

# Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik

Herausgegeben von U. Bankhofer; P. Gmilkowsky;  
V. Nissen und D. Stelzer

Udo Bankhofer

## **Zur Standortplanung und -kontrolle im Rahmen des Supply Chain Managements**

**Arbeitsbericht Nr. 2006-02, März 2006**



Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
Institut für Wirtschaftsinformatik

**Autor:** Udo Bankhofer

**Titel:** Zur Standortplanung und -kontrolle im Rahmen des Supply Chain Managements

Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 2006-02, Technische Universität Ilmenau,

März 2006

**ISSN 1861-9223**

ISBN 3-938940-05-0

© 2006      Institut für Wirtschaftsinformatik, TU Ilmenau

**Anschrift:** Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften,  
Institut für Wirtschaftsinformatik, PF 100565, D-98684 Ilmenau.  
[http://www.tu-ilmenau.de/fakww/Ilmenauer\\_Beitraege.1546.0.html](http://www.tu-ilmenau.de/fakww/Ilmenauer_Beitraege.1546.0.html)

## **Gliederung**

Gliederung .....	ii
1 Problemstellung .....	1
2 Standortplanung mit multivariaten Analysemethoden .....	4
2.1 Planung eines einzelnen Standorts .....	4
2.2 Planung mehrerer Standorte .....	6
2.3 Erweiterungsmöglichkeiten .....	8
3 Dynamische Standortanalyse im Rahmen des SCM .....	12
3.1 Grundlegende Konzeption einer dynamischen Standortanalyse .....	12
3.2 Integration einer dynamischen Standortanalyse in das SCM .....	15
4 Zusammenfassung .....	16
Literaturverzeichnis .....	17

*Zusammenfassung: In dieser Arbeit wird mit der Standortplanung und -kontrolle auf einen strategischen Aufgabenbereich des Supply Chain Managements eingegangen, der den Rahmen für die taktischen und operativen Tätigkeiten vorgibt. Die aus der Literatur bekannten Verfahren zur Standortplanung weisen im Allgemeinen das Problem auf, dass qualitative Entscheidungskriterien nur ungenügend oder gar nicht berücksichtigt werden können. Aufgrund der großen praktischen Bedeutung qualitativer Kriterien im Rahmen der Standortplanung werden in dieser Arbeit zunächst Planungsansätze mit Hilfe multivariater Analyseverfahren vorgestellt, mit denen entsprechende Planungsprobleme adäquat behandelt werden können. Im Anschluss daran wird dann auf einen Ansatz zur dynamischen Standortanalyse eingegangen, der eine Integration der Standortplanungs- und -kontrollaktivitäten in das Supply Chain Management ermöglicht.*

*Schlüsselworte: Standortplanung, Standortanalyse, Supply Chain Management*

## **1 Problemstellung**

Die rasante Weiterentwicklung der Informationstechnologie, die zunehmende Globalisierung mit internationalen Standortstrukturen, Beschaffungs- und Absatzmärkten sowie die zunehmend notwendige Kundenorientierung hat die Planungsprozesse im Rahmen der industriellen Fertigung in den letzten Jahrzehnten entscheidend verändert. Während die herkömmlichen PPS- bzw. ERP-Systeme auf dem Konzept einer Sukzessivplanung basieren, verfolgen die neueren Ansätze des Supply Chain Management (SCM) eine ganzheitliche und simultane Planung aller Prozesse entlang der Supply Chain. Dabei erfolgt eine Integration aller Planungs-, Steuerungs- und Kontrollaufgaben von der Kundenbestellung bis zur Auslösung von Materialbestellungen beim Lieferanten, wobei erst durch die Einbindung der Supply Chains aller am Wertschöpfungsprozess beteiligten Partner ein umfassendes Supply Chain Netzwerk entsteht.

Während in der angloamerikanischen Literatur der Ansatz des SCM bereits seit einigen Jahren diskutiert wird (vgl. z.B. Oliver und Webber, 1992, Cooper et al., 1997), setzt sich die deutschsprachige Literatur erst seit jüngster Zeit intensiver damit auseinander. Unter SCM wird im Allgemeinen die „...Planung, Steuerung und Kontrolle des gesamten Material- und Dienstleistungsflusses, einschließlich der damit verbundenen Informations- und Geldflüsse, innerhalb eines Netzwerkes von Unternehmen und deren Bereichen...“ verstanden, „...die im Rahmen von aufeinander folgenden Stufen der Wertschöpfungskette an der Entwicklung, Erstellung und Verwertung von Sachgütern und/oder Dienstleistungen partnerschaftlich zusammenarbeiten, um Effektivitäts- und Effizienzsteigerungen zu errei-

chen...“ (Hahn, 2000, S. 12). Dabei ist festzuhalten, dass SCM nicht nur die Verkettung operativer logistischer Prozesse beinhaltet, sondern auch die grundlegende strategische Gestaltung der Supply Chain zum Gegenstand hat.

Zur Strukturierung der Planungsaufgaben innerhalb einer Supply Chain kann die so genannte Supply Chain Planning Matrix herangezogen werden (vgl. Rohde et al., 2000, S. 10). Dabei werden die einzelnen Aufgaben nach den Dimensionen Planungshorizont und betrieblicher Funktionsbereich systematisiert und eingeordnet. Beim Planungshorizont wird zwischen lang-, mittel- und kurzfristigen Planungsaktivitäten und beim betrieblichen Funktionsbereich zwischen Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- und Absatzbereich unterschieden. Insgesamt resultiert die in der Abbildung 1 dargestellte Matrix (vgl. Fleischmann et al., 2000, S. 63).

	Beschaffung	Produktion	Distribution	Absatz
lang- fristig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialprogramm</li> <li>• Lieferantenauswahl</li> <li>• Kooperationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktionsstandort</li> <li>• Produktionssystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physische Distributionsstruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktprogramm</li> <li>• Strategische Absatzplanung</li> </ul>
mittel- fristig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalplanung</li> <li>• Materialbedarfsplanung</li> <li>• Lieferverträge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktionsprogrammplanung</li> <li>• Kapazitätsplanung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distributionsplanung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittelfristige Absatzplanung</li> </ul>
kurz- fristig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalplanung</li> <li>• Bestellplanung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Losgrößenplanung</li> <li>• Produktionssteuerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandsplanung</li> <li>• Transportplanung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzfristige Absatzplanung</li> </ul>

**Abbildung 1: Supply Chain Planning Matrix**

Die langfristige und damit strategische Gestaltung der Supply Chain stellt die Grundlage für die nachfolgenden taktischen bzw. operativen Planungsaktivitäten dar. Dabei muss das Produktprogramm auf Basis langfristiger Absatzprognosen festgelegt werden. Des Weiteren sind Entscheidungen hinsichtlich der vertikalen und horizontalen Distributionsstruktur, der Produktionsstandorte sowie jeweiligen Produktionssysteme zu treffen. Schließlich können als weitere Aufgaben auch noch die strategische Auswahl und Bewertung geeigneter Lieferanten auf Basis des benötigten Materialprogramms sowie die Gestaltung möglicher Partnerschaften genannt werden. Das Ergebnis dieser langfristigen Planungsaktivitäten stellt ein Netzwerk aus Zulieferern, Produktionsstandorten, Distributionszentren und

Endkunden dar, in das auch die Supply Chains der Partnerunternehmen zu integrieren sind (vgl. Rohde et al., 2000, S. 10).

Damit stellt die Planung der Standorte eines Unternehmens sowie die Integration der Standorte der an der Supply Chain beteiligten Unternehmen eine zentrale Planungsaufgabe im Rahmen des SCM dar. Neben der Standortplanung ist jedoch vor allem eine laufende Kontrolle der Standortsituation notwendig, um eine Koordination mit allen anderen Planungsaufgaben des SCM zu ermöglichen und gegebenenfalls notwendige Anpassungsmaßnahmen rechtzeitig planen und durchführen zu können.

Falls im Rahmen einer Standortplanung ausschließlich quantitative Standortfaktoren von Bedeutung sind, stehen eine Vielzahl, vor allem OR-basierter Planungsmethoden zur Verfügung (vgl. z.B. Domschke und Drexl, 1996, Daskin, 1995 sowie Mirchandani und Francis, 1990). Wie die Ergebnisse empirischer Studien jedoch zeigen (vgl. Bankhofer, 2000, S. 341), sind aber gerade bei praktischen Problemstellungen Standortfaktoren von Bedeutung, die nicht immer quantitativ zum Ausdruck gebracht werden können. In diesen Fällen stellt die Standortliteratur mit den hinreichend bekannten Bewertungsverfahren wie Scoring- oder Nutzwertanalysen zwar grundsätzlich Planungsmethoden bereit (vgl. z.B. Lüder, 1990, S. 37-38 sowie Hellmig, 1991, S. 36-37), die beispielsweise aber bei der gleichzeitigen Planung mehrerer Standorte nicht mehr zur Anwendung kommen können. Hier bietet sich als Lösung ein Planungsansatz auf der Basis multivariater Analysemethoden an, mit dem beliebig viele Standorte auch im Fall qualitativer Standortfaktoren gleichzeitig einer Planung unterzogen werden können.

Auf Basis dieser grundlegenden Überlegungen resultiert damit die folgende weitere Gliederung der vorliegenden Arbeit: Im nachfolgenden Abschnitt 2 werden zunächst die Ansätze einer Standortplanung mit Hilfe multivariater Analysemethoden behandelt, wobei im Einzelnen auf die Planung eines einzelnen Standort, mehrerer Standorte sowie auf Erweiterungsmöglichkeiten dieses Ansatzes eingegangen wird. Aufbauend darauf wird dann in Abschnitt 3 ein Ansatz zur dynamischen Standortanalyse vorgestellt, mit dem eine fortlaufende Planung und Kontrolle aller Unternehmensstandorte durchgeführt werden kann, um damit eine Koordination und Integration weiterer Planungsaufgaben des SCM zu ermöglichen.

## 2 Standortplanung mit multivariaten Analysemethoden

### 2.1 Planung eines einzelnen Standorts

Den Ausgangspunkt für eine Standortplanung mittels multivariater Analysemethoden zur Bestimmung eines einzelnen Standorts stellt eine Datenmatrix dar, in der zeilenweise die Ausprägungen aller Standortalternativen bezüglich der als relevant erachteten Standortfaktoren enthalten sind. Darüber hinaus müssen die Anforderungen an den zu bestimmenden Standort konkretisiert werden. Dazu werden für einen fiktiven Idealstandort die Ausprägungen bezüglich der einzelnen Standortfaktoren festgelegt. Dabei ist zu beachten, dass der Idealstandort nicht zwingend immer die bestmögliche Ausprägung bezüglich eines Standortfaktors aufweisen muss. Beispielsweise kann ein zu großes Grundstück für eine zu planende Produktionsstätte ebenso von Nachteil sein wie ein zu kleines, da es unnötige Mehrkosten verursachen würde. Im Anschluss daran werden paarweise Distanzindizes zwischen dem Idealstandort und den potenziellen Standortalternativen ermittelt. Dazu können zunächst die paarweisen Distanzen bezüglich der einzelnen Standortfaktoren berechnet werden, die anschließend geeignet zu einem Gesamtdistanzindex aggregiert werden müssen.<sup>1</sup> Da entsprechende Distanzindizes für alle Skalentypen bekannt sind, können beliebig skalierte Standortfaktoren in diesem Ansatz berücksichtigt werden. Der günstigste Standort ist dann derjenige, der zum Idealstandort die geringste Distanz und damit die größte Ähnlichkeit aufweist.

Das nachfolgende Beispiel soll die beschriebene Vorgehensweise kurz verdeutlichen. Dazu werden die in der Tabelle 1 angegebenen Beispieldaten verwendet. Als entscheidungsrelevante Standorteigenschaften werden dabei die beiden quantitativen Kriterien „Grundstücksgröße“ und „Autobahntfernung“ sowie die beiden qualitativen Kriterien „Möglichkeiten der Materialbeschaffung“ und „Qualifikation der Arbeitsuchenden“ herangezogen. Bezüglich dieser vier Standortfaktoren liegen die Ausprägungen für insgesamt zehn Standortalternativen vor, wobei davon ausgegangen wird, dass alle Standorte den Mindestanforderungen genügen.

---

<sup>1</sup> Eine ausführliche Darstellung der unterschiedlichen Berechnungsmöglichkeiten von merkmalsweisen Distanzen sowie der bekannten Aggregationsansätze kann beispielsweise Opitz (1980, S. 32-50) und Jobson (1992, S. 486-508) entnommen werden.

Standort <i>i</i>	Grundstücksgröße in m <sup>2</sup>	Autobahnentfernung in km	Möglichkeiten der Materialbeschaffung	Qualifikation der Arbeitsuchenden
1	6.900	5	sehr gut	mittel
2	7.200	6	sehr gut	hoch
3	3.500	1	gut	mittel
4	8.200	10	akzeptabel	niedrig
5	5.300	6	gut	sehr hoch
6	5.000	7	gut	mittel
7	6.900	3	akzeptabel	hoch
8	10.000	10	akzeptabel	mittel
9	9.300	7	gut	niedrig
10	4.600	15	sehr gut	mittel

**Tabelle 1: Beispieldaten zur Standortplanung**

Das Anforderungsniveau an den zu bestimmenden Standort ist in diesem Beispiel gemäß den Daten der Tabelle 2 vorgegeben.

Standortfaktor	Ausprägung
Grundstücksgröße	7.500
Autobahnentfernung	1
Möglichkeiten der Materialbeschaffung	sehr gut
Qualifikation der Arbeitsuchenden	hoch

**Tabelle 2: Ausprägungen des Idealstandorts**

Bei den Standortfaktoren „Autobahnentfernung“ und „Möglichkeiten der Materialbeschaffung“ wird dabei jeweils die beste Ausprägung, die gemäß den Daten der Tabelle 1 vorliegt, als Idealausprägung herangezogen. Demgegenüber liegen bei den beiden anderen Standortfaktoren die folgenden, exemplarisch gewählten Vorgaben zugrunde:

- Beim Standortfaktor „Grundstücksgröße“ wird davon ausgegangen, dass eine Grundstücksgröße zwischen 7.000 m<sup>2</sup> und 8.000 m<sup>2</sup> besonders geeignet ist. Ein kleineres Grundstück ist aufgrund mangelnder Erweiterungsmöglichkeiten des geplanten Betriebskomplexes und ein größeres Grundstück aufgrund der dadurch entstehenden, unnötigen Mehrkosten weniger geeignet.
- Beim Standortfaktor „Qualifikation der Arbeitsuchenden“ wird für das Beispiel unterstellt, dass eine sehr hohe Qualifikation für die am Standort zu verrichtenden Tä-

tigkeiten nicht notwendig ist und nur unnötige Mehrkosten verursachen würde. Aus diesem Grund wird eine hohe Qualifikation der Arbeitssuchenden als Ausprägung für den Idealstandort festgelegt.

Zur Berechnung der merkmalsweisen Distanzen zwischen den einzelnen Standorten und dem Idealstandort werden die Rangdifferenz für die ordinalen sowie die City-Block-Metrik für die quantitativen Standortfaktoren herangezogen. Die anschließende Aggregation erfolgt in diesem Beispiel vereinfacht in der Art, dass die einzelnen Distanzen gleichmäßig in den Gesamtdistanzindex eingehen und eine Normierung auf das Intervall  $[0;1]$  erreicht wird. Damit wird folglich unterstellt, dass alle Standortfaktoren eine gleichstarke Bedeutung für das Unternehmen besitzen. Eine unterschiedliche Bedeutung der Standortfaktoren könnte entsprechend durch eine geeignet gewählte Gewichtung der merkmalsweisen Distanzen zum Ausdruck gebracht werden. Die gemäß der hier gewählten Vorgehensweise resultierenden Gesamtdistanzen zwischen den zehn betrachteten Standorten und dem Idealstandort sind schließlich in der Tabelle 3 angegeben.

Standort	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz zum Idealstandort	0,23	<b>0,11</b>	0,50	0,70	0,48	0,51	0,32	0,69	0,59	0,56

**Tabelle 3: Ergebnisse der Distanzmethode für die Beispieldaten**

Das Ergebnis des vorgestellten Planungsansatzes spricht somit für die Wahl des Standorts 2, da dieser Standort mit einem Wert von 0,11 die geringste Distanz zum Idealstandort aufweist.

## 2.2 Planung mehrerer Standorte

Der eben vorgestellte Planungsansatz zur Bestimmung eines Betriebsstandorts kann auch auf die Problemstellung übertragen werden, dass gleichzeitig mehrere Standorte geplant werden sollen. In diesem Fall ist die beschriebene Vorgehensweise dahingehend zu modifizieren, dass eine entsprechend größere Anzahl von Idealstandorten gemäß den jeweils vorliegenden Anforderungen definiert werden muss. Im Anschluss daran können wiederum die paarweisen Distanzen zwischen den potentiellen Standorten und diesen Idealstandorten ermittelt werden. Für jeden Idealstandort wird dann derjenige Standort bestimmt, der dazu die geringste Distanz und damit die größte Ähnlichkeit aufweist. Falls eine Standortalter-

native bezüglich mehrerer Idealstandorte die jeweils geringste Distanz besitzt, können die Standorte beispielsweise so bestimmt werden, dass die Summe der Distanzen zwischen Idealstandorten und den jeweils dafür auszuwählenden unterschiedlichen Standortalternativen minimal wird.

Zur Illustration dieses Ansatzes anhand eines Beispiels werden wiederum die Beispieldaten der Tabelle 1 verwendet. In diesem Fall sollen jedoch zwei Standorte bestimmt werden, die sich gegenseitig ergänzen. Während der eine Standort ein mittelgroßes Grundstück bei einer sehr hohen Qualifikation der Arbeitsuchenden aufweisen sollte, wird für den anderen Standort lediglich ein kleines Grundstück bei einer mittleren Qualifikation der Arbeitsuchenden benötigt. Die Möglichkeiten der Materialbeschaffung sollen in beiden Fällen sehr gut und die Entfernung zur Autobahn möglichst gering sein. Zusammenfassend ergeben sich die in der Tabelle 4 dargestellten Ausprägungen der beiden entsprechenden Idealstandorte bezüglich der in diesem vereinfachten Beispiel vorliegenden Standortfaktoren.

Standortfaktor	Ausprägung Idealstandort A	Ausprägung Idealstandort B
Grundstücksgröße	5.500	3.500
Autobahntfernung	1	1
Möglichkeiten der Materialbeschaffung	sehr gut	sehr gut
Qualifikation der Arbeitsuchenden	sehr hoch	mittel

**Tabelle 4: Ausprägungen von zwei Idealstandorten**

Die Berechnung der Distanzen zwischen den zehn Standortalternativen und den beiden Idealstandorten erfolgt analog zu den Ausführungen im vorhergehenden Abschnitt. Die resultierenden Gesamtdistanzen können der Tabelle 5 entnommen werden.

Standort	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Distanz zum Idealstandort A</b>	0,32	0,27	0,43	0,81	<b>0,23</b>	0,43	0,45	0,83	0,69	0,47
<b>Distanz zum Idealstandort B</b>	0,20	0,36	<b>0,14</b>	0,72	0,53	0,29	0,54	0,66	0,58	0,29

**Tabelle 5: Ergebnisse der Distanzmethode bei zwei Standorten**

Als zu wählende Standorte resultieren damit die Standorte 5 und 3, die einzeln und in der Summe jeweils die geringste Distanz zu den Idealstandorten A und B aufweisen.

## 2.3 Erweiterungsmöglichkeiten

Wie anhand der bisherigen Ausführungen bereits deutlich wurde, können durch die Anwendung multivariater Analysemethoden beliebig skalierte Standortfaktoren bei der Planung von Betriebsstandorten gleichzeitig berücksichtigt werden. Darüber hinaus lassen sich durch die Verwendung räumlicher Entfernungen auch die durch eine Standortwahl bedingten Transportleistungen in diesem Planungsansatz erfassen. Dabei sind insbesondere die folgenden beiden Ansatzpunkte zu nennen:

- Um die Transportbeziehungen eines zu bestimmenden Standorts zu vor- oder nachgelagerten Unternehmensstandorten (Lagerstätten, vor- oder nachgelagerte Fertigungsstätten) oder zu Absatz- und Beschaffungsmärkten zu berücksichtigen, können räumliche Distanzen zu diesen unternehmensinternen oder -externen Standorten herangezogen werden.
- Falls mehrere Standorte gleichzeitig bestimmt werden sollen und zwischen diesen Standorten Transportbeziehungen zu berücksichtigen sind, können auch räumliche Entfernungen zwischen diesen Standorten in den Planungsansatz integriert werden.

Um die räumlichen Entfernungen zu existierenden unternehmensinternen oder -externen Standorten zusätzlich berücksichtigen zu können, müssen zunächst entsprechende räumliche Distanzen erhoben werden. Dabei können zum einen die räumlichen Distanzen zu den Standorten  $A_1, \dots, A_U$  herangezogen werden, die dem zu bestimmenden Standort vorgelagert sind und Transportleistungen an ihn erbringen (z.B. Lagerstätten, vorgelagerte Fertigungsstätten, Lieferanten). Zum anderen können aber auch die räumlichen Distanzen zu den Standorten  $N_1, \dots, N_V$  berücksichtigt werden, die dem zu bestimmenden Standort nachgelagert sind und Transportleistungen von ihm erhalten (z.B. Lagerstätten, nachgelagerte Fertigungsstätten, Kunden). Gesucht ist dann ein Standort aus einer Menge von  $n$  potentiellen Standorten, der zu den vor- und nachgelagerten Standorten eine möglichst geringe räumliche Distanz besitzt und darüber hinaus zum definierten Idealstandort eine größtmögliche Ähnlichkeit bezüglich der betrachteten Standortfaktoren aufweist. Mit  $d_{ui}$  ( $u = 1, \dots, U; i = 1, \dots, n$ ) bzw.  $d_{vi}$  ( $v = 1, \dots, V; i = 1, \dots, n$ ) als räumliche Distanzen zu den vor- bzw. nachgelagerten Standorten sowie  $d_{\text{IDEAL},i}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) als aggregierter Distanzindex zum Idealstandort ist damit ein Standort  $i$  zu bestimmen, so dass der Ausdruck

$$\sum_{u=1}^U \alpha_u \cdot d_{ui} + \beta \cdot d_{\text{IDEAL},i} + \sum_{v=1}^V \gamma_v \cdot d_{vi}$$

minimal wird. Dabei stellen die Parameter  $\alpha_u$  ( $u = 1, \dots, U$ ),  $\beta$  sowie  $\gamma_v$  ( $v = 1, \dots, V$ ) Gewichte dar, mit denen zum einen unterschiedliche Wertebereiche der Distanzen ausgeglichen werden können und zum anderen die Bedeutung der einzelnen Distanzblöcke zum Ausdruck gebracht werden kann. Darüber hinaus können mit den Gewichten  $\alpha_u$  ( $u = 1, \dots, U$ ) und  $\gamma_v$  ( $v = 1, \dots, V$ ) auch gegebenenfalls abweichende Transportmengen und -kosten auf einzelnen Transportwegen berücksichtigt werden.

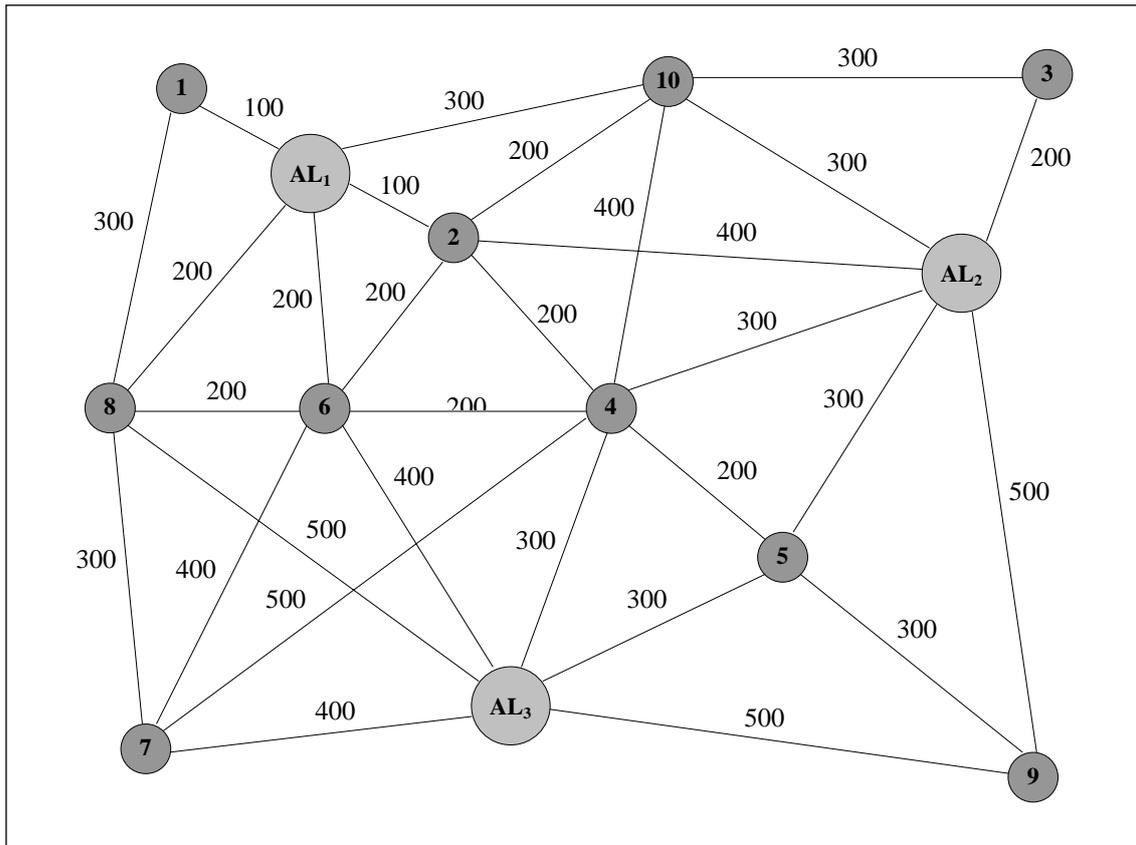
Der vorgestellte Ansatz lässt sich nun noch dahingehend erweitern, dass bei der gleichzeitigen Planung mehrerer Betriebsstandorte von Transportleistungen zwischen diesen Standorten ausgegangen wird. So können beispielsweise bei der Planung von Produktionsstandorten unterschiedlicher Fertigungsstufen oder Lagerstandorten unterschiedlicher Lagerstufen die räumlichen Distanzen zwischen den jeweiligen Standorten zusätzlich von Bedeutung sein. Für zwei zu planende Standorte  $i$  und  $j$  aus einer Menge von  $n$  potentiellen Standorten, wobei der Standort  $i$  dem Standort  $j$  vorgelagert sein soll, sowie den räumlichen Distanzen  $d_{ij}$  zwischen den Standorten  $i$  und  $j$  wird dann beispielsweise eine Standortkombination  $(i, j)$  mit  $i \neq j$  gesucht, die den Ausdruck

$$\sum_{u=1}^U \alpha_u \cdot d_{ui} + \beta_1 \cdot d_{\text{IDEAL A}, i} + \beta_2 \cdot d_{ij} + \beta_3 \cdot d_{\text{IDEAL B}, j} + \sum_{v=1}^V \gamma_v \cdot d_{vj}$$

minimiert. Dabei wird in diesem Fall von zwei bereits definierten Idealstandorten A und B (IDEAL A, IDEAL B) sowie weiteren vor- und nachgelagerten Standorten ausgegangen, zu denen die jeweiligen Distanzen ermittelt bzw. erhoben worden sind. Die Parameter  $\alpha_u$  ( $u = 1, \dots, U$ ),  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  sowie  $\gamma_v$  ( $v = 1, \dots, V$ ) stellen wiederum festzulegende Gewichte dar, deren Bedeutung den obigen Ausführungen entnommen werden kann.

Abhängig von der Anzahl der zu bestimmenden Standorte sowie der vorliegenden Transportbeziehungen können eine Vielzahl weiterer Modellvarianten aufgestellt werden, mit denen die jeweilige Problemstellung dann möglichst gut abgebildet wird. Im Folgenden soll der Ansatz noch an einem konkreten, aber vereinfachten Beispiel illustriert werden. Dazu wird von den Beispieldaten der Tabelle 1 sowie den für dieses Beispiel bereits ermittelten und in der Tabelle 5 dargestellten Distanzen zu zwei Idealstandorten A und B ausgegangen. Bei den beiden zu bestimmenden Standorten soll es sich um Produktionsstandorte für zwei aufeinander aufbauende Fertigungsstufen handeln, die in einem neuen Auslandsmarkt errichtet werden sollen. Dieser wurde bislang durch Exportleistungen beliefert, wobei bereits drei Auslieferungslager existieren. Neben den vier in diesem Beispiel als rele-

vant erachteten Standortfaktoren für die zehn betrachteten Standortalternativen soll auch den räumlichen Entfernungen zu den drei Auslieferungslagern sowie zwischen den zu bestimmenden Standorten ein bedeutsamer Einfluss auf die Standortwahl beigemessen werden. Der Abbildung 2 kann eine graphische Illustration der vorliegenden Problemstellung einschließlich der gegebenen räumlichen Distanzen zwischen den zehn potentiellen Standorten für die Produktionsstätten und den drei existierenden Auslieferungslagern AL<sub>1</sub>, AL<sub>2</sub> und AL<sub>3</sub> entnommen werden.



**Abbildung 2: Ungerichteter Graph für die Beispieldaten**

In diesem Beispiel sollen mit den in der Tabelle 4 angegebenen Ausprägungen des Idealstandorts A (IDEAL A) die Anforderungen an den Standort für die erste Fertigungsstufe wiedergegeben werden, während mit dem Idealstandort B (IDEAL B) die Anforderungen an den Standort für die zweite Fertigungsstufe zum Ausdruck gebracht werden. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass alle für einen einzelnen Standort betrachteten Standortfaktoren, die räumlichen Entfernungen zwischen den zu bestimmenden Standorten sowie die räumlichen Entfernungen zu den Auslieferungslagern jeweils in etwa die gleiche Bedeutung für die Standortwahl besitzen.

Damit wird eine Standortkombination  $(i, j)$  mit  $i \neq j$  gesucht, so dass der Ausdruck

$$d_{\text{IDEAL A},i} + \frac{1}{1000} \cdot d_{ij} + d_{\text{IDEAL B},j} + \frac{1}{3} \cdot \sum_{v=1}^3 \frac{1}{800} \cdot d_{\text{AL}_v,j}$$

minimal wird. Um die geforderte Gleichgewichtung der vier Distanzblöcke zu gewährleisten, wurden die Gewichte der räumlichen Distanzblöcke als Kehrwerte der jeweils maximalen paarweisen Distanz festgelegt. Zur Lösung des Problems können zunächst die Distanzmatrizen

$$(d_{\text{AL}_v,j})_{3,10} = \begin{pmatrix} 100 & 100 & 600 & 300 & 500 & 200 & 500 & 200 & 800 & 300 \\ 600 & 400 & 200 & 300 & 300 & 500 & 800 & 700 & 500 & 300 \\ 700 & 500 & 800 & 300 & 300 & 400 & 400 & 500 & 500 & 700 \end{pmatrix}$$

$$(d_{ij})_{10,10} = \begin{pmatrix} 0 & 200 & 700 & 400 & 600 & 300 & 600 & 300 & 900 & 400 \\ 200 & 0 & 500 & 200 & 400 & 200 & 600 & 300 & 700 & 200 \\ 700 & 500 & 0 & 500 & 500 & 700 & 1000 & 800 & 700 & 300 \\ 400 & 200 & 500 & 0 & 200 & 200 & 500 & 400 & 500 & 400 \\ 600 & 400 & 500 & 200 & 0 & 400 & 700 & 600 & 300 & 600 \\ 300 & 200 & 700 & 200 & 400 & 0 & 400 & 200 & 700 & 400 \\ 600 & 600 & 1000 & 500 & 700 & 400 & 0 & 300 & 900 & 800 \\ 300 & 300 & 800 & 400 & 600 & 200 & 300 & 0 & 900 & 500 \\ 900 & 700 & 700 & 500 & 300 & 700 & 900 & 900 & 0 & 800 \\ 400 & 200 & 300 & 400 & 600 & 400 & 800 & 500 & 800 & 0 \end{pmatrix}$$

auf Basis der Abbildung 2 aufgestellt werden. Anschließend können dann geeignete Lösungsalgorithmen wie beispielsweise ein Branch&Bound-Ansatz zur Anwendung kommen. Aufgrund der einfachen Problemstruktur erhält man hier jedoch die optimale Lösung mit  $i = 2$  und  $j = 6$  sehr schnell durch Berechnen der obigen Zielfunktion für einige, auf Basis der einzelnen Distanzblöcke aussichtsreichen Lösungskandidaten. Außerdem könnte das vorliegende Problem aufgrund der geringen Größe auch enumerativ gelöst werden. Durch die Wahl des Standorts 2 für die erste Fertigungsstufe sowie des Standorts 6 für die zweite Fertigungsstufe werden damit sowohl die Anforderungen an die betrachteten Standortfaktoren als auch an die Transportentfernungen gleichermaßen berücksichtigt.

### 3 Dynamische Standortanalyse im Rahmen des SCM

#### 3.1 Grundlegende Konzeption einer dynamischen Standortanalyse

Aufbauend auf den bislang vorgestellten Ansätzen zur Planung von Standorten kann durch eine weiterführende entsprechende Betrachtung über mehrere Zeitperioden eine dynamische Standortanalyse durchgeführt werden. Diese Art der Analyse ist dabei zum einen für diejenigen Standorte relevant, die im Rahmen eines länger angelegten Planungsprozesses zur Auswahl stehen. Dadurch ist es möglich, erwartete oder tatsächlich auftretende Veränderungen der Standortbedingungen und -anforderungen in den Planungsansatz zu integrieren. Zum anderen können aber auch Standorte, für die sich das Unternehmen bereits entschieden hat, einer fortlaufenden Überprüfung hinsichtlich ihrer Eignung unterzogen werden, um bei Veränderungen entsprechende Maßnahmen rechtzeitig ergreifen zu können.

Im Vergleich zu einer einmaligen Standortplanung müssen bei einer dynamischen Standortanalyse die Bedingungen der über einen längeren Zeitraum betrachteten Standorte sowie die entsprechenden Anforderungen bezüglich der relevanten Standortfaktoren in gewissen Zeitabständen immer wieder erhoben werden. Auf Basis dieser Daten sind dann die vom jeweiligen Erhebungszeitpunkt abhängigen Distanzen zwischen den zu analysierenden Standorten sowie den auf Basis der Anforderungsprofile festgelegten Idealstandorten zu bestimmen, wobei auch Veränderungen der Bedeutung einzelner Standortfaktoren über die Zeit berücksichtigt werden können. Eine graphische Darstellung der Ergebnisse kann darüber hinaus durch geeignete Repräsentationsmethoden erfolgen. Neben der multidimensionalen Skalierung, die unmittelbar auf Distanzen basiert und damit für beliebig skalierte Standortfaktoren zur Anwendung kommen kann, ist auch der Einsatz der Faktorenanalyse möglich. In diesem Fall müssen jedoch ausschließlich quantitativ skalierte Standortfaktoren vorliegen. Dafür besitzt die Faktorenanalyse gegenüber der multidimensionalen Skalierung den Vorteil, dass die Koordinatenachsen besser interpretierbar sind und damit eine weiterführende Analyse durchgeführt werden kann (vgl. z.B. Jobson, 1992, S. 346-425 und S. 568-601).

Zur grundlegenden Illustration dieses Ansatzes zur dynamischen Standortanalyse anhand eines vereinfachten Beispiels wird im Folgenden von den Ergebnissen des in Abschnitt 2.1 dargestellten Beispiels zur Standortbestimmung ausgegangen. Auf Basis der Daten der Tabelle 1 sowie der in der Tabelle 2 angegebenen Ausprägungen eines fiktiven Idealstandorts (IDEAL) wurde dabei als Handlungsempfehlung die Auswahl des Standorts 2 (S2) abge-

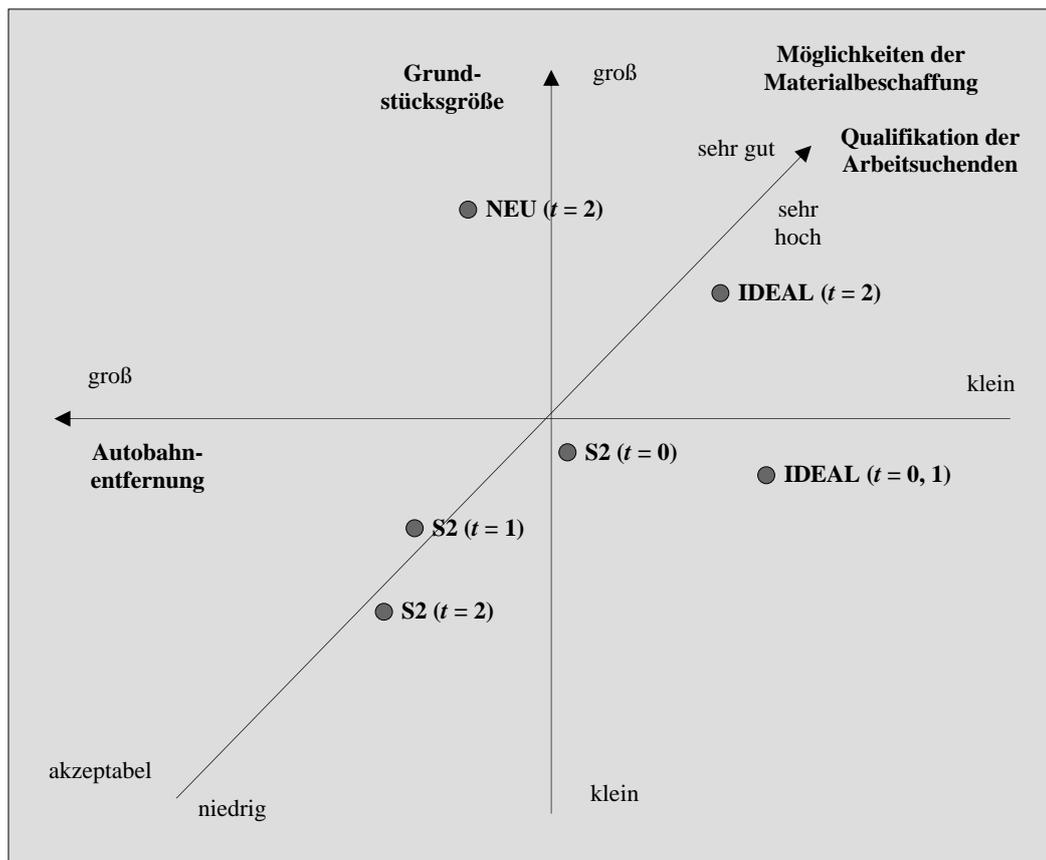
leitet. Ausgehend von einer tatsächlich umgesetzten Entscheidung für den Standort 2 zum Zeitpunkt  $t = 0$  soll nun eine Analyse der in den nächsten zwei Zeitperioden ( $t = 1, 2$ ) eingetretenen Veränderungen der Standortbedingungen und -anforderungen erfolgen, wobei von den folgenden Gegebenheiten ausgegangen wird:

- Aufgrund von Veränderungen des Beschaffungsmarktes, der den Standort 2 mit Material versorgt, können die Möglichkeiten der Materialbeschaffung zum Zeitpunkt  $t = 1$  nur noch als gut bezeichnet werden.
- Zum Zeitpunkt  $t = 2$  kann die Qualifikation der Arbeitsuchenden am Standort 2 nur noch mit „mittel“ bewertet werden. Da das Unternehmen weiterhin einen Bedarf an Arbeitskräften hat, bleibt dieser Standortfaktor auch zum Zeitpunkt  $t = 2$  von Bedeutung.
- Während sich zum Zeitpunkt  $t = 1$  die Anforderungen an den betrachteten Standort und damit die Ausprägungen des Idealstandorts noch nicht verändern, wäre zur Nutzung zusätzlicher Absatzmöglichkeiten und damit notwendiger Kapazitätserweiterungen zum Zeitpunkt  $t = 2$  ein größeres Grundstück mit ca. 10.000 m<sup>2</sup> erforderlich.
- Zum Zeitpunkt  $t = 2$  bietet sich für das Unternehmen die Möglichkeit des Erwerbs eines neuen Standorts (NEU), zu dem die Kapazitäten des Standorts 2 verlagert werden könnten. Dieser Standort weist ein Grundstück von 10.500 m<sup>2</sup>, eine Autobahnentfernung von 7 km, sehr gute Möglichkeiten der Materialbeschaffung sowie eine hohe Qualifikation der Arbeitsuchenden auf.

Auf Basis der paarweisen Distanzen zwischen den Ausprägungen der in die Analyse eingehenden Standorte zu den einzelnen Zeitpunkten kann zur graphischen Ergebnisrepräsentation eine multidimensionale Skalierung durchgeführt werden, die bei einem Stresswert von 0,01 zu der Darstellung der Abbildung 3 führt. Da eine Hauptkomponentenanalyse bei einem Erklärungsanteil von knapp 80 Prozent zu einer fast identischen Konfiguration der Objekte führt, können darüber hinaus auch die entsprechenden Merkmalsachsen in die resultierende Graphik eingebettet werden.

Anhand der graphischen Darstellung kommen die Veränderungen der Standortbedingungen und -anforderungen und damit auch die Eignung des Standorts 2 sehr gut zum Ausdruck. Man erkennt zum einen, dass sich der Standort 2 aufgrund der negativen Veränderungen bezüglich der Standortfaktoren „Möglichkeiten der Materialbeschaffung“ und

„Qualifikation der Arbeitsuchenden“ vom Anforderungsprofil immer weiter entfernt. Zum anderen wird in diesem sehr stark vereinfachten Beispiel deutlich, dass zum Zeitpunkt  $t = 2$  der neue, zum Erwerb stehende Standort besser geeignet wäre als der bestehende Standort 2. Aus diesem Ergebnis sollte hier jedoch nicht unmittelbar die Handlungsempfehlung abgeleitet werden, den Standort 2 sofort zu verlagern. Eine derartige Entscheidung kann mit Sicherheit nur unter Abwägung sämtlicher Nutzen- und Kostenaspekte getroffen werden und sollte daher auf einer umfangreicheren Datenbasis als in diesem Beispiel stehen, zumal auch andere Standortplanungsmethoden wie beispielsweise Investitionsrechnungsverfahren ergänzend zur Anwendung kommen sollten, um vor allem die Kosten einer Standortverlagerung berücksichtigen zu können (vgl. dazu z.B. Hummel, 1997, S. 273-279). Dennoch wird mit dem vorgestellten Ansatz einer dynamischen Standortanalyse ein Analyseinstrument bereit gestellt, mit dem derartige Entwicklungen frühzeitig aufgezeigt werden, um das Unternehmensmanagement laufend mit Informationen zu versorgen, die über einen längeren Zeitraum betrachtet auch zur Auslösung entsprechender Standortentscheidungsprozesse führen können.



**Abbildung 3: Ergebnisrepräsentation einer dynamischen Standortanalyse**

### 3.2 Integration einer dynamischen Standortanalyse in das SCM

Zur Integration der vorgestellten Standortplanungs-, -analyse und -kontrollansätze auf der Basis multivariater Analyseverfahren in ein umfassendes SCM-Konzept können grundsätzlich die beiden folgenden Ansatzpunkte unterschieden werden:

- **Horizontale Integration:** Dabei sind die Beziehungen zwischen der Beschaffungs- und Absatzseite und einzelnen Unternehmensstandorten sowie Beziehungen zwischen Unternehmensstandorten entlang der Supply Chain zu berücksichtigen.
- **Vertikale Integration:** Die Beziehungen zwischen den Unternehmensstandorten und den taktischen sowie operativen Unternehmensprozessen müssen im Zeitablauf erfasst und in den Standortplanungs- und -kontrollansatz integriert werden.

Der angesprochene Fall einer horizontalen Integration der Unternehmensstandorte bedeutet, dass die unternehmensinternen und -externen Schnittstellen entlang der gesamten Wertschöpfungskette entsprechend zu berücksichtigen sind. Dabei müssen alle für die Standorte eines Unternehmens relevanten Aspekte von der Beschaffung über die Produktion und Distribution bis hin zum Absatz in den Planungs- und Analyseansatz eingehen. Neben den Anforderungen von Produktions- und Distributionssystemen an die jeweiligen Standorte, wie beispielsweise Anforderungen hinsichtlich Personal und Platzbedarf, sind in diesem Zusammenhang vor allem die Lieferanten und Kunden zu nennen, die in den Planungsansatz zu integrieren sind. Dabei müssen die Beschaffungs- bzw. Absatzanforderungen bezüglich neuer und vorhandener Lieferanten bzw. Abnehmern mit den Bedingungen der zur Auswahl stehenden Standorte verglichen werden. Da hier auch Transportbeziehungen zu Lieferanten und Abnehmern sowie zwischen einzelnen Unternehmensstandorten von großer Bedeutung sein können, stellen insbesondere auch die in Abschnitt 2.3 dieser Arbeit vorgestellten Erweiterungen der Planungsansätze auf der Basis multivariater Analysemethoden ein geeignetes Instrumentarium zur Lösung dieses Integrationsproblems dar. Durch die Kombination mit dem in Abschnitt 3.1 dargestellten Ansatz einer dynamischen Standortanalyse ist darüber hinaus auch eine Planung und Kontrolle im Zeitablauf möglich.

Die Standortwahl stellt für ein Unternehmen eine strategische Entscheidung dar, die grundsätzlich langfristig orientiert ist und im Allgemeinen nur schwer revidierbar ist. Aus diesem Grund sollte die Planung von Unternehmensstandorten entsprechend umfassend erfolgen und nach Möglichkeit alle denkbaren Konsequenzen der resultierenden Entscheidung berücksichtigen. Dennoch können die der Standortwahl an sich nachgelagerten taktischen

und operativen Planungsprozesse im Rahmen des SCM dazu führen, dass sich Standortanforderungen über die Zeit verändern bzw. einmal festgestellte Standortbedingungen zu einem späteren Zeitpunkt revidiert werden müssen. Beispielsweise wäre es denkbar, dass sich die Kapazitätsanforderungen an einen Standort für Lagereinrichtungen oder Produktionsstätten bei der konkreten Planung von Beständen oder Produktionskapazitäten auf Basis der Absatzplanung ändern. Auf der anderen Seite kann sich z.B. im Rahmen der mittel- oder kurzfristigen Personalplanung herausstellen, dass sich die entsprechenden Personalbedingungen eines Standorts geändert haben. Mit dem im vorherigen Abschnitt vorgestellten Ansatz einer dynamischen Standortanalyse können diese Veränderungen der Standortanforderungen und -bedingungen über die Zeit jedoch problemlos erfasst und integriert werden. Auftretende Veränderungen können somit rechtzeitig erkannt werden und gegebenenfalls auch dazu führen, dass Standortentscheidungen überdacht werden müssen. Erst durch die laufende Analyse und Überprüfung der Standortsituation unter Berücksichtigung sämtlicher sich über die Zeit verändernder Gegebenheiten aus allen Bereichen des Unternehmens und seiner Umwelt kann eine umfassende Integration und Koordination aller Prozesse entlang der Wertschöpfungskette erfolgen.

#### **4 Zusammenfassung**

Die permanente Veränderung der unternehmensinternen und -externen Bedingungen führt zu der Notwendigkeit, dass sich ein Unternehmen laufend mit der Frage nach geeigneten Betriebsstandorten auseinandersetzen muss. Im Rahmen des SCM stellen die Unternehmensstandorte zusammen mit den Standorten von Zulieferern, Distributionszentren und Endkunden ein umfassendes Supply Chain Network dar, auf dessen Basis die taktischen und operativen Planungsaktivitäten abzuleiten sind.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der strategische Aspekt des SCM im Hinblick auf die Planung von Unternehmensstandorten sowie der fortlaufenden Analyse der Standortsituation aufgegriffen. Dazu wurden zunächst Planungsmethoden mittels multivariater Analyseverfahren vorgestellt, mit denen beliebig viele Standorte bei beliebig skalierten Standortanforderungen berücksichtigt werden können. Durch die Erweiterung dieses Ansatzes auf Transportleistungen zwischen einzelnen Standorten sowie auf dynamische Aspekte konnten schließlich Planungs-, Analyse- und Kontrollansätze erarbeitet werden, mit denen eine umfassende Integration der Standortplanung in das Konzept des SCM möglich ist.

## Literaturverzeichnis

- Bankhofer, U. (2000):** Industrielles Standortmanagement: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: Zeitschrift für Planung, Band 11, Heft 3, S. 329-352.
- Cooper, M.C.; Lambert, D.M.; Pagh, J.D. (1997):** Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. In: International Journal of Logistics Management, Heft 1, S. 1-14.
- Daskin, M. (1995):** Networks and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications, Wiley, New York
- Domschke, W.; Drexl, A. (1996):** Logistik: Standorte. 4. Auflage, Oldenbourg, München.
- Fleischmann, B.; Meyr, H.; Wagner, M. (2000):** Advanced Planning. In: Stadler, H.; Kilger, C. (Hrsg.), Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies, Springer, Berlin, S. 57–77.
- Hahn, D. (2000):** Problemfelder des Supply Chain Management. In: Wildemann, H. (Hrsg.), Supply Chain Management, TCW-Verlag, München, S. 9-19.
- Hellmig, G. (1991):** Betriebliche Standortplanung (I). In: Das Wirtschaftsstudium, Nr. 1, S. 35–37.
- Hummel, B. (1997):** Internationale Standortentscheidung. Haufe, Freiburg.
- Jobson, J.D. (1992):** Applied Multivariate Data Analysis, Volume II: Categorical and Multivariate Methods. Springer, New York, Berlin, Heidelberg.
- Lüder, K. (1990):** Standortwahl: Verfahren zur Planung betrieblicher und innerbetrieblicher Standorte. In: Jacob H. (Hrsg.), Industriebetriebslehre, 4. Auflage, Gabler, Wiesbaden, S. 25–100.
- Mirchandani, P.B.; Francis, R.L. (Hrsg.) (1990):** Discrete Location Theory. Wiley, New York.
- Oliver, R.K.; Webber, M.D. (1992):** Supply-Chain Management: Logistics Catches Up with Strategy. In: Christopher, M. (Hrsg.), Logistics – The Strategic Issues, London, S. 63-75.
- Opitz, O. (1980):** Numerische Taxonomie. UTB, Fischer, Stuttgart.
- Rohde, J.; Meyr, H.; Wagner, M. (2000):** Die Supply Chain Planning Matrix. In: PPS Management, Vol. 5, Nr. 1, S. 10-15.