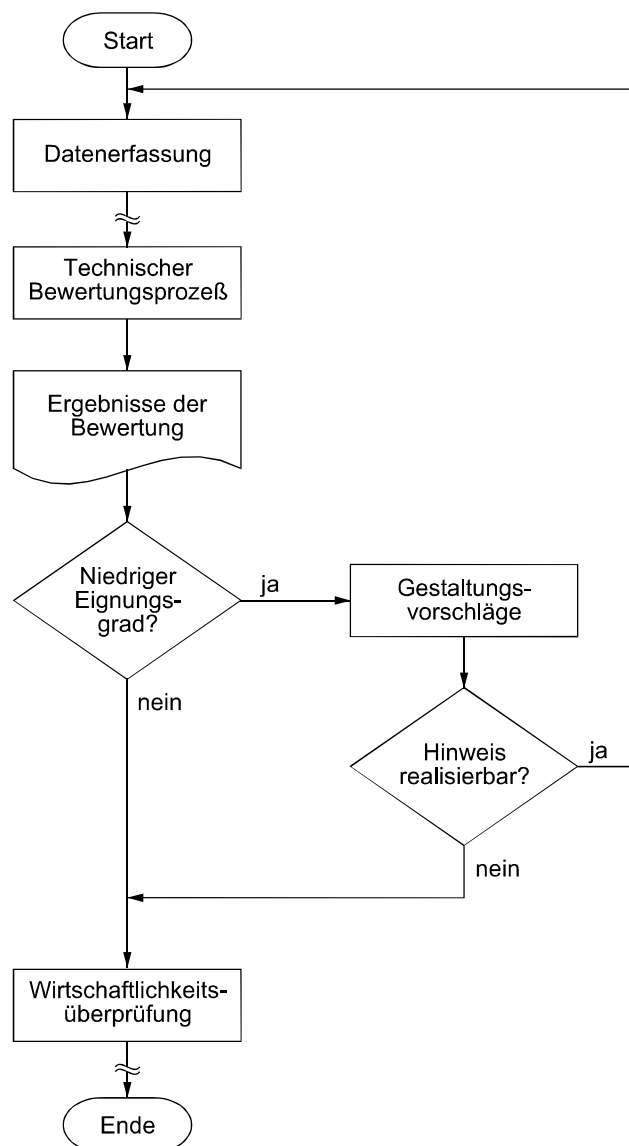


Abb. 3.11: Ablaufdiagramm des Optimierungsprozesses

In Abhängigkeit der Ergebnisse des vorausgegangenen Berechnungslaufes entscheidet der Anwender für ein ausgewähltes Verladetesystem, welche der bewerteten Einflußgrößen einen zu niedrigen Eignungsgrad aufweisen. Hierzu werden wie beschrieben die Ergebnisse in Balkendiagrammen visualisiert, so daß die prozentualen Eignungsgrade der einzelnen Einflußgrößen auf einen Blick erkennbar sind. Zu jeder der betrachteten Einflußgrößen ist ein Gestaltungsvorschlag vorhanden, in der der für die ausgewählte Verladetechnik bestmögliche Zustand beschrieben ist. Ferner werden Hinweise und Tips zur Erreichung dieses Zustandes gegeben. Sind alle diese Hinweise mit sinnvollem Aufwand nicht zu erfüllen, ist die technische Bewertung und der Optimierungsprozeß beendet. Es folgt im Anschluß daran die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Entscheidet sich das Unternehmen hingegen, einen Gestaltungshinweis zu realisieren, so kann ein neuer Bewertungsprozeß angestoßen werden. Hierzu springt der Anwender zurück zur Datenerfassung und greift auf die letzte Datenerfassungsdatei zurück. Es genügt, hierzu den korrigierten Einflußparameter zu berichtigen. Im Anschluß daran läßt sich ein neuer Bewertungsprozeß starten. Der Bearbeitungsschritt der Fuzzy-Bewertung kann übersprungen werden, da er unabhängig davon ist. Der nächste Schritt im Ablauf der Auswahlmethodik ist nun ebenfalls die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

3.7 Umsetzung der Ergebnisse

Im Bereich der Verladezone ist bei vielen Unternehmen noch erhebliches Rationalisierungspotential gebunden. Doch nur durch das hierzu notwendige Wissen und den Willen, etwas zu verändern, kann dieses Potential freigesetzt werden. Entscheidungsfreudiges Handeln und der Mut zu unter Umständen auch anschaffungskostenintensiveren Investitionen ist eine weitere Voraussetzung. Eine Entscheidungssituation stellt aber vom Handlungsablauf her von vornherein eine Barriere dar und wirkt besonders unter dem Aspekt der teilweisen oder kompletten Unkenntnis automatisierter Verladetechniken hemmend. Der Entschluß zur Überwindung dieser Hürde kann durch ein Planungshilfsmittel in der vorliegenden Form forciert werden. Die Interpretation und Präsentation der Ergebnisse in anschaulicher und selbsterklärender Form ist eine wichtige Voraussetzung hierfür.

Die Planungshilfe und deren Ergebnisse können und sollen die Arbeit eines Herstellers von Verladetechniken nicht ersetzen. Sie bilden lediglich eine Vorstufe zu deren Planungstätigkeiten und sollen die Berührungspunkte von Verladern gegenüber automatisierten Umschlagsystemen reduzieren. Es lassen sich Analogien zur Materialflußplanung ziehen, bei der zwischen Grob- und Feinplanung unterschieden werden kann. Das Ziel der beschriebenen Planungs- bzw. Entscheidungshilfe ist dabei, wie bereits erwähnt, dem der „Grobplanung“, also der Absicht, eine technisch funktionelle und wirtschaftliche Lösung zu finden, gleichzusetzen. Das Ergebnis ist die Auswahl eines geeigneten Materialflußmittels, in diesem Fall die eines Umschlagsystems. Hierzu sind IST-Daten aufzunehmen, auszuwerten und in Form von Berichten und Graphiken umzusetzen. Diese stellen für die Hersteller bei der anschließenden Feinplanung eine wertvolle Arbeitserleichterung und Argumentationshilfe dar. Zudem werden Schwachstellen aufgezeigt die durch einen Maßnahmenkatalog in Form von Gestaltungsvorschlägen beseitigt werden können.

In der folgenden „Feinplanung“, die von den Herstellern durchgeführt wird, werden die Planungsdaten überprüft, ergänzt oder notfalls noch weiter detailliert, so daß eine Weiterentwicklung stattfindet. Im Anschluß daran wird analog zur Materialflußplanung die Anpassung der Systeme an die Randbedingungen, die Auslegung der Systeme, die Anzahl der Realisierungsstufen, deren Reihenfolge sowie die Organisation durchgeführt. Den Abschluß der „Feinplanung“ bildet die Auftragserteilung und Auftragsbestätigung.

Es läßt sich festhalten, daß das Ziel des Planungshilfsmittels nicht die Vorwegnahme eines kompletten Planungsprozesses der Verladezone bezeichnen soll, sondern eine herstellerneutrale Vorabinformation und Vorentscheidung für ein Verladesystem. Durch die Sammlung und Integration konzentrierten Expertenwissens in das Planungshilfsmittel ist es auch Planern ohne die langwierige Aneignung von Fachwissen möglich, Entscheidungen für eine Verladetechnik zu treffen. Durch das Vertrautmachen des Anwenders mit den neuen Techniken kann die Hemmschwelle herabgesetzt und der entscheidende Anstoß zur Optimierung des Bereiches Verladezone gegeben werden. Auf Grundlage der graphisch aufbereiteten Ergebnisse der Planungshilfe kann der Anwender ohne zeitraubende Vorgespräche mit Herstellern unterschiedlichster Verladetechniken eine selbständige Entscheidung treffen und die „Feinplanung“ an einen Hersteller der ausgewählten Technik weiterleiten. Qualitative

Aussagen über zu erwartende Rationalisierungspotentiale sind ihm bereits aus der Darstellung der Berechnungsergebnisse im Planungshilfsmittel bekannt.

4 Einsatz des Planungshilfsmittels

Bei dem betrachteten Unternehmen handelt es sich um ein international operierendes Unternehmen, welches u.a. an mehreren deutschen Produktionsstandorten Tiefkühlkost produziert. Das im folgenden beschriebene Planungsbeispiel basiert auf einer ihrer Produktionsstätten mit Sitz in Mitteldeutschland.

Bislang wurde die Tiefkühlware von einer beauftragten ortsansässigen Spedition vom Produktionsgebäude in ein nahegelegenes Kühllager einer großen deutschen Kühlhandelskette transportiert. Sowohl die Ladungsbereitstellung als auch die Be- und Entladung der Lkws wurde mit Hilfe von Elektro-Gabelstaplern durchgeführt. Aufgrund erheblich gestiegener Lagerkosten und erhöhten Produktionsaufkommens entscheidet sich das betrachtete Unternehmen für den Bau eines eigenen Tiefkühl-lagers. Da an der Produktionsstätte nicht genügend Platz zur Verfügung steht, wird als Standort ein 2 km entferntes Grundstück ausgewählt. Dieses ist über leichtbefahrene Straßen (reiner Stadtverkehr) innerhalb von 3 min zu erreichen. Für das neue Distributionslager steht die Entscheidung zur Auswahl einer Verladetechnik und der eventuellen Investition in eigene Lkws an. Neben der üblichen Staplerverladung wird über den Einsatz einer automatisierten Verladetechnik nachgedacht. Eine Überprüfung und Klärung der Ausgangssituation soll Klarheit über die Entscheidung bringen.

4.1 Ausgangssituation

Bei dem beschriebenen Anwendungsfall handelt es sich um eine Kombination aus Anpassungs- und Neuplanung. Kann bei der Neuplanung lagerseitig davon ausgegangen werden, daß die Randbedingungen schon im Verlauf der Planung bzw. spätestens am Anfang der Realisierungsphase optimal für eine Automatisierung gewählt werden können, so ist auf der Produktionsseite mit Anpassungen variierenden Aufwandes zu rechnen.

Die Verladezone auf der Produktionsseite besitzt zwei Verladestellen zur Heckverladung mit isolierten Sektionaltoren, damit Wärmeverluste in der Verladezone, welche aufgrund der zu verladenden Tiefkühlware ein herabgesetztes Temperaturniveau besitzt, möglichst vermieden werden können. Auf der Lagerseite sind ebenfalls zwei

isolierte Sektionaltore geplant. Die Bereitstellung der Ladung soll unabhängig vom ausgewählten Verladensystem mit Hilfe der bereits vorhandenen Gabelstapler abgewickelt werden. Die ursprünglich auf der Beladungsseite für die Bereitstellung und Beladung der Lkws eingesetzten eigenen Elektro-Gabelstapler werden nunmehr aufgrund des höheren Verladeaufkommens zum ausschließlichen Zweck der Bereitstellung verwendet. Hierdurch kann in der späteren Kostenermittlung bzw. dem Kostenvergleich von mechanisierter und automatisierter Variante bei der Ermittlung der Investitionskosten die Betrachtung der zur Bereitstellung notwendigen Technik außer Acht gelassen werden. Der lagerseitige Materialfluß der Ladeeinheiten vom Ladungspuffer zum automatischen Hochregallager erfolgt mittels Stetigförderertechnik. Bei automatisierter Verladung ist ein Anschluß an den automatisierten innerbetrieblichen Materialfluß des Kühllagers denkbar. Bei Staplerverladung würde ein Einschleusen der Ladeeinheiten in den innerbetrieblichen Materialfluß durch Gabelstapler an Abgabepunkten erfolgen.

Die Fahrzeugverladezone vor dem Produktionsgebäude befindet sich in asphaltiertem Zustand. Für die lagerseitige Verladezone ist ein Betonboden vorgesehen. Die Ladung eines Fahrzeuges besteht aus unterschiedlichen Gütern, verpackt in formstabilen Kartons, wobei als Ladehilfsmittel stets Europaletten eingesetzt werden. Die Versorgung der Ladungsbereitstellung erfolgt direkt aus der Produktion. Nach der Beladung fahren die Lkws von der Verladestelle über schwach befahrene Ortsstraßen und werden nach dem Andocken an den Verladestellen des Kühllagers wieder entladen (siehe Abb. 4.1). Die Ladung wird eingelagert und je nach Bedarf an den Handel ausgeliefert. Von diesem bekommt das Produktionsunternehmen auch seine Ladehilfsmittel wieder zurück. Dieser weiterführende Material- bzw. Güterfluß wird hier aber nicht weiter betrachtet.

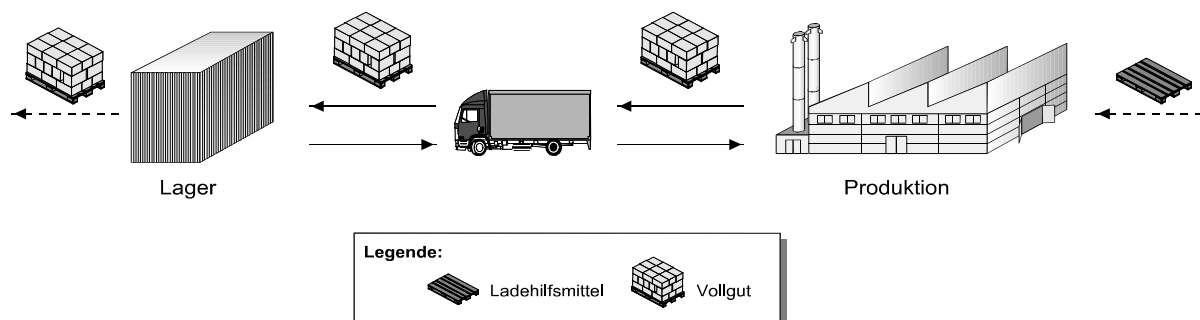


Abb. 4.1: Kurzstreckenverkehr zwischen Produktion und Lager

Es wird von einem konstanten Verladeaufkommen von 120 Pa/h Vollgut ausgegangen. Das Unternehmen produziert im Einschichtbetrieb und verlädt an 1540 h/a. Für die notwendigen Berechnungen der Alternative „Staperverladung“ wird zugrunde gelegt, daß die Palettenaufnahme von einer Bereitstellfläche auf Bodenhöhe mit einem mittleren Fahrweg von 30 m erfolgt. Anschließend werden die Paletten im Fahrzeug abgesetzt und der Stapler fährt zurück zur erneuten Aufnahme. Die Entladung erfolgt in Analogie zur Beladung in umgekehrter Reihenfolge. Für die Alternative automatisches Verladesystem soll im Anschluß geprüft werden, welches den Wünschen des Unternehmens am besten entspricht und inwieweit sich die Randbedingungen aus technischer Sicht eignen.

4.2 Konkretisierung und Bewertung

Nach der Festlegung der Randbedingungen für die Planung während der Datenerfassungsphase sind die vagen Vorstellungen der Anwender bezüglich der Verladetechniken zu konkretisieren und zu bewerten, dies geschieht mit dem Verfahren der Fuzzy-Logik. Ergebnisse dieses Bewertungsschrittes sind Zugehörigkeitsgrade der Umschlagstechniken zu den Forderungen des Anwenders.

Das betrachtete Unternehmen legt in einem ersten Schritt die gewünschten Eigenschaften der zukünftigen Verladetechnik fest. Dieses erstellte Anforderungsprofil läßt sich mit Hilfe der in Abb. 3.9 aufgeführten Kriterien abbilden. Es zeigt sich hierbei, daß vom Unternehmen den verschiedenen erwünschten Eigenschaften der Verladetechnik ein ungleiches Gewicht beigemessen wird.

Zu den wichtigsten Forderungen an das Umschlagsystem zählen:

- eine schonende Verladung der Ladeeinheiten,
- eine funktionssichere Verladung und
- möglichst geringe Investitionskosten.

Ferner wird gefordert, daß das auszuwählende Verladesystem möglichst energiesparsam arbeiten und verletzungsungefährlich sein soll. Da das Unternehmen langfristig denkt, werden die qualitativen Aspekte der Verladung höher eingestuft, als der

Aspekt Investitionskosten. Die Flexibilität bezüglich der Aspekte „Ladung“, „Einsatzorte“ und „Lkws“ wird als eher nebensächlich angesehen, da in näherer Zukunft weder mit Änderungen der Ladehilfsmittelstruktur noch mit welchen der eingesetzten Fahrzeuge bzw. Verladestellen zu rechnen ist.

Da in der Regel kein Verladensystem gefunden werden wird, das vollständig mit den erwünschten Eigenschaften übereinstimmt, müssen teilweise Kompromisse bei der Auswahl eingegangen werden. Durch die Gewichtung der einzelnen Kriterien, aber vor allem auch durch die Festlegung, in welchem Maße Eigenschaften eines betrachteten Bereiches „oder“ oder „und“ erfüllt sein müssen, erfolgt bei den Verladensystemen eine Kompensierung nicht vorhandener Eigenschaften durch vorhandene. Hierdurch ist eine optimale Anpassung an die Vorstellungen des Anwenders möglich. Bei der Auswertung der vom beschriebenen Unternehmen genannten Eigenschaften liefert das auf der Fuzzy-Logik basierende Bewertungshilfsmittel das Ergebnis, daß das Tragprofilförderersystem (kurz: TPF) am besten geeignet ist (siehe Abb. 4.2).

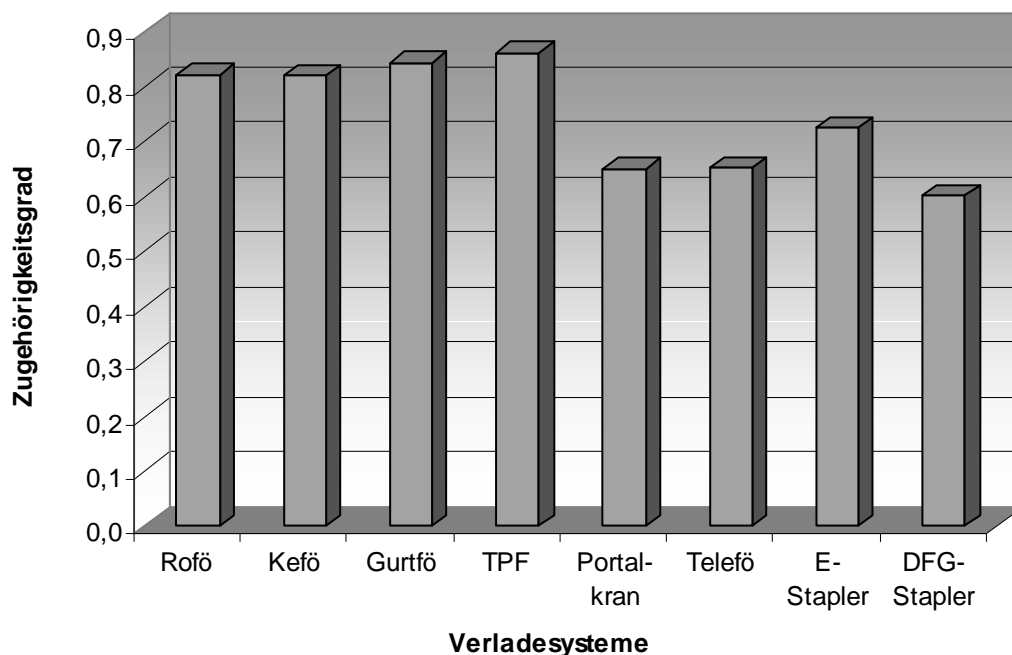


Abb. 4.2: Planungsergebnisse der Fuzzy-Bewertung

Es folgen mit knappem Abstand das Transportbandsystem und anschließend gleichauf Tragketten- und Rollenförderer. Das bessere Ergebnis des Tragprofilförderersy-

stems ist vor allem auf die niedrige Verletzungsgefahr und seine Energiesparsamkeit im Einsatz zurückzuführen.

Neben der Berücksichtigung der Vorstellungen des Unternehmens sind noch die technische und monetäre Bewertung durchzuführen. Eine parallele Bewertung der unterschiedlichen automatisierten Verladesysteme in den noch ausstehenden Bewertungsschritten ist möglich, soll aber aufgrund der Übersichtlichkeit auf ein System, das Tragprofilförderersystem beschränkt werden. Auch die technische Bewertung, die in Kapitel 3.2 eingehend beschrieben wurde, ergibt, daß das Tragprofilförderersystem gegenüber den anderen im Vorteil ist. Da das Unternehmen die Begehrbarkeit des Verladesystems gefordert hat, fallen die Varianten „Tragkettenförderer“ und „Rollenförderer“ weg. Das Transportbandsystem entfällt aufgrund seiner eingeschränkten Tauglichkeit für Tiefkühlprodukte. Bei der Auswertung der Ergebnisse kann, wie bereits erwähnt, zwischen dem Detaillierungsgrad der Darstellung gewählt werden. Zum einen ist eine grobe Übersicht möglich, die nach den einzelnen Bausteinen des Umschlagsystems strukturiert ist (siehe Abb. 4.3), zum anderen kann auch eine detailliertere Darstellung nach den Eignungen der einzelnen Bewertungsgrößen erfolgen (siehe Abb. 4.4).

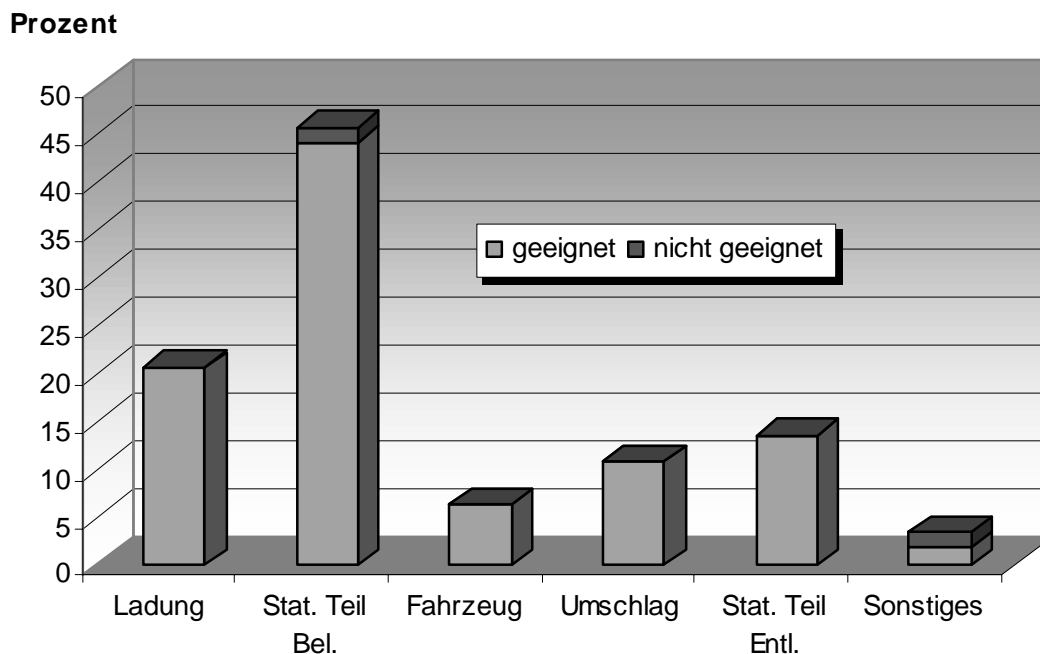


Abb. 4.3: Eignung der IST-Situation des Tragprofilförderers (Übersicht)

Wie aus Abb. 4.3 ersichtlich, besitzt schon die Ausgangssituation eine sehr hohe technische Eignung für den Einsatz eines Tragprofilförderersystems. Lediglich der Bereich „Stationärer Teil Beladung“ und „Sonstiges“ ist nicht optimal für den Einsatz eines Tragprofilförderers geeignet. Das Diagramm ist dabei so zu verstehen, daß die Summe der Höhe aller Balken die maximal mögliche Wertung von 100 % Eignung für die Ausgangssituation ergibt. Die dunkelgrauen Teilstücke der Balken repräsentieren dabei das Potential, welches durch Anpassungsmaßnahmen des Unternehmens noch ausgeschöpft werden kann, um für den Einsatz des Tragprofilförderersystems eine 100 %ige Eignung zu erreichen. Ferner ist zu erkennen, daß die Einflußgrößen aus dem Baustein „Stationärer Teil Beladung“ gefolgt von denen des Bausteins „Ladung“ mit zusammen fast 65 % Absolutgewicht den größten Einfluß bei der Bewertung der Ausgangssituation für das dargestellte System besitzen.

Aus der detaillierteren Betrachtung (vgl. Abb. 4.4) lassen sich die Eignungen der einzelnen hier nicht näher beschriebenen Basiskriterien ablesen. Dabei stehen die Ziffern der Abszisse repräsentativ für einzelne Einflußgrößen, welche im Planungshilfsmittel erläutert sind. Die Graphik ist ansonsten analog zu Abb. 4.3 zu lesen.

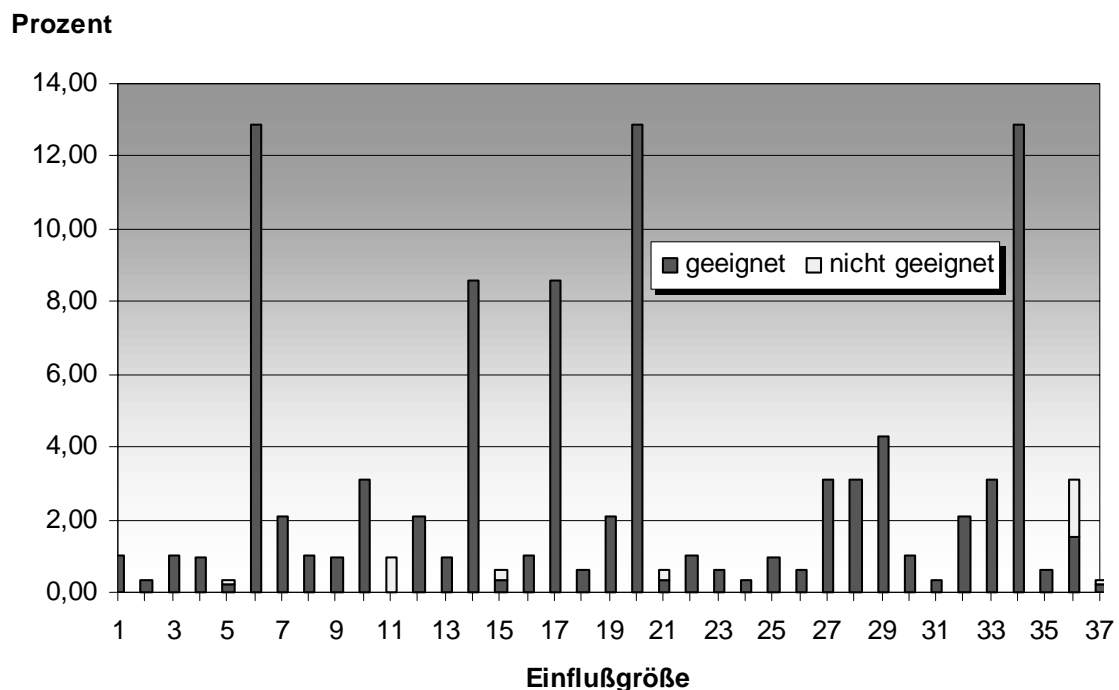


Abb. 4.4: Eignung der IST-Situation des Tragprofilförderers (Detailansicht)

Als nicht optimal geeignet für das Tragprofilförderersystem erweisen sich:

- die produktionsseitigen Bodeneigenschaften vor der Rampe (Einflußgröße 11),
- die geforderte Befahrbarkeit und Begehbarkeit der Ladungsbereitstellung (Einflußgröße 15),
- die Art der Ladungsbereitstellung mit Gabelstaplern (Einflußgröße 21) und
- die Art der Planung (Einflußgröße 36).

Um ein endgültiges Ergebnis zur Bewertung der Ausgangssituation für den Einsatz eines Tragprofilförderersystems zu erhalten, sollte zuerst überprüft werden, ob die oben genannten Indikatoren nicht mit vertretbarem Aufwand soweit abgewandelt werden können, daß der Gesamt-Eignungsgrad verbessert werden kann. Was die Art der Planung anbetrifft, ist eine Verbesserung nur dann möglich, wenn es sich bei dem Planungsvorhaben um eine reine Neuplanung handelt. In diesem Fall wäre mit keinen zusätzlichen Hindernissen bei der Einführung und Inbetriebnahme eines automatisierten Umschlagsystems zu rechnen. Auch bei der gewählten Art der Ladungsbereitstellung (mit Hilfe von Elektro-Gabelstaplern) entscheidet sich das Unternehmen dagegen, den vorgeschlagenen Gestaltungsvorschlag umzusetzen. Dieser schlägt vor, die Ladungsbereitstellung im Sinne eines durchgängigen Materialflusses zu automatisieren. Ein in dem gegebenen Fall notwendiger Wechsel des Fördermittels (Stetigförderer in der Produktion – Gabelstapler für Ladungsbereitstellung – Tragprofilförderer für den Umschlag) stellt nicht das Optimum dar.

Das Kriterium „Befahrbarkeit der Ladungsbereitstellung“ erhält keine optimale Bewertung, da die Bereitstellplätze, wie bereits erwähnt, mit Staplern befahrbar sowie begehbar sein sollen⁴. Der Gestaltungsvorschlag hierzu, daß der stationäre Tragprofilförderer (entspricht in diesem Fall dem Bereitstellplatz) bodeneben eingebaut werden kann, wird aufgegriffen und soll umgesetzt werden. Auch die Bodeneigenschaften vor der Rampe werden in der Auswertung als nicht bestmöglich deklariert. Da auf der Produktionsseite die Verladevorzone asphaltiert ist, kann es im Sommer bei Sonneneinstrahlung zu einem „Weichwerden“ des Asphalts und damit „Einsinken“ der Hinterräder der Lkw-Anhänger kommen. Dies ist aber bei automatisierten Heck-

⁴ Geforderte Befahrbarkeit der Ladungsbereitstellung führt zum Ausschluß der Systeme Rollenförderer und Kettenförderer sowie eingeschränkt auch des Systems Gurtförderer.

verladesystemen aufgrund der hohen Anforderungen an die Zentrierung nicht erwünscht. Da dieser Gestaltungsvorschlag mit annehmbarem finanziellem Aufwand umgesetzt werden kann, entscheidet sich das Unternehmen dazu, im Bereich der Hinterachsen der Sattelanhänger eine Betonplatte in den Boden einzulassen.

Im Anschluß an diese Entscheidung wird die Bewertung erneut durchgeführt. Die Bewertung liefert nunmehr eine fast optimale technische Eignung für das Tragprofilförderersystem. Daraufhin soll nun der Wirtschaftlichkeitsaspekt betrachtet werden. Hierzu wird im folgenden eine Kostenermittlung der Variante Tragprofilförderer durchgeführt. Einen Vergleich zu einer konventionellen mechanisierten Variante liefert die Berechnung der Kosten für den Einsatz von Elektro-Gabelstaplern.

4.3 Kostenermittlung

Um einen qualitativen Vergleich der zu erwartenden Kosten zwischen mechanisierter und automatisierter Verladetechnik zu ermöglichen, führt das betrachtete Unternehmen folgende Kostenermittlung auf Basis der beschriebenen Randbedingungen durch. Hierbei soll konkret überprüft werden, ob ein Tragprofilförderersystem mit einer reinen Verladezeit von 3 min pro Lkw rentabler wäre, als die zur Zeit eingesetzten Elektro-Gabelstapler. Jedoch muß bei der mechanisierten Verladung davon ausgegangen werden, daß aufgrund des gestiegenen Umschlagaufkommens mit der zusätzlichen Neuanschaffung von Elektro-Gabelstaplern zu rechnen ist.

In Tab. 4.1 sind die für die Kostenermittlung notwendigen Daten zusammengefaßt. Die Anzahl der erforderlichen Verladesysteme bzw. Lastkraftwagen ergibt sich aus den jeweiligen Umschlagleistungen der Systeme und der notwendigen Fahrzeit bzw. den Nebenzeiten zwischen Be- und Entladevorgang.

Die Ermittlung der in Tab. 4.2 dargestellten Kosten erfolgt in Analogie zu [Gün-00]. Gebäudetechnische Kosten werden aufgrund fehlender Informationen an dieser Stelle nicht mit berücksichtigt. Die Berechnung geht bei der Stapler-Variante von den Kosten für die Neuanschaffung von Elektro-Gabelstaplern aus. Die vorhandenen Stapler werden für die Ladungsbereitstellung verwendet. Die Investitionen werden hierbei über den bei solchen Objekten üblichen Zeitraum von fünf Jahren abge-

schrieben, die Abschreibung auf Abnutzung erfolgt hierbei linear. Da der Zeitwert während der Nutzungszeit bis zu einem Restwert von *Null* abnimmt, sind die Zinskosten auf den halben Beschaffungswert zu kalkulieren [Gud-99]. Die Kosten pro Kilowattstunde werden mit k_{kwh} (hier: 0,2 DM/kWh) und der kwh-Verbrauch eines Gabelstaplers mit kwh_{St} (hier: 57,6 kWh/h) berücksichtigt.

Tab. 4.1: Ausgangsdaten für die Kostenermittlung

	Variante Tragprofilförderer	Variante Elektro-Stapler
Verladeaufkommen in Pal/h	120	
Ladefähigkeit der eingesetzten Fahrzeuge in Pal/Fahrzeug	32	32
Zeit für einen Verladezyklus in h	0,4	0,9
Anzahl der erforderlichen Lkws	2	4
Verladeleistung der Systeme in Pal/h	213	90
Anzahl der erforderlichen stationären TPF-Systeme bzw. Elektro-Stapler⁵	2	4
Beschäftigungsgrad des Staplerpersonals durch die Verladung	–	0,67 ⁶

Wie aus der beispielhaften Kostenermittlung ersichtlich wird, ist für diesen speziellen Anwendungsfall die automatisierte Verladetechnik wesentlich kostengünstiger. Die Kosten der Tragprofilförderervariante liegen nur bei etwas über der Hälfte der Kosten der Elektro-Gabelstaplervariante. Wie sich ferner im Rahmen der Ermittlung der zu erwartenden Gesamtkosten ergibt, kommt das Unternehmen bei der automatisierten Verladung auf der Be- und Entladungsseite mit jeweils einer Verladestelle aus. Die jeweils vorhandene zweite Verladestelle soll als Reserve für Veränderungen im Umschlagaufkommen, für den weiteren externen Güterfluß bzw. als Notlösung bei Ausfall der automatisierten Verladetechnik genutzt werden.

⁵ Es werden Produktion und Lager berücksichtigt.

⁶ Beschreibt den zur Verladung zurechenbaren Anteil der Personalkosten.

Tab. 4.2: Beispielhafte Kostenermittlung

	Variante Tragprofilförderer	Variante Elektro-Stapler
1. Investition		
• je Lkw 300.000 DM	600.000 DM	1.200.000 DM
• 2 stat. Förderanlagen inkl. Andockvorrichtung	318.000 DM	–
• 2 Tragprofilförderer für Lkws inkl. Zentriervorrichtung	264.000 DM	–
• 4 Stapler	–	387.600 DM
• Gebäudekosten	–	–
• Summe ⁷	1.182.000 DM	1.587.600 DM
2. Feste Kosten p.a.		
• Afa (5 Jahre)	236.400 DM	283.088 DM ⁸
• Zinsen (6 % der ½ Investition)	35.460 DM	42.463 DM ⁸
• Summe	271.860 DM	325.551 DM
3. Betriebsabhängige Kosten p.a.		
• Reparatur, Wartung ⁸	46.000 DM	101.803 DM
• Energie ⁸	15.942 DM	22.539 DM
• Fahrerlöhne ⁹	120.000 DM	400.000 DM ¹⁰
• Summe	181.942 DM	524.342 DM
4. Gesamtkosten bei 1-Schicht- betrieb (1540 h/a)		
• Kosten pro Jahr	453.802 DM	849.893 DM
• Kosten pro Stunde	294,68 DM	551,88 DM

⁷ Es wird sowohl die erforderliche Anzahl Lkws als auch die komplette Fördertechnik berücksichtigt.

⁸ Es wird berücksichtigt, daß die Stapler nur zu 56,25 % für die Verladung im Einsatz sind, d.h. es wird eine Zurechnung nach dem Verursacherprinzip vorgenommen.

⁹ Die Personalkosten für Lkw-Fahrer und Staplerfahrer werden mit 60.000 DM/a angesetzt.

¹⁰ Es wird berücksichtigt, daß Staplerfahrer nur zu 67 % für Verladung tätig sind (siehe Tab. 4.1).

Neben dem Ergebnis der zu erwartenden Kosten eines Verladesystems für einen definierten Ausgangszustand interessiert ein investitionsberechtigtes Unternehmen auch die Änderung der Kostensituation bei sich ändernden Randbedingungen. Hierzu liefert das Planungshilfsmittel weitere nützliche Auswertungen, wie z.B. den Verlauf der Gesamtkosten bei Variation des Umschlagaukommens (siehe hierzu Abb. 4.5). Wie aus dieser Abbildung zu ersehen ist, liegt der Break-Even-Punkt des Tragprofilförderersystems bei unveränderter Distanz zwischen Be- und Entladung und einer Fahrzeit von weiterhin 3 min bei einem Umschlagaukommen von etwa 30 Pal/h.

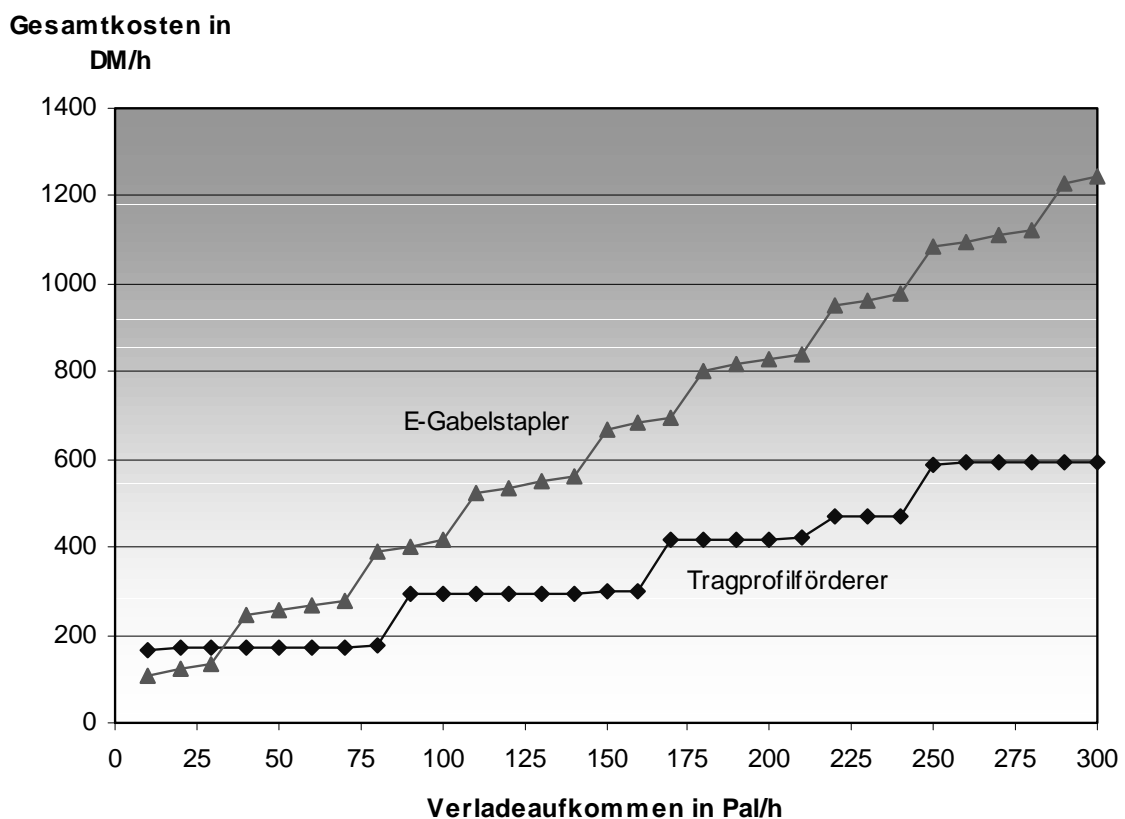


Abb. 4.5: Gesamtkosten in Abhängigkeit vom Umschlagaukommen

Die bei den verglichenen Verladesystemen zu erkennenden Sprünge in den zu erwartenden Kosten sind auf die zusätzlich erforderlichen Anschaffungen von Lkws zurückzuführen. Bei Einsatz des Tragprofilförderers ist ein zweiter Lkw also erst bei einem Umschlagaukommen von ca. 80 Pal/h erforderlich, wohingegen bei der Variante Elektro-Gabelstapler dies bereits bei einem Umschlagaukommen von etwa 30 Paletten pro Stunde notwendig wird. Ursache hierfür ist der erhebliche Zeitunterschied bei der Be- oder Entladung eines Lkw. Ein zusätzlich erforderlicher Gabel-

stapler wirkt sich im Graphen durch ein früheres Ansteigen der Kostenkurve (bereits nach drei Berechnungswerten) bei etwa 90 Pal/h, danach bei etwa 180 Pal/h usw. aus. Bei der Variante Tragprofilförderer ist die Investition eines weiteren Systems an dem Knick des Kostenverlaufes bei ca. 210 Pal/h zu erkennen.

Neben diesen Zusatzinformationen läßt sich auch der Verlauf der Gesamtkosten bei unterschiedlichen Fahrzeiten zwischen der Be- und Entladung ermitteln. Außerdem sind Auswertungen über die prozentualen Auslastungen von Transportfahrzeugen (Lastkraftwagen) und Verladetechniken für einen gegebenen Ausgangszustand möglich. Dabei wird z.B. bei der graphischen Darstellung der prozentualen Auslastung der Lkws zwischen den Anteilen Verladezeit, Fahrzeit zwischen Be- und Entladung, Nebenzeiten wie Aufplanen der Sattelanhänger und Stillstandszeiten der Fahrzeuge differenziert. Repräsentativ hierfür werden in Abb. 4.6 für den beschriebenen Anwendungsfall die einzelnen durchschnittlichen Zeitanteile der eingesetzten Lkws dargestellt.

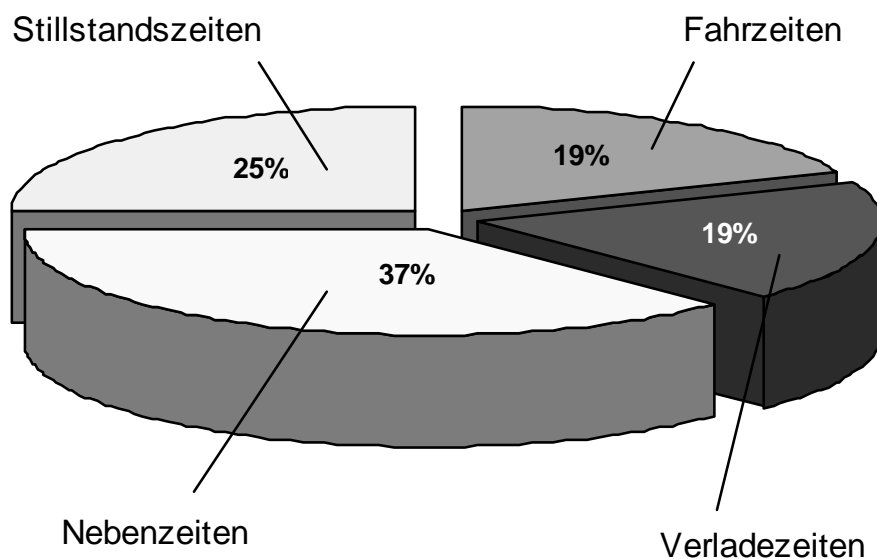


Abb. 4.6: Auslastung der Lkws (differenzierte Betrachtung)

Basierend auf den Ergebnissen der technischen Bewertung, der überschlagsmäßigen Kostenermittlung sowie den weiteren Auswertungen entschließt sich das Unternehmen, sich an die entsprechenden Hersteller des ausgewählten automatischen Verladesytems zu wenden, um sich detailliertere Planungsvorschläge unterbreiten

und Kostenvoranschläge erstellen zu lassen. Die erhaltenen Angebote führen schließlich zu einer positiven Entscheidung des Unternehmens für den Einsatz eines Tragprofilförderersystems. Eine erfolgreiche Realisierung, der reibungslose Umschlag im Unternehmen und vor allem der Abgleich der ermittelten Ergebnisse mit der Realität untermauern die Tauglichkeit des entwickelten Verfahrens.

5 Zusammenfassung

Die Automatisierung der Unternehmen ist in den letzten Jahren weiterhin stark fortgeschritten. Unter anderem in den isolierten Bereichen „Produktion“, „innerbetrieblicher Transport“ und „Lagerung“ ist bereits ein hoher Automatisierungsgrad erreicht [Bau-96], [Gün-92]. Hingegen können an vielen Schnittstellen noch Potentiale erschlossen werden [Bau-96]. So auch in der Verladezone, der Schnittstelle zwischen innerbetrieblichem Materialfluß und außerbetrieblichem Güterfluß. Hier entstehen aufgrund der nicht selten umständlichen Handhabungsvorgänge vermeidbare Kosten, häufig „geht“ die Palette mit Hilfe von Handgabelhubwagen „zu Fuß“ in den Lkw [Gün-92].

In Hinblick auf den steigenden Konkurrenzdruck zwischen den Unternehmen und die dadurch wachsenden Marktanforderungen sind diese Rationalisierungspotentiale zu erkennen und zu erschließen [Eve-96]. Dies gilt auch für den Umschlagbereich und hier insbesondere für den Einsatz einer geeigneten Umschlagtechnik [Gün-99a]. Eine mögliche Optimierung des Umschlags durch den Einsatz automatisierter Verladetechnik steht allerdings erst am Anfang. Da die Eignung eines Unternehmens für eine Automatisierung von einer großen Anzahl an Randbedingungen abhängig ist, ist diese für den Einzelfall zu prüfen. Das für diese Entscheidung notwendige Expertenwissen steht aber in den seltensten Fällen in den Unternehmen zur Verfügung, dessen Aneignung hingegen ist unter dem Blickpunkt kurzer Planungszeiten zu zeitaufwendig.

Daher ist der erforderliche Planungsprozeß zu unterstützen und der häufig intuitive Bewertungs- bzw. Entscheidungsprozeß von Experten in neuartige, objektive Planungsmethoden umzusetzen. Aufgrund der hohen Komplexität des Entscheidungsprozesses sind rechnergestützte Planungswerkzeuge erforderlich, manuelle Planungshilfsmittel in Papierform genügen den Anforderungen nach einer schnellen und einfachen Lösungssuche kaum.

Die individuelle Auswahl einer geeigneten Verladetechnik stellt ein mehrschichtiges Problem dar. Neben dem technischen und monetären Aspekt sind ferner die häufig noch vagen bzw. „unscharfen“ Vorstellungen der Unternehmen an eine einzusetzende Umschlagtechnik zu berücksichtigen. Die hierzu entwickelten Konzepte bzw. Verfahren wurden in der vorliegenden Arbeit in ein Gesamtkonzept integriert und für

die Eignungsbewertung eines Unternehmens nutzbar gemacht. Großer Wert wurde dabei darauf gelegt, daß die Aufgaben des Anwenders auf analysierende Tätigkeiten beschränkt werden und damit keine langwierige Aneignung von zusätzlichem Expertenwissen erforderlich ist. Erreicht wurde dies durch die Implementierung des gesammelten Expertenwissens in einer Wissensbasis des Planungshilfsmittels, die u.a. durch die Bewertungsalgorithmen sowohl in der technischen und monetären als auch Fuzzy-Bewertung repräsentiert wird.

Jedoch war es ein Ziel dieser Arbeit, den Anwender nicht nur bei der Bewertung, sondern durchgängig von der Datenerfassung über die Bewertung und Optimierung bis zur Auswertung und Vorbereitung einer Entscheidung zu unterstützen. Aus diesem Grund wurden diese Aufgabenstellungen bei der Erstellung des Konzeptes berücksichtigt und schließlich in eigenständigen Modulen im Planungshilfsmittel erfolgreich realisiert.

Das entwickelte Planungshilfsmittel auf Basis wissensbasierter Bewertungsmethoden zeigte seine Tauglichkeit zur Eignungsbewertung an Hand mehrerer Anwendungsfälle. So kann von der Zielgruppe dieses Planungshilfsmittels auch ohne langwierige Aneignung erforderlichen Expertenwissens schnell und sicher eine Aussage über die Eignung eines Unternehmens für den Einsatz eines automatisierten Verlaudesystems getroffen werden. Die herkömmliche Informationsbeschaffungsphase entfällt komplett. Die eingesparte Zeit kann so von den Ingenieuren der Logistik- oder anderer Planungsabteilungen für andere wichtige Tätigkeiten verwendet werden.

Neben der Reduzierung der Planungsdauer wird aber durch das methodische Vorgehen und das implementierte Expertenwissen auch die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sowie die Planungssicherheit, die durch die Übereinstimmung der mit dem Planungshilfsmittel ermittelten Ergebnisse und der Realität nachgewiesen wurde, erhöht. Die Berücksichtigung der Erfahrungen und Informationen verschiedener Hersteller und Anwender in der Wissensbasis führt schließlich zu einer objektiven Lösungsfindung.

6 Literaturverzeichnis

- [Arn-95] Arnold, D.:
Materialflußlehre.
Braunschweig, Wiesbaden: Verlag Vieweg, 1995
- [Agg-87] Aggteleky, B.:
Fabrikplanung, Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung;
Band 1: Grundlagen – Zielplanung – Vorarbeiten.
2. Auflage, München, Wien: Hanser Verlag, 1987
- [Agg-90] Aggteleky, B.:
Fabrikplanung, Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung;
Band 3: Ausführungsplanung und Projektmanagement: Planungs-
technik in der Realisierungsphase.
München, Wien: Hanser Verlag, 1990
- [ATK-93] A. T. Kearney:
Logistics Excellence in Europe; a Study Report prepared by
A. T. Kearney on behalf of the European Logistics Association (ELA).
o. O., 1993
- [Bau-91] Baumgarten, H.; Ihde, G.; Mehldau, M.:
Beitrag zur Teilautomatisierung des Materialflusses als Instrument
logistischer Systemgestaltung.
München: Huss Verlag, 1991
- [Bau-96] Baumgarten, H.:
Trends und Strategien in der Logistik 2000; Analysen – Potentiale –
Perspektiven.
Berlin: BVL, 1996
- [Bäu-98] Bäune, R.; Martin, H.; Schulze, L.:
Handbuch der innerbetrieblichen Logistik, Band 2, Auswahl von Flur-
förderzeugen.
Hrsg.: Jungheinrich AG, Hamburg, 1998
- [Bec-97] Beckmann, H.:
Evolutionäre Logistik-Planung; Strategien der erfolgreichen Unter-
nehmensentwicklung.
In: Logistik Jahrbuch 1997
Düsseldorf: Verlagsgruppe Handelsblatt, 1997

- [Bür-98] Bürgel, W.:
Materialfluß und Produktionslogistik; Skript zur gleichnamigen Vorlesung.
München: Lehrstuhl fml, TU München, 1998
- [DIN 30781a] DIN 30781-1:
Transportkette – Grundbegriffe.
Berlin, Köln: Beuth-Verlag, 1989
- [Dud-97] Duden, Fremdwörterbuch:
6. Auflage, Mannheim, Leipzig, Wien: Dudenverlag, 1997
- [Ehr-95] Ehrlenspiel, K.:
Integrierte Produktentwicklung; Methoden für Prozeßorganisation, Produkterstellung und Konstruktion.
München, Wien: Hanser Verlag, 1995
- [Eve-96] Eversheim, W.; Schuh, G.:
Produktion und Management; Betriebshütte Teil 2.
7. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York u.a.: Springer Verlag, 1996
- [Fis-97] Fischer, W.; Dittrich, L.:
Materialfluß und Logistik; Optimierungspotentiale im Transport- und Lagerwesen.
Berlin, Heidelberg, New York u.a.: Springer Verlag, 1997
- [Göp-97] Göpfert, I.:
Innovative Logistikleistungen – Vision 21. Jh..
In: Jahrbuch der Logistik, 1997
- [Gros-92] Grossmann, G.:
Güterumschlag in Ostdeutschland; Entwicklungstrends im Umschlag setzen sich durch.
In: Zeitschrift für Logistik 2/92, S. 66-69
- [Gud-99] Gudehus, T.:
Logistik: Grundlagen, Strategien, Anwendungen.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1999
- [Gün-91] Günthner, W.:
Wirtschaftliche Lager- und Materialflußtechnik.
Regensburg: Seminarband, Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut (OTTI), 1991

- [Gün-92] Günthner, W.:
Be- und Entladetechnik bei hohem Palettenumschlag.
In: Brauindustrie 3/92, S. 200-204
- [Gün-95] Günthner, W.:
Fördertechnik 1; Unterlagen zur Vorlesung Fördertechnik.
München: Lehrstuhl fml, TU München, 1995
- [Gün-97a] Günthner, W.:
Ausschuß B 3 erarbeitete die VDI-Richtlinien 4420 „Automatisches
Be- und Entladen von Stückgütern auf Lastkraftwagen“.
In: Logistik im Unternehmen 3/97, S. 48-49
- [Gün-97b] Günthner, W.:
Automatisierung des Stückgut-Umschlags.
In: Hebezeuge und Fördermittel 5/97, S. 186-187
- [Gün-99a] Günthner, W.; Frendl, G.:
Automatisierter Stückgutumschlag: welche Möglichkeiten bietet der
Markt dem Verloader?.
In: Distribution 1-2/99, S. 44-47
- [Gün-99b] Günthner, W.; Frendl, G.:
Grenzwertbetrachtung; Alternativen zur Staplerverladung – wann ist
eine Automatisierung sinnvoll?.
In: Brauindustrie 5/99, S. 279-285
- [Gün-99c] Günthner, W.; Frendl, G.:
Automatische Be- und Entladesysteme.
In: Kongreßband zum 2. VLB Logistikfachkongreß „Optimierungspo-
tentiale in der Getränkelogistik“, Frankfurt/Oberursel, 1999
- [Gün-99d] Günthner, W.; Haller, M.:
Im Spannungsfeld zwischen Flexibilität und Automatisierung; Sich den
Herausforderungen stellen.
In: Logistik Jahrbuch 1999
Düsseldorf: Verlagsgruppe Handelsblatt, 1999
- [Gün-99e] Günthner, W.:
Materialfluss und Logistik.; Unterlagen zur Vorlesung Materialfluss
und Logistik.
Garching: Lehrstuhl fml, TU München, 1999

- [Gün-00] Günthner, W.; Freudl, G.:
Erarbeiten der Einsatzfelder, Voraussetzungen und Möglichkeiten
zum automatisierten Be- und Entladen von Stückgütern bei Lastkraft-
wagen und Eisenbahngüterwagen; Abschlußbericht des gleichnami-
gen AiF-Forschungsprojektes 11440 N.
München: Utz-Verlag, 2000
- [Hab-99] Habermüller, R.; Nagel, P.; Becker, M.; Büchel, A.; von Massow, H.:
Systems engineering: Methodik und Praxis.
10. Auflage, Zürich: Industrielle Organisation, 1999
- [Hor-82] Horsley, R. C.:
A Survey of UK Distribution Costs 1982.
In: Gottlieb Duttweiler-Institut (Hrsg.): Integrierte Logistik. Erfolgs-
schwerpunkt für morgen. Rüslikon/Zürich, 1982, S. H1-H22
- [ISO 3569] ISO 3569:
Stetigförderer; Klassifizierung von Stückgut.
Berlin, Köln: Beuth-Verlag, 1978
- [Jün-89] Jünemann, R.:
Materialfluß und Logistik.
Berlin, London: Springer Verlag 1989
- [Ket-84] Kettner, H.; Schmidt, J.; Greim, H.-J.:
Leitfaden der systematischen Fabrikplanung.
München, Wien: Hanser Verlag, 1984
- [Kra-90] Krampe, H.:
Transport-Umschlag-Lagerung.
Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1990
- [Len-94] Lenk, E.:
Zur Problematik der technischen Bewertung.
München, Wien: Hanser Verlag, 1994
- [Mart-99] Martin, H.:
Praxiswissen Materialflußplanung; Transportieren, Handhaben, La-
gern, Kommissionieren.
Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg Verlag, 1999
- [May-98] Mayer, H.:
Nutzfahrzeugmarkt läuft auf hohen Touren.
In: VDI nachrichten 35/98, S. 13

- [Pfo-94] Pfohl, H. Ch.:
Logistikmanagement: Funktionen und Instrumente; Implementierung
der Logistikkonzeption in und zwischen Unternehmen.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1994
- [Röd-97] Rödiger, W.; Scherr, P.:
Dr. Rödigers Enzyklopädie der Flurförderzeuge
5. Auflage, Ludwigsburg: AGT Verlag, 1997
- [See-90] Seeger, G.:
Methodik für die Ladezonenplanung.
In: güterverkehr 7/90, S. 14-18
- [Vah-98] Vahrenkamp, R.; Vogt, M.; Eley, M.:
Logistikmanagement.
3. Auflage: München, Wien: Oldenbourg Verlag, 1998
- [VDI-2225] VDI-Richtlinie 2225, Blatt 3 (Entwurf):
Technisch-wirtschaftliches Konstruieren – Technisch-wirtschaftliche
Bewertung.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1990
- [VDI 2391] VDI-Richtlinie 2391:
Zeitrichtwerte für Arbeitsspiele und Grundbewegungen von Flurför-
derzeugen.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1982
- [VDI 2411] VDI-Richtlinie 2411:
Begriffe und Erläuterungen im Förderwesen.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1970
- [VDI 2497] VDI-Richtlinie 2497:
Empfehlung für die wirtschaftliche Betriebshaltung von Flurförderzeu-
gen.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1984
- [VDI 2695] VDI-Richtlinie 2695:
Ermittlung der Kosten für Flurförderzeuge – Gabelstapler.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1994
- [VDI 3589] VDI-Richtlinie 3589:
Auswahlkriterien und Testmöglichkeiten für Flurförderzeuge (Gabel-
stapler und Schubgabelstapler).
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1981

- [VDI 3960] VDI-Richtlinie 3960 E:
Ermittlung der Betriebsstunden an Flurförderzeugen.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996
- [Wet-82] Wetzel, E., Jünemann, R.:
Klassifizierung und Bewertung der Einflußfaktoren auf Verladezonen
für Stückgutlager; Forschungsberichte zur Industriellen Logistik 23.
Dortmund: Institut für Logistik, 1982
- [Zie-99] Ziems, D.; Neumann, G.:
Prozeßbausteine helfen planen; Logistikprozesse aus dem Konstruk-
tionsbaukasten.
In: Logistik Jahrbuch 1999
Düsseldorf: Verlagsgruppe Handelsblatt, 1999