

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
-Rechts- und Staatswissenschaftliche Fakultät-

Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre  
sowie Unternehmensgründung und –nachfolge

## **Diplomarbeit**

zum Thema

„Modellierung von Nachfrageunsicherheit in Entscheidungsmodellen der taktischen Supply Chain Planung“

Erstgutachter: Prof. Dr. Martin Steinrücke

Zweitgutachter: Prof. Dr. Jan Körnert

vorgelegt von: Silvia Bethke  
Steinstraße 6-8  
17489 Greifswald

E-Mail: [silvia.bethke@gmail.com](mailto:silvia.bethke@gmail.com)

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	II
Symbolverzeichnis .....	III
Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis .....	VI
1    Einleitung.....	1
2    Taktische Supply Chain Planung .....	3
2.1    Grundlagen taktischer Supply Chain Netzwerke.....	3
2.2    Modellgestützte Planung.....	7
3    Verfahren zur Berücksichtigung von Unsicherheit in der taktischen Supply Chain Planung mit einem Literaturüberblick .....	11
4    Modellierung und Programmierung eines stochastischen Entscheidungsmodells der taktischen Supply Chain Planung .....	20
4.1    Rahmenmodelle als Grundlage der Modellierung.....	20
4.2    Entwicklung eines deterministischen Entscheidungsmodells.....	22
4.3    Überführung des deterministischen Modells in ein stochastisches.....	32
4.4    Numerisches Beispiel.....	41
4.4.1    Annahmen und Daten.....	41
4.4.2    Implementierung des Modells in die Optimierungssoftware Lingo mit Lösungsberechnung und –auswertung.....	45
4.5    Kritische Würdigung.....	50
5    Zusammenfassung und Ausblick .....	53
Anhang .....	55
Anhang I: Programmierung von Beispiel 1 in Lingo.....	55
Anhang II: Lösungen Beispiel 1.....	65
Anhang III: Daten und Lösungsstatus Beispiel 2.....	121
Literaturverzeichnis .....	123

## Abkürzungsverzeichnis

B-and-B	Branch-and-Bound
ca.	circa
CPU	Central Processing Unit
d.h.	das heißt
et al.	et alii (und andere)
f.	folgende
FE	Faktoreinheiten
ff.	fortfolgende
GB	Giga-Byte
GE	Geldeinheiten
GHz	Giga-Hertz
Hrsg.	Herausgeber
ILP	Integer Linear Program
max	maximiere / Maximum
ME	Mengeneinheiten
min	minimiere / Minimum
Obj	Objective
S.	Seite / Seiten
SC	Supply Chain
vgl.	Vergleiche
Vol.	Volume
z.B.	zum Beispiel

## Symbolverzeichnis

### Indizes

$h$	Produkt $h = 1, \dots, H$
$f$	Standort $f = 1, \dots, F$ in SC-Stufe $k-1$
$i$	Standort $i = 1, \dots, I$ in SC-Stufe $k$
$j$	Standort $j = 1, \dots, J$ in SC-Stufe $k+1$
$m$	Transportmittel $m = 1, \dots, M$ am Standort $i$
$s$	Szenario $s = 1, \dots, S$
$t$	Planungsperiode $t = 1, \dots, T$

### Indexmengen

$A$	Indexmenge der Supply Chain Stufen $1, \dots, N$
$A_1$	Indexmenge der Supply Chain Stufen $1, \dots, N-1$
$A_2$	Indexmenge der Supply Chain Stufen $2, \dots, N-1$
$B$	Indexmenge aller Standorte der Supply Chain
$B_\kappa$	Indexmenge aller Standorte der Supply Chain Stufe $\kappa$
$M_i$	Indexmenge aller Transportmittel am Standort $i$
$H$	Indexmenge aller Produkte der Supply Chain
$T$	Indexmenge der Planungsperioden
$S$	Indexmenge aller Szenarien
$G_t$	Indexmenge der Szenariogruppen in der Planungsperiode $t$
$S_g$	Indexmenge aller möglichen Szenarien in Szenariogruppe $g$

### Variablen

$v$	Binärvariable für Transportmittel
$w$	Produktionsmenge
$x$	Transportmenge
$y$	Lagermenge
$z$	Fehlmenge

**Konstanten**

cl	Lagerkostensatz
cf	Fehlmengenkostensatz
cp	Produktionskostensatz
ctf	fixe Transportkosten
ctv	variable Transportkosten
D	Nachfrage
KapL	Lagerkapazität
KapP	Produktionskapazität
KapT	Transportkapazität
p	Absatzpreis
PK	Produktionskoeffizient
WK	bedingte Wahrscheinlichkeit

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Supply-Chain-Planning Matrix .....	5
Abbildung 2: Szenariobaum über 4 Planungsperioden mit einfacher Fortführung am Planungshorizont .....	33
Abbildung 3: Aufbau der Supply Chain des numerischen Beispiels .....	41
Abbildung 4: Nachfrage in Form eines Szenariobaumes für Beispiel 1 .....	43
Abbildung 5: Solver Status Beispiel 1, Variante 1 .....	47
Abbildung 6: Solver Status Beispiel 1, Variante 2 .....	68
Abbildung 7: Solver Status Beispiel 1, Variante 2 .....	73
Abbildung 8: Solver Status Beispiel 2 .....	122

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Variable Transportkosten Beispiel 1 .....	42
Tabelle 2: Produktionskosten Beispiel 1 .....	42
Tabelle 3: Lagerkosten Beispiel 1 .....	42
Tabelle 4: Produktionskoeffizienten Beispiel 1 .....	42
Tabelle 5: Produktionskapazitäten Beispiel 1, Variante 1 .....	43
Tabelle 6: Lagerkapazitäten Beispiel 1, Variante 1 .....	44
Tabelle 7: Produktionskapazitäten Beispiel 1, Variante 2 .....	44
Tabelle 8: Lagerkapazitäten Beispiel 1, Variante 2 .....	44
Tabelle 9: Transportkapazitäten Beispiel 1, Variante 3 .....	45
Tabelle 10: Produktionskapazitäten Beispiel 1, Variante 3 .....	45
Tabelle 11: Lagerkapazitäten Beispiel 1, Variante 3 .....	45
Tabelle 12: Gegenüberstellung Beispiel 1 und Beispiel 2 .....	52

# 1 Einleitung

Die stetig wachsende Globalisierung und die damit verbundenen Herausforderungen für die Wirtschaft führen dazu, daß sowohl in der Praxis als auch in der Forschung das Interesse an globalem Supply Chain Management steigt.<sup>1</sup> Desweiteren unterliegt die Unternehmensumwelt heutzutage einem schnellen Wandel und wird immer fordernder.<sup>2</sup> Daher müssen Strategien entwickelt werden, in denen dieser Wandel als Chance genutzt und nicht als Problem gesehen wird. Die Supply Chain Planung gewinnt somit an Wichtigkeit und wegen der hohen Komplexität von Supply Chain Netzwerken sind Modelle zur Entscheidungsunterstützung notwendig. Eine der wichtigsten Formen von Modellen sind Optimierungsmodelle.<sup>3</sup> Der Zweck der Optimierung ist die effektive Entwicklung und Lösung realistischer, mathematischer Modelle. Dies dient dem Finden einer Lösung für ein Entscheidungsproblem. Die Lösung soll dem Entscheidungsträger eine große Auswahl an möglichen Alternativen bieten. Bei der Optimierung stellt die Unsicherheit der Unternehmensumwelt eine besonders große Herausforderung dar.

Unsicherheit ist die Hauptursache für das Versagen von Unternehmen und kann nie ganz beseitigt werden.<sup>4</sup> Die Unterschätzung von Unsicherheiten bei der Planung kann zu Entscheidungen führen, die weder vor vorhandenen Risiken schützen, noch die vorhandenen Chancen ausschöpfen.<sup>5</sup> Eine der Hauptquellen für Unsicherheit in Produktions- und Distributionsnetzwerken ist die Produktnachfrage. Der Verzicht auf die Berücksichtigung der unsicheren Nachfrage kann im Falle einer höheren Nachfrage als erwartet zur unbefriedigten Kundennachfrage und somit zur Verhinderung der Ausweitung des Marktvolumens führen. Fällt die Nachfrage hingegen geringer aus als erwartet, führt dies zu hohen Lagerhaltungskosten. Folglich kann davon ausgegangen werden, daß deterministische Optimierungsmodelle zu schlechteren Entscheidungen führen als stochastische, also solche, die Unsicherheit berücksichtigen. Die Berücksichtigung unsicherer Nachfrage ist besonders bedeutsam bei der taktischen Planung in Netzwerken,

---

<sup>1</sup> Vgl. CREAZZA / DALLARI / MELACINI (2010), S. 155.

<sup>2</sup> Vgl. auch im Folgenden YANG / BURNS / BACKHOUSE. (2004), S. 1049.

<sup>3</sup> Vgl. auch im Folgenden ESCUERDO ET AL. (1999), S. 14.

<sup>4</sup> Vgl. YANG / BURNS / BACKHOUSE (2004), S. 1051.

<sup>5</sup> Vgl. auch im Folgenden GUPTA / MARANAS (2003), S. 1220 f.



denn die hier möglichen Maßnahmen zur Optimierung sind bei bereits bestehenden Supply Chain Strukturen nicht so investitionsintensiv wie die auf strategischer Ebene.<sup>6</sup>

Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse wird mit der Arbeit das Ziel verfolgt, die Supply Chain Planung zu untergliedern und für die taktische Planung die Anwendung stochastischer Modelle zu erörtern, die Unsicherheiten bezogen auf die exogene Kundennachfrage berücksichtigen. Im zweiten Kapitel werden zunächst die Fundamente dieser Arbeit erläutert. Hier wird näher auf Supply Chain Netzwerke und auf modelltheoretische Grundlagen eingegangen. Anschließend werden im dritten Kapitel die verschiedenen Ausprägungen von Unsicherheiten herausgearbeitet, Methoden vorgestellt, Unsicherheit in Entscheidungsmodelle einzubinden, und es werden bestehende Modelle der Supply Chain Forschung analysiert und durch einen kurzen Literaturüberblick strukturiert. Im vierten Kapitel wird ein stochastisches Modell zur taktischen Supply Chain Planung entwickelt und verifiziert. Hierfür werden zuerst die Ansätze vorgestellt, auf denen das Modell fußt. Auf Basis der verschiedenen Ansätze wird dann in einem ersten Schritt ein deterministisches Rahmenmodell entwickelt, das im zweiten Schritt an die Bedürfnisse der Berücksichtigung von Nachfrageunsicherheit angepaßt und zu einem stochastischen Modell weiterentwickelt wird. Darauffolgend wird anhand des Modells ein numerisches Beispiel berechnet. Dies geschieht durch Programmierung in einer Optimierungssoftware und dient der Überprüfung der Richtigkeit aller modellierten Zusammenhänge sowie der eingängigen Erklärung des Modells. Abschließend wird das entwickelte Modell kritisch gewürdigt. Im fünften Kapitel wird die Arbeit dann zusammenfassend betrachtet, und es werden abschließende Anmerkungen vorgenommen.

---

<sup>6</sup> Vgl. auch im Folgenden WERNERS / THORN (2002), S. 52.

## 2 Taktische Supply Chain Planung

### 2.1 Grundlagen taktischer Supply Chain Netzwerke

In der Literatur zur Supply Chain Planung existieren viele verschiedene Versuche den Begriff „Supply Chain“ zu definieren, jedoch gibt es keine allgemeingültige, anerkannte Definition. Gemeinhin wird unter dem Begriff „Supply Chain“ ein Wertschöpfungsnetzwerk verstanden, das aus verschiedenen Organisationen besteht. „Im engeren Sinne besteht eine Supply Chain (SC) aus zwei oder mehr rechtlich selbständigen Organisationen, die durch Material-, Information- und Geldflüsse miteinander verbunden sind.“<sup>7</sup> Generell kann eine Supply Chain also als Netzwerk von Einrichtungen gesehen werden, die durch Material- und Informationsflüsse vom Rohstofflieferanten bis hin zum Endabnehmer verknüpft sind, und aus den Untersystemen Beschaffung, Produktion und Absatz besteht.<sup>8</sup> Allerdings kann im weitesten Sinne unter dem Begriff „Supply Chain“ auch ein sehr großes, internationales Unternehmen mit vielen geographisch voneinander getrennten Standorten verstanden werden.<sup>9</sup> Die Hauptzielsetzung innerhalb einer Supply Chain ist die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit, die nicht mehr durch einzelne Organisationen, sondern nur durch die Zusammenarbeit aller am Erstellungsprozeß Beteiligten erreicht werden kann. Die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit dient im Wesentlichen dazu, das betriebswirtschaftliche Ziel der Gewinnmaximierung zu verfolgen. Zwei wesentliche Bereiche, durch die die Wettbewerbsfähigkeit einer Supply Chain erhöht werden kann, sind die verstärkte Integration der Beteiligten sowie die verbesserte Koordination der Güter-, Material- und Geldflüsse. Der Begriff der Supply Chain steht in einer engen Beziehung zur heutigen Sicht einer Logistikkette.<sup>10</sup> Während sich die Logistik früher lediglich auf die Lagerung und den Transport von Gütern bezog, wird sie heute als „[...] Querschnittsfunktion gesehen, die die betrieblichen Kernfunktionen Beschaffung, Produktion und Absatz überlagert.“<sup>11</sup> Der grundlegende Unterschied jedoch zwischen einer Supply Chain und einer Logistikkette ist der, daß in einer Logistikkette jedes beteiligte Unternehmen nur seine eigene Zielsetzung verfolgt, in

---

<sup>7</sup> STADTLER (2010), S. 7.

<sup>8</sup> Vgl. PETROVIC / ROY / PETROVIC (1998), S. 299.

<sup>9</sup> Vgl. auch im Folgenden STADTLER (2010), S. 8 f.

<sup>10</sup> Vgl. auch im Folgenden CORSTEN / GÖSSINGER (2001), S. 81 ff.

<sup>11</sup> CORSTEN / GÖSSINGER (2001), S. 81.

einer Supply Chain aber eine gemeinsame, unternehmensübergreifende Zielsetzung verfolgt wird.<sup>12</sup> In der Supply Chain steht somit die Verknüpfung der Beteiligten eines Netzwerkes im Vordergrund.

Obwohl auch für das Supply Chain Management keine allgemeingültige Begriffsdefinition zu finden ist, sind sich die meisten Forscher und Autoren über dessen Aufgaben einig.<sup>13</sup> Die Aufgaben des Supply Chain Managements umfassen das Design und die Koordination der Prozesse innerhalb der Supply Chain mit Ausrichtung auf die Erreichung der geforderten Zielsetzung.<sup>14</sup> Ausgangspunkt für die Steuerung einer Supply Chain und somit auch für ihre Zielsetzung ist eine konsequente Ausrichtung an den Bedürfnissen der Endabnehmer, also den Kunden der Supply Chain und nicht an den Lieferanten.<sup>15</sup> Informationen über die Nachfrage der Kunden stellen also ein zentrales Element der Lenkung einer Supply Chain dar. Die Steuerung solcher Netzwerke von Organisationen mit Ausrichtung auf einen guten Kundenservice zu geringen Kosten bei unsicherer Nachfrage stellt heutzutage eine der größten Herausforderungen dar.<sup>16</sup> Viele Forschungsstudien zielen auf eine Optimallösung für ein mehrstufiges Produktionsnetzwerk ab, während andere eine dezentralisierte Lösungsfindung empfehlen. Im weiteren Verlauf wird nicht weiter auf die Probleme der dezentralisierten Planung eingegangen, sondern es wird von einer zentralen Supply Chain Planung ausgegangen, da die Koordinationsmöglichkeiten bei dezentralisierter Planung nicht Gegenstand dieser Arbeit sind.<sup>17</sup>

Beim zentralen Management eines Netzwerkes spielt die Planung eine bedeutende Rolle. Planung dient der Vorbereitung von Entscheidungen und nimmt eine Querschnittsfunktion über alle betrieblichen Funktionsbereiche,<sup>18</sup> in diesem Fall über alle Beteiligten der Supply Chain ein. Sie dient somit der Lösungsfindung eines Problems unter Beach-

---

<sup>12</sup> Vgl. Auch im Folgenden CORSTEN / GÖSSINGER (2001), S.83 ff.

<sup>13</sup> Vgl. z.B. IVANOV (2010), S. 3999 f.; DUDEK / STADTLER (2005), S. 668 f.; SUCKY (2004), S. 493; STADTLER (2010), S. 9; CORSTEN / GÖSSINGER (2001), S. 94 ff.

<sup>14</sup> Vgl. SUCKY (2004), S. 493.

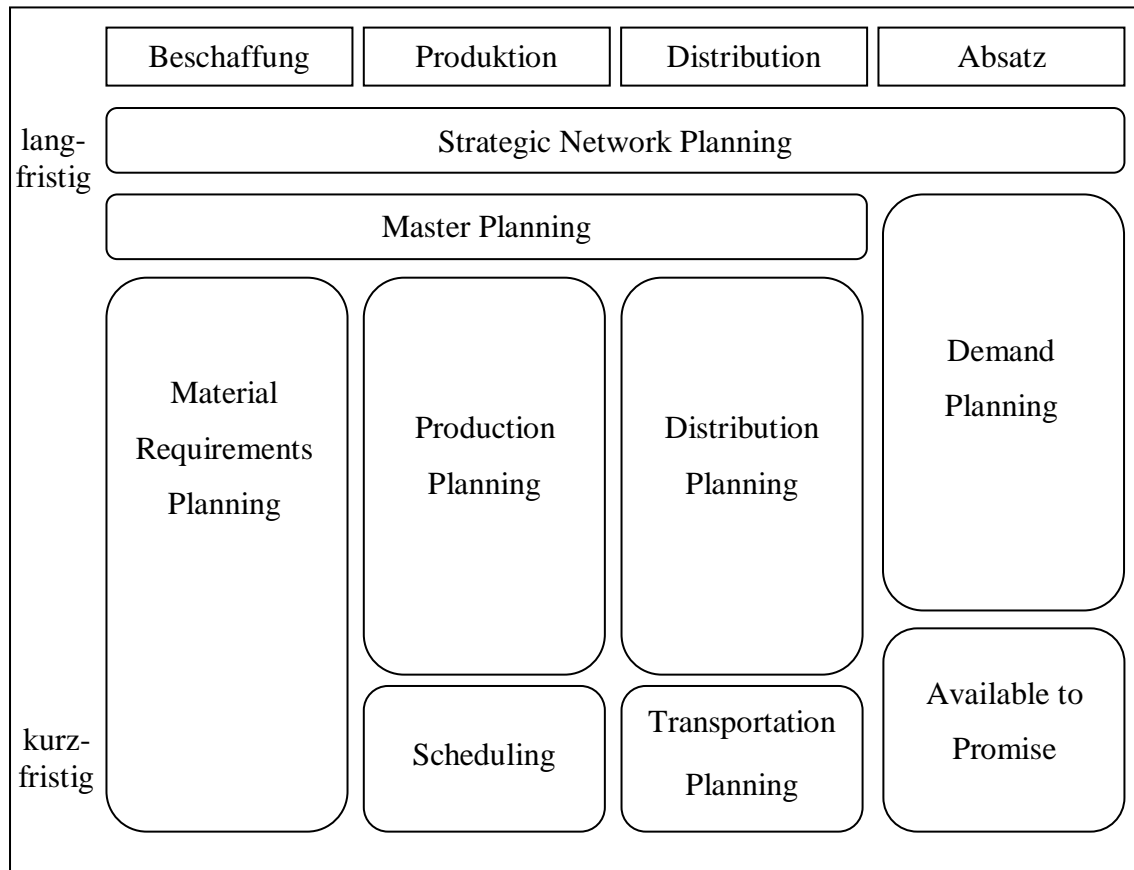
<sup>15</sup> Vgl. auch im Folgenden CORSTEN / GÖSSINGER (2001), S. 85.

<sup>16</sup> Auch im Folgenden freie Übersetzung von GALASSO / MERCÉ / GRABOT (2009), S. 455 f.

<sup>17</sup> Für Ansätze zur dezentralisierten Supply Chain Planung und für mehr Informationen hierzu vgl. CHEN / XIAO (2009); FRASCATORE / MAHMOODI (2008); HSIEH / WU (2009); LEE / BILLINGTON (1993).

<sup>18</sup> Vgl. DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 23.

tung aller relevanten Informationen.<sup>19</sup> Die unterschiedlichen Planungsaufgaben des Supply Chain Management können hierarchisch dargestellt werden. Einen Überblick über die Planungsaufgaben gibt die Supply-Chain-Planning-Matrix von RHODE ET AL. (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Supply-Chain-Planning Matrix<sup>20</sup>**

Das Strategic Network Planning beinhaltet die strategische Gestaltung der Supply Chain.<sup>21</sup> Das Master Planning hat die Aufgabe, die Material-, Informations- und Geldflüsse zu koordinieren und in Einklang miteinander zu bringen und baut auf dem Demand Planning auf, das dazu dient, die zukünftigen Absatzzahlen zu prognostizieren. Das Available to Promise dient der Unterstützung des Demand Planning und beinhaltet vor Allem Lieferterminezusagen. Das Production Planning und Scheduling hat im Gegensatz zum Master Planning den Entwurf detaillierterer Pläne für einzelne Standorte und Werke mit kürzeren Zeitabständen zur Aufgabe. Das Distribution Planning nimmt eine zeitlich gegliederte Transport- und Bestandsplanung für die gesamte Supply Chain

<sup>19</sup> Vgl. auch für weitergehende Informationen zum Thema Planung: DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 24 ff.

<sup>20</sup> Darstellung nach RHODE ET AL. (2000), S. 10.

<sup>21</sup> Vgl. auch im Folgenden RHODE ET AL. (2000), S. 10 ff.

vor, wohingegen sich beim Transportation Planning mit der genauen Touren- und Ladeplanung befaßt wird. Im Material Requirements Planning ist die Aufgabe der Generierung von Materialbestellungen angesiedelt, sowie die Informationsweitergabe über Materialverfügbarkeiten.

Ergänzend kann die Supply Chain Planung in strategische, taktische und operative Planung unterteilt werden. Die strategische Supply Chain Planung hat einen langen Planungshorizont von fünf bis zehn Jahren und bezieht sich auf Entscheidungen bezüglich der Konfiguration von Netzwerken, Anzahl der Teilnehmer, Standortplanung, Kapazitäten und Technologien der Einrichtungen.<sup>22</sup> Die operative Planung ist das andere Extrem und hat einen Planungshorizont von lediglich ein bis zwei Wochen.<sup>23</sup> Hierbei steht die exakte Produktionsplanung im Vordergrund, bei der der Materialbedarf sowie die genaue zeitliche Abstimmung der Lieferungen und der Produktion berücksichtigt werden. Die taktische Planung hingegen hat einen mittelfristigen Planungshorizont von ca. sechs Monaten bis zu zwei Jahren. Sie beinhaltet die Lieferantenwahl, die Größe der Produktionslose, die Auswahl verschiedener Transportmodi, Transportmittel und Transportmengen zwischen den Lieferanten, Fabriken, Distributionszentren und Kunden und basiert auf prognostizierten Werten der Nachfragemengen.<sup>24</sup> Auf Grund des mittelfristigen Planungshorizonts kann es zu saisonalen Schwankungen der Nachfrage kommen.<sup>25</sup> Dadurch eventuell entstehende kapazitive Engpässe müssen in vorausschauenden Entscheidungen berücksichtigt werden. Folgende Elemente sind Gegenstand der Entscheidungsfindung in der taktischen Supply Chain Planung:

- Beschaffungsmengen
- Produktionsmengen
- Distributionsmengen
- Transportmengen zwischen den Standorten
- Transportmittel
- Entscheidungen bei kapazitiven Engpässen
  - Periodenübergreifende Lagerhaltung
  - Überschreitung der Liefertermine

---

<sup>22</sup> Vgl. GUPTA / MARANAS (2003), S. 1219; SANTOSO ET AL. (2005), S. 96.

<sup>23</sup> Vgl. auch im Folgenden GUPTA / MARANAS (2003), S. 1219.

<sup>24</sup> Vgl. VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK (2002), S. 60f.; WERNERS / THORN (2002), S. 51 f.

<sup>25</sup> Vgl. auch im Folgenden WERNERS / THORN (2002), S. 51f.

- Nutzung alternativer Standorte
- Fremdbezug
- Überstunden der Arbeitskräfte
- Nichtbelieferung von Kunden

Um Entscheidungen hierüber treffen zu können werden Modelle zur Entscheidungsvorbereitung benötigt. Diese werden im Folgenden Unterkapitel beschrieben.

## 2.2 Modellgestützte Planung

„Modelle werden in der Betriebswirtschaftlichen Theorie als Hilfsmittel zur Erklärung und Gestaltung realer betrieblicher Systeme eingesetzt.“<sup>26</sup> In der heutigen betriebswirtschaftlichen Literatur besteht Einigkeit darüber, daß ein Modell ein vereinfachtest Abbild der Wirklichkeit ist.<sup>27</sup> Zur Strukturierung von Modellen werden diese häufig nach folgenden Kriterien unterteilt:<sup>28</sup>

- Nach der Darstellungsform in mathematische, graphische oder physikalische Modelle
- Nach dem Einsatzzweck in Beschreibungs-, Erklärungs-, Prognose-, Simulations- oder Entscheidungsmodelle
- Nach der Berücksichtigung des Zeitablaufes in statische oder dynamische Modelle
- Nach der Berücksichtigung von Umweltbeziehungen in offene oder geschlossene Modelle
- Nach der Art der sachlichen Ausdehnung in Partial- oder Totalmodelle.

Da Modelle einer *vereinfachten* Abbildung des realen Systems dienen, sind Modelle häufig nicht vollständig, denn dies ist entweder nicht möglich oder wegen der hohen Komplexität nicht zweckmäßig.<sup>29</sup>

Die taktische Supply Chain Planung soll, wie bereits erwähnt, der Vorbereitung von Entscheidungen dienen, somit wird an dieser Stelle besonders auf betriebswirtschaftliche Entscheidungsmodelle eingegangen. Ein Entscheidungsmodell ist eine formale Dar-

---

<sup>26</sup> ADAM / WITTE (1975), S. 369.

<sup>27</sup> Vgl. DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 30; KAHLE (1997), S. 17; RIEPER (1992), S. 18.

<sup>28</sup> Vgl. auch im Folgenden ADAM / WITTE (1976), S. 1; DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 30 ff.

<sup>29</sup> Vgl. ADAM / WITTE (1975), S. 370.

stellung eines Entscheidungsproblems, bei dem unter Berücksichtigung der Zielsetzung die beste Alternative gewählt werden soll.<sup>30</sup> Es kann mit qualitativen und quantitativen Modellen geplant werden. Qualitative Modelle enthalten ordinal oder nominal meßbare Daten, d.h., Daten, deren Merkmalsausprägungen entweder in eine Rangfolge gebracht werden können oder deren Merkmalsausprägungen lediglich unterschieden werden können. Die dort genutzten Daten basieren meist auf subjektiven Einschätzungen und die Ergebnisse können nicht problemlos ausgewertet und analysiert werden. Zur betriebswirtschaftlichen Auswertung und Analyse müssen die qualitativen Informationen somit quantifiziert werden. Um die Planung erfolgreich zu gestalten, sind daher zumindest für Teilaspekte eines Planungsproblems quantitative Modelle, also Modelle, bei denen die Aspekte durch kardinal meßbare, metrische Informationen abgebildet werden, heranzuziehen. Nur anhand solcher Informationen kann eine tatsächliche Optimierung durchgeführt werden. Qualitative Modelle sind am ehesten für strategische Entscheidungen geeignet, und werden daher im Folgenden mit Blick auf die taktische Supply Chain Planung nicht weiter betrachtet.

Zu den Basiselementen eines quantitativen Entscheidungs- bzw. Optimierungsmodelles gehören mindestens eine Zielfunktion, die minimiert oder maximiert werden soll und ein Entscheidungsfeld, welches Handlungsalternativen und mögliche Umweltzustände enthält.<sup>31</sup> Dadurch können eine oder mehrere optimale Lösungen des Entscheidungsproblems generiert werden.<sup>32</sup> Die Menge der zulässigen Lösungen ist entweder explizit oder implizit durch ein Restriktionssystem vorgegeben. Optimierungsmodelle können nach Eigenschaft und Anzahl der Zielfunktionen in einkriterielle und multikriterielle Modelle unterteilt werden. Bei den einkriteriellen Modellen existiert nur eine Zielfunktion. Die meisten praktisch verwendeten Modelle dieser Art nutzen entweder Gewinnmaximierung oder Kostenminimierung, es wird also meist von Extremalzielen und nicht von Satisfikationszielen ausgegangen.<sup>33</sup> Multikriterielle Modelle sind solche, bei denen mehrere Ziele in verschiedenen Zielfunktionen nebeneinander stehen. Bei den verschiedenen Zielen kann es sich um indifferente, komplementäre oder konkurrierende Ziele

---

<sup>30</sup> Vgl. auch im Folgenden DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 31 ff.

<sup>31</sup> Vgl. LAUX (2007), S. 19 f.; DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 33.

<sup>32</sup> Vgl. auch im Folgenden DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 33.

<sup>33</sup> Vgl. BAMBERG / COENENBERG / KRAPP (2008), S. 42 f.

handeln.<sup>34</sup> Von indifferenten Zielen wird gesprochen, wenn zwischen den Zielen kein Zusammenhang besteht, d.h. wenn die Verwirklichung des einen nicht den Erreichungsgrad des anderen beeinflusst. Als komplementäre Ziele werden diejenigen bezeichnet, die in einem positiven Zusammenhang zueinander stehen, also wenn durch die Realisation des einen auch der Erfüllungsgrad des anderen steigt. Konkurrierende Ziele hingegen sind Ziele, zwischen denen ein negativer Zusammenhang besteht, also Ziele, bei denen die Erfüllung des einen den Erfüllungsgrad des anderen hemmt bzw. verringert.

Optimierungsmodelle können auch nach den Eigenschaften der Zielfunktion und nach der Struktur des Lösungsraums in lineare und nichtlineare Optimierungsmodelle unterteilt werden.<sup>35</sup> Bei den linearen Optimierungsmodellen sind sowohl die Zielfunktion als auch sämtliche Restriktionen linear und die Werte der Variablen nehmen ausschließlich reelle Zahlen an. Lineare Optimierungsprobleme werden oft noch weiter in ganzzahlige und binäre lineare Probleme unterteilt. Ein ganzzahliges Problem liegt vor, wenn mindestens eine variable ganzzahlig sein muß. Bei einem binären Optimierungsproblem dürfen einige Entscheidungsvariablen nur die Werte „null“ und „eins“ annehmen. Erfüllt die Zielfunktion und/oder mindestens eine Restriktion nicht die Bedingung eines rein linearen Zusammenhangs, so handelt es sich um ein nichtlineares Optimierungsmodell. Die nicht linearen Modelle können ebenfalls in reelle, ganzzahlige oder binäre Modelle unterteilt werden.

Die Entscheidungsfindung in Supply Chain Netzwerken ist auf Grund der Struktur der Probleme sehr komplex. Die Entscheidungsprobleme sind häufig sehr umfangreich, es bestehen meist hierarchische Entscheidungsstrukturen, die Eingangsdaten sind häufig zufällig und die Interaktionen der Beteiligten einer Supply Chain sind sehr dynamisch.<sup>36</sup> Die Anforderungen an Optimierungsmodelle in der Supply Chain Planung sind somit sehr hoch. Darüber hinaus wachsen auf Grund der steigenden weltweiten Konkurrenz der Bedarf an und auch die Entwicklung von Planungsmodellen zur Entscheidungsunterstützung stetig.<sup>37</sup> Dies führt zu einer unübersichtlichen Fülle an Entscheidungsmodel-

---

<sup>34</sup> Vgl. auch im Folgenden BAMBERG / COENENBERG / KRAPP (2008), S. 49.

<sup>35</sup> Vgl. auch im Folgenden DOMSCHKE/SCHOLL (2005), S. 33 ff.

<sup>36</sup> Vgl. BISWAS / NARAHARI (2004), S. 704 f.

<sup>37</sup> Vgl. ALMEDER ET AL. (2009), S. 96.



len in Bezug auf die Supply Chain Planung und zu einer massiven Entwicklung von Softwaresystemen zur Planungsunterstützung. Es gibt einige Ansätze, die Fülle an Modellen der Supply Chain Planung zu strukturieren. QUANTE / MEYR / FLEISCHMANN (2009) nehmen eine Typisierung der Modelle in preisbasierte, mengenbasierte und nachfragebasierte vor und bringen sie in Zusammenhang mit unterschiedlichen Softwareanwendungen zur Entscheidungsunterstützung. Auch BISWAS / NARAHARI (2004) kategorisieren bestehende Modelle.<sup>38</sup> Sie unterteilen in Optimierungsmodelle, die hauptsächlich der Lagerbestandskontrolle in einem mehrstufigen System dienen, in analytische Leistungsmodelle, die vorwiegend zur Beurteilung von Supply Chain Design Entscheidungen genutzt werden sowie in Simulations- und Informationsmodelle, die angewendet werden um komplexe dynamische und stochastische Sachverhalte zu analysieren.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird eine besondere Betonung auf Modelle der taktischen Supply Chain Planung gelegt, die Nachfrageunsicherheiten berücksichtigen. Diese werden im nächsten Kapitel kategorisiert, erläutert und es wird ein kurzer Literaturüberblick hierüber gegeben.

---

<sup>38</sup> Vgl. auch im Folgenden BISWAS / NARAHARI (2004), S. 707 f.

### **3 Verfahren zur Berücksichtigung von Unsicherheit in der taktischen Supply Chain Planung mit einem Literaturüberblick**

Unsicherheit führt zur Planung unter den Bedingungen eines offenen Entscheidungsfeldes<sup>39</sup> und kann verschiedene Ausprägungen annehmen.<sup>40</sup> Eine Unterscheidungsmöglichkeit der Ausprägungen bezieht sich auf den Grad der Unsicherheit. Unterschieden wird dann zwischen Risiko, Ungewißheit und absoluter Unwissenheit. Bei der Planung unter Risiko sind sowohl die möglichen Umweltzustände, die zukünftig eintreten können, als auch die Wahrscheinlichkeiten für deren Eintritt bekannt. Bei Ungewißheit besteht zwar Klarheit darüber, welche Zustände in der Zukunft eintreten können, aber es ist nicht bekannt, wie wahrscheinlich deren Eintritt ist. Bei absoluter Unwissenheit hingegen besteht nicht einmal eine Idee darüber, welche möglichen Umweltzustände es geben könnte.

Bezogen auf eine Supply Chain kann Unsicherheit in Prozeß- und Nachfrageunsicherheit aufgeteilt werden.<sup>41</sup> Prozeßunsicherheit beinhaltet jegliche Faktoren, die Produktions- und Logistikprozesse betreffen, und entsteht z.B. durch die nicht vollständige Zuverlässigkeit von Produktionsanlagen, die zu Qualitätsmängeln oder Zeitverzögerungen führen kann. Nachfrageunsicherheit betrifft die exogene Kundennachfrage, der jedes Unternehmen, welches Sach- oder Dienstleistungen am Markt absetzt, gegenüber steht. Sie ist teilweise durch das Unternehmen beeinflussbar, z.B. mittels Preisanpassungen, Werbemaßnahmen und Innovationen, aber es spielen auch Faktoren, die durch das Unternehmen nicht beeinflusst werden können, eine große Rolle. Hierzu gehören beispielsweise die allgemeine wirtschaftliche Lage, Konjunkturschwankungen und Maßnahmen von Konkurrenzunternehmen.

Es gibt verschiedene Wege, auf denen versucht wird, die durch Nachfrageschwankungen ausgelöste Unsicherheit zu verringern und so in der Planung zu berücksichtigen. In der Literatur zur Supply Chain Planung werden unter anderem die Verkürzung von

---

<sup>39</sup> Für ausführliche Informationen zu offenen Entscheidungsfeldern vgl. ADAM (1996), S. 16 ff.

<sup>40</sup> Vgl. auch im Folgenden ROLLBERG (2001), S. 187 ff.; PERRIDON / STEINER / RATHGEBER (2009), S. 102 ff.

<sup>41</sup> Vgl. auch im Folgenden THORN (2002), S. 157 ff.

Durchlaufzeiten, um schneller auf Unsicherheiten reagieren zu können<sup>42</sup>, das Informationssharing, um Unsicherheiten innerhalb einer Supply Chain durch bessere Informationsflüsse und somit mehr Informationen abzubauen<sup>43</sup>, Verträge zur Sicherung der Liefer- und Abnahmemengen<sup>44</sup> sowie die Erhöhung der Flexibilität der Supply Chain<sup>45</sup> betrachtet. Diese Ansätze finden hauptsächlich in der strategischen Supply Chain Planung Anwendung und werden vor allem durch die dort getroffenen Entscheidungen beeinflusst. Die genannten Maßnahmen sind häufig jedoch sehr investitionsintensiv und nicht zwangsläufig auf alle Prozesse anwendbar.<sup>46</sup> Daher ist es notwendig, die Nachfrageunsicherheit auch auf taktischer Ebene einzubeziehen. Besonders hier hat sie große Auswirkungen auf die Supply Chain Planung. Die taktische Planung dient unter anderem dazu den durch Nachfrageschwankungen ausgelösten Bullwhip- oder Peitscheneffekt auszugleichen. Der Bullwhip-Effekt besagt, daß kleinere Schwankungen in der Kundennachfrage zu Schwankungen der Bedarfsmengen in der Supply Chain führen, die mit zunehmendem Abstand der Supply Chain Stufen vom Endkunden größer werden.<sup>47</sup> Er beschreibt also die „[...] zunehmenden Ausschläge der Auftragsgrößen und der Lagerbestände je weiter die Lagerorte von der Endkundennachfrage entfernt sind.“<sup>48</sup> Für die Einbeziehung unsicherer Nachfrage in quantitative Planungsmodelle sind verschiedenste Methoden in der Wissenschaft vertreten.

Eine Methode, die im Zusammenhang mit der taktischen Supply Chain Planung angewendet wird, ist die unscharfe Optimierung.<sup>49</sup> Bei der unscharfen Optimierung werden im Gegensatz zur stochastischen Optimierung keine Wahrscheinlichkeitsverteilungen zugrunde gelegt, sondern es werden unscharfe Werte und Restriktionen aufgestellt. Die Zielfunktion wird als Restriktion mit oberer und unterer Grenze behandelt. Bei der unscharfen Optimierung wird nicht davon ausgegangen, daß eine Aussage entweder wahr oder falsch ist. Es werden viel mehr Zugehörigkeitsfunktionen aufgestellt, die den Zu-

---

<sup>42</sup> Vgl. hierzu z.B. FISHER ET AL. (1997); VAN KAMPEN / VAN DONK / VAN DER ZEE (2010).

<sup>43</sup> Vgl. hierzu z.B. DATTA / CHRISTOPHER (2011).

<sup>44</sup> Vgl. hierzu z.B. SUCKY (2004); FRASCATORE / MAHMOODI (2008).

<sup>45</sup> Vgl. hierzu z.B. GRAVES / TOMLIN (2003).

<sup>46</sup> Vgl. auch im Folgenden WERNERS / THORN (2002), S. 52.

<sup>47</sup> Vgl. STADTLER (2010), S. 27.

<sup>48</sup> STADTLER (2010), S. 27.

<sup>49</sup> Vgl. auch im Folgenden SAHINIDIS (2004), S. 974 f.

gehörigkeitsgrad von Elementen zu einer bestimmten Menge angeben.<sup>50</sup> PETROVIC / ROY / PETROVIC (1998) haben ein Modell entwickelt, in dem unscharfe Optimierung genutzt wird, um die unsichere Nachfrage in einer und die unsichere Versorgung mit Rohstoffen von einer Supply Chain zu berücksichtigen. Sie verbinden das Modell mit einer anschließenden Simulation um die gefundenen Ergebnisse hinsichtlich ihrer Güte bewerten zu können. Auch LIANG (2006) nutzt die Methode der unscharfen Programmierung. Er entwirft ein Modell zur Produktion- und Transportplanung in der Supply Chain Planung unter unsicheren Rahmenbedingungen und Zielvorgaben. Es handelt sich hierbei um die Planung mit mehreren, unscharfen Zielen. Hervorgehoben wird, daß auch bei einem Problem realistischer Größe eine gute Lösung gefunden werden kann, mit Hilfe derer die Beziehungen zwischen den Abnehmern und Lieferanten in der Supply Chain maßgeblich verbessert werden kann.

Neben der unscharfen Optimierung wird auch die Warteschlangentheorie für Probleme der taktischen Supply Chain Planung genutzt.<sup>51</sup> In diesem Ansatz werden zentrale Wahrscheinlichkeitsverteilungen, wie z.B. die Binomial-, Poisson- oder Exponentialverteilung genutzt, um Ankunfts- und Abfertigungsprozesse abzubilden. Ein Beispiel hierfür ist das Modell von AXSÄTER (2010), welches sich der Warteschlangentheorie bedient. Die Nachfrageunsicherheit wird durch die Annahme einer Poisson-Verteilung, einer diskreten Wahrscheinlichkeitsverteilung, einbezogen. Die Unsicherheit der Produktionszeit wird durch die Annahme einer Gammaverteilung, einer kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsverteilung, abgebildet. Ziel des Modells ist die Beurteilung von Produktionsinvestitionen.

Eine weitere Möglichkeit, Unsicherheit in die Planung einzubeziehen, ist die Anwendung hierarchischer Ansätze unter Berücksichtigung verschiedenster Methoden und Einbezug von Heuristiken. COHEN / LEE (1988) stellen beispielsweise einen hierarchischen Ansatz vor und verknüpfen diesen mit einer Heuristik zur Lösungsfindung. Sie beziehen sich dabei auf ein Beschaffungs-, Produktions-, Distributionsnetzwerk und haben das Ziel verschiedene Beschaffungs-, Produktions- und Servicestrategien zu beurteilen. Sie unterteilen das Gesamtproblem in verschiedene Untermodelle, die anschließend getrennt voneinander durch Kostenminimierung gelöst werden. Verbunden werden

---

<sup>50</sup> Vgl. auch im Folgenden ROLLBERG (2001), S. 190.

<sup>51</sup> Vgl. auch im Folgenden DOMSCHKE / DREXL (1995), S. 193 ff.

die Untermodelle durch Erfüllungsraten, die als Serviceleistungsmaßstab gesehen werden. Die Unsicherheit der Nachfrage geht durch eine Poisson-Verteilung in das Modell ein.

Am häufigsten jedoch finden sich in der Literatur zur taktischen Supply Chain Planung stochastische Modelle. Hierbei handelt es sich meist um Erweiterungen deterministischer Modelle, in denen auch risikobehaftete Parameter erfaßt werden.<sup>52</sup> Die unsicheren Faktoren lassen sich dabei durch unterschiedliche Methoden in die Planung einbeziehen. Es können Szenarioanalysen durchgeführt, die mit Unsicherheit behafteten Faktoren können auch mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsverteilungen in die Modelle integriert, es kann eine rollierende Planung vorgenommen, Simulationen oder aber Risiko- und Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden.<sup>53</sup> Diese genannten Methoden schließen sich nicht unbedingt gegenseitig aus, sondern sind auch in Kombination miteinander verwendbar. Besonders die rollierende Planung wird mit anderen Methoden kombiniert. Durch die rollierende Planung können zeitlich vertikale Interdependenzen der Entscheidungsvariablen berücksichtigt werden und sie bietet sich an, wenn davon ausgegangen wird, daß mit dem Fortschreiten der Zeit neue Informationen hinzu kommen.<sup>54</sup> Ist der Planungshorizont in mehrere Planungsperioden unterteilt, so wird stets für den gesamten Planungshorizont geplant, aber nur die Entscheidungen umgesetzt, die in deren Umsetzung zwingend in der ersten Planungsperiode erfolgen muß. Während der ersten Periode treten neue Informationen hinzu, z.B. das Verhalten der Nachfrager in der laufenden Periode, und es kann für die Folgeperioden neu geplant werden. Der Planungshorizont wird dann um eine Periode nach hinten verlagert, es wird neu geplant und es werden auch wieder nur die Entscheidungen, die die dann erste Periode betreffen, umgesetzt. Bei der rollierenden Planung werden die Entscheidungen somit sukzessiv mit Verbesserung des Informationsstands aktualisiert.

Ein der Literatur zur Supply Chain Planung weitverbreiteter Ansatz der stochastischen Optimierung ist der der Szenarioanalyse. Bei einer Szenarioanalyse werden alternative, für möglich gehaltene zukünftige Umweltzustände, also Szenarien, ermittelt. Für jedes Szenario wird die Lösung des zugrundeliegenden Optimierungsmodells berechnet, um

---

<sup>52</sup> Vgl. WERNERS / THORN (2002), S. 52.

<sup>53</sup> Vgl. DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 32; ROLLBERG (2001), S. 189 ff.

<sup>54</sup> Vgl. auch im Folgenden ADAM (2000), S. 348; THORN (2002), S. 61 ff.

so aus der Optimallösung für jedes Szenario eine Handlungsalternative zu ermitteln. Zur Entscheidung darüber, welche Handlungsalternative gewählt wird, werden durch die Entscheidungstheorie verschiedene Regeln vorgeschlagen.<sup>55</sup> Bei der folgenden Beschreibung dieser Regeln wird davon ausgegangen, daß der Zielfunktionswert des Entscheidungsmodells maximiert werden soll. Sind die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Szenarien bekannt, handelt es sich also um eine Entscheidung unter Risiko, können die  $\mu$ -, die  $\sigma$ - und die  $\rho$ -Regeln angewendet werden. Bei der  $\mu$ -Regel handelt es sich um die Maximierung des Erwartungswertes, hier bleibt die Risikoneigung des Entscheiders unberücksichtigt. Bei der  $\sigma$ -Regel wird die Standardabweichung minimiert. Die Standardabweichung dient als Risikomaß, es wird also von einer Risikoaversion des Entscheiders ausgegangen. Durch diese Regel wird das Risiko einer Abweichung vom Mittelwert nach oben und unten minimiert. Bei der  $\rho$ -Regel wird die Semivarianz minimiert. Der grundlegende Unterschied zur vorherigen Regel liegt darin, daß hier nur Ergebnisse einbezogen werden, die den Erwartungswert unterschreiten, es wird also nur das Risiko der Unterschreitung des Erwartungswertes minimiert. Für den Fall, daß die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der einzelnen Szenarien nicht bekannt sind, werden als Entscheidungshilfen die Maximin-, die Maximax-, die Hurwicz-, die Laplace- und die Regret- oder Savage-Niehans-Regeln vorgeschlagen. Bei der Maximin-Regel wird stets die Handlungsalternative gewählt, bei der der Zielfunktionswert, der in jedem Fall mindestens erreicht wird, am größten ist. Bei der Maximax-Regel hingegen wird die Handlungsalternative gewählt, bei der der maximal erreichbare Zielfunktionswert am größten ist. Durch die Hurwicz-Regel werden die Maximin- und Maximax-Regeln verbunden. Hier wird diejenige Handlungsalternative gewählt, bei der die Summe des gewichteten mindestens und höchstens erreichbaren Zielfunktionswertes maximal ist. Die Gewichtung erfolgt mittels eines subjektiven Gewichtungsfaktors, der abhängig von der Risikoneigung des Entscheidungsträgers ist. Bei der Laplace-Regel wird die Handlungsalternative mit dem durchschnittlich größten Zielfunktionswert gewählt. Die Regret- oder Savage-Niehans-Regel beinhaltet Opportunitätsüberlegungen. Hier wird eine Regretmatrix gebildet. In dieser wird für jede Handlungsalternative die Differenz gebildet, die zwischen dem Zielfunktionswert, der für jedes Szenario besten Alternative und dem Zielfunktionswert der betrachteten Alternative in dem Szenario besteht.

---

<sup>55</sup> Vgl. auch im Folgenden DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 49 ff.

Es wird dann die Handlungsalternative gewählt, bei der die maximale Differenz, also das größte Bedauern am geringsten ist. Alle eben beschriebenen Regeln der Entscheidungstheorie zur Alternativenwahl lassen sich mit verschiedenen Planungsmethoden und -modellen kombinieren.

Zur Szenarioanalyse gibt es in der Literatur zahlreiche Ansätze, die sich mit taktischen Supply Chain Planungsproblemen unter Nachfrageunsicherheit befassen. ALVAREZ ET AL. (1994) beschäftigen sich mit linearen Planungsproblemen in Netzwerken und beziehen die Unsicherheiten der rechten Seiten der Restriktionen über die Betrachtung verschiedener Szenarien ein. Für jedes Szenario werden Lösungen generiert, die dann aggregiert werden. Sie wenden die Methode der Minimierung des maximalen Bedauerns an.<sup>56</sup> Ziel hierbei ist es, die Abweichungen zwischen dem Optimum und dem tatsächlich eingetretenen Zustand, die durch Entscheidungen unter Unsicherheit entstehen, zu minimieren. ZANJANI / NOURELFATH / AIT-KADI (2010) befassen sich mit einem mehrperiodigen, mehrstufigen Mehrprodukt–Produktionsplanungsproblem und modellieren die Unsicherheit der Nachfrage über einen Szenariobaum, wobei jede Stufe des Szenariobaumes eine Gruppe von Planungsperioden mit einer jeweils stationären Nachfrage repräsentiert. Sie erläutern, daß jede Stufe des Baumes kennzeichnet, daß neue Informationen vorhanden sind. Eine Stufe bezeichnet also nicht zwangsläufig eine Planungsperiode, sondern gegebenenfalls eine Gruppe von Perioden. In den einzelnen Stufen wird die Nachfrage als stationär angenommen. Auch BRANDIMARTE (2006) modelliert die unsichere Nachfrage durch einen Szenariobaum. Er befaßt sich mit dem stochastischen, kapazitierten Losgrößenproblem und hebt hervor, daß ein Szenariobaum nicht dazu dient, die unsichere Nachfrage zuverlässig vorherzusagen, sondern dazu, eine gute und stabile Lösung zu generieren. VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK (2002) geben ein Rahmenmodell für die taktische Supply Chain Planung vor, in dem die unsichere Nachfrage als Zufallsvariable, die aus einer Normalverteilung generiert wird, berücksichtigt wird. Durch die Generierung der Zufallswerte werden verschiedene Szenarien geschaffen, deren Lösungen berechnet werden. Desweiteren wird davon ausgegangen, daß die unsicheren Informationen im Zeitablauf bekannt werden und das Modell wird auf Basis der rollierenden Planung wiederholt gelöst. Die Verwendung von Szenariobäu-

---

<sup>56</sup> Vgl. ALVAREZ ET AL. (1994), S. 33 f.

men eignet sich bei der Planung unter Risiko, da die möglichen Umweltzustände und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten bekannt sind.

Bei stochastischen Modellen jeder Art sind die Eingangswerte mehrwertig, d.h. es kann weder Optimalität noch Zulässigkeit des Ergebnisses gewährt werden<sup>57</sup>. Um dieses Problem zu verringern wird in der Literatur auf verschiedene Ansätze zurückgegriffen. Ein Ansatz hierzu ist das „Chance-Constrained Programming“.<sup>58</sup> Hierbei wird die Verletzung einiger oder aller Restriktionen hingenommen, wenn sie eine gegebene Wahrscheinlichkeit nicht überschreitet. Auf die Berücksichtigung unsicherer Nachfrage bezogen bedeutet dies beispielsweise, daß die Nachfrage mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erfüllt werden muß. Der Fokus dieses Verfahrens liegt auf der Zuverlässigkeit des Systems, also in der Fähigkeit Unzulässigkeiten zu begegnen.<sup>59</sup> Ein weiterer, weitverbreiteter Ansatz zur Vermeidung von Unzulässigkeiten bei stochastischer Programmierung ist die Methode der zweistufigen Kompensationsmodelle.<sup>60</sup> Hier werden die Entscheidungsvariablen in zwei Variablensätze aufgeteilt.<sup>61</sup> Die Variablen der ersten Stufe sind vor der Realisierung der mit Unsicherheit behafteten Parameter zu bestimmen, wohingegen die Variablen der zweiten Stufe nach der Realisierung bestimmt werden können und von den Ergebnissen der ersten Stufe abhängig sind. Aufgrund der Unsicherheit sind die Variablen der zweiten Stufe Zufallsvariablen.<sup>62</sup> Das Ziel bei diesem Verfahren ist es, die Variablen der ersten Stufe so zu wählen, daß die Summe der Kosten der ersten Stufe zuzüglich der erwarteten Kosten der Zufallsvariablen der zweiten Stufe minimiert wird.

Ein Modell zum Chance-Constrained-Programming beschreiben PETKOV / MARANAS (1997). Ziel ihres Modells ist eine optimale Planungspolitik mit erreichbaren Plänen, so daß der Profit maximiert und die Nachfrage mit einer bestimmten Mindestwahrscheinlichkeit erfüllt wird. TEMPELMEIER / HERPERS (2010) verbinden in ihrem Modell das stochastische, dynamisch kapazitierte Losgrößenmodell (stochastic dynamic capacitated lot-sizing problem) mit dem Chance-Constrained Ansatz um es auch bei unsicherer

---

<sup>57</sup> Vgl. auch im Folgenden THORN (2002), S. 161 ff.

<sup>58</sup> Vgl. auch im Folgenden BÜHLER / DICK (1973), S. 101 ff.

<sup>59</sup> Vgl. SAHINIDIS (2004), S. 974.

<sup>60</sup> Vgl. BÜHLER / DICK (1973), S. 110 ff.; GUPTA / MARANAS (2000), S. 3799; THORN (2002), S. 161 f.

<sup>61</sup> Vgl. auch im Folgenden BÜHLER / DICK (1973), S. 110 ff.

<sup>62</sup> Vgl. auch im Folgenden SAHINIDIS (2004), S. 972.



Nachfrage anwenden zu können. Auch ÖZDAMAR / YAZGAC (1999) bedienen sich des Chance-Constrained-Programming. Ein großer Unterschied zu den bisherigen Modellen besteht darin, daß sie einen hierarchischen Produktionsplanungsansatz vorstellen. Zunächst wird ein aggregiertes Modell, das einen groben Rahmen über den Planungshorizont legt und die physischen Bedingungen des Systems widerspiegelt, gelöst. Im nächsten Schritt wird der Plan in kürzere Planungsperioden eingeteilt und für die erste Planungsperiode ein disaggregiertes Modell gelöst. Das aggregierte Modell wird dann rollierend gelöst, wobei jedesmal die Ergebnisse der Vorperiode des disaggregierten Modells einbezogen werden. Um Konsistenz zwischen den aggregierten und disaggregierten Modellen zu erreichen werden den disaggregierten Modellen weitere Restriktionen hinzugefügt. Unzulässigkeiten in den disaggregierten Modellen werden behoben, in dem die Restriktionen nach und nach durch einen iterativen Prozeß gelockert werden. Der große Vorteil vom Chance-Constrained Ansatz liegt darin, daß extreme Risikofälle vernachlässigt werden und die Bewertung von Verletzungen von Nebenbedingungen umgangen wird.<sup>63</sup> Hieraus resultiert aber auch, daß eine Lösung nach Realisation der unsicheren Werte eventuell nicht zulässig ist. Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß eine derartige Formulierung bei Gleichheitsbedingungen im Allgemeinen keinen Sinn macht.

Auch der Ansatz der zweistufigen Kompensationsmodelle ist häufig in der Literatur der taktischen Supply Chain Planung zu finden. Die Arbeit von DANTZIG (1955) gilt auf diesem Gebiet als wegweisend und bildet die Grundlage der Planung unter Unsicherheit.<sup>64</sup> DANTZIG (1955) befaßt sich mit linearer Programmierung unter Unsicherheit. Er beschreibt durch einfache Beispiele die Grundlagen von zwei- und mehrstufigen Ansätzen in allgemeiner Form, wobei die Nachfrage unbekannt ist und durch eine Verteilungsfunktion charakterisiert wird. Auch CHEUNG / POWELL (1996) dient der Ansatz der Kompensationsmodelle als Basis ihrer Modellierung. Sie befassen sich mit Distributionsentscheidungen bei unsicherer Nachfrage und entwerfen Verfahren zur Approximation der Kostenfunktion für die zweite Stufe. Außerdem erweitern sie den zweistufigen Ansatz um weitere Stufen. GUPTA / MARANAS (2000) und GUPTA / MARANAS (2003) stellen ebenfalls zweistufige Kompensationsmodelle vor. Sie berücksichtigen die Unsi-

---

<sup>63</sup> Vgl. auch im Folgenden BÜHLER / DICK (1973), S. 110.

<sup>64</sup> Vgl. SAHINIDIS (2004), S. 971.

cherheit jedoch nicht in Form verschiedener Szenarien, sondern als Zufallswerte aus einer Standardnormalverteilung. Die Produktionsentscheidungen werden in der ersten Stufe modelliert, die Logistikentscheidungen in der zweiten Stufe. ESCUERDO ET AL. (1999) erläutern ein umfassendes Rahmenmodell zur stochastischen Programmierung, das auf der Grundlage des zweistufigen Kompensationsmodells beruht. Sie beziehen sich auf eine Supply Chain mit drei verschiedenen Stufen und berücksichtigen mehrere Planungsperioden. Die unsicheren Parameter werden durch eine Szenarioanalyse berücksichtigt, d.h. das Modell wird für verschiedene Szenarien gelöst. Sie stellen desweiteren heraus, daß die Dimension eines solchen Modells sehr umfangreich ist und es mit Hilfe von Dekomposition gelöst werden muß. Auf der Idee eine Szenarioanalyse mit einem mehrstufigen Kompensationsansatz zu kombinieren wird im folgenden Kapitel aufgebaut. Dort wird ein stochastisches Optimierungsmodell entworfen, das die unsichere Nachfrage in Form eines Szenariobaumes berücksichtigt und bei dem einige verschiedene Kompensationsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.

## **4 Modellierung und Programmierung eines stochastischen Entscheidungsmodells der taktischen Supply Chain Planung**

### **4.1 Rahmenmodelle als Grundlage der Modellierung**

Wie bereits erwähnt wird in diesem Kapitel ein stochastisches Modell zur taktischen Supply Chain Planung entwickelt. Die unsichere Nachfrage wird hierbei über einen Szenariobaum berücksichtigt und es existieren verschiedene Kompensationsmöglichkeiten für die Unsicherheit in Form von periodenübergreifender Lagerhaltung und der Nichtbelieferung von Kunden<sup>65</sup>. Es wird somit eine Szenarioanalyse in Verbindung mit einem Kompensationsmodell durchgeführt.

Für die Entwicklung des stochastischen Modells werden verschiedene in der Supply Chain Forschung vorhandene Ansätze herangezogen, kombiniert und erweitert. Ein Ansatz auf den Bezug genommen wird ist von GEOFFRION / GRAVES (1974). Sie stellen ein deterministisches Modell für ein Produktions–Distributions–Kunden-Netzwerk mit mehreren Produkten dar. Die Nachfrage der Kunden wird als deterministisch angenommen und muß befriedigt werden. Es gibt mehrere Produktionsstätten, die die verschiedenen Produkte herstellen. Von den Produktionsstätten werden die Güter über Distributionsstandorte an die Kunden geliefert. Die Anzahl und Standorte der Produktionsstätten, Distributionsstandorte und Kunden ist bekannt und unveränderlich. Zusätzlich bestehen an den Produktionsstandorten Kapazitätsobergrenzen für die Herstellung der Produkte. Für die Nutzung eines Distributionsstandorts fallen Fixkosten an, zusätzlich fallen für den Warenumschlag aber auch variable Kosten an, denen ein linearer Verlauf unterstellt wird. Für die Umschlagmengen pro Periode existiert an jedem Distributionslager eine Kapazitätsobergrenze. Die Kundennachfrage wird befriedigt, indem die Kunden von den Distributionsstandorten beliefert werden, wobei jeder Kunde nur von einem Standort beliefert werden darf. Die Befriedigung der Kundennachfrage soll zu minimalen Produktions-, Transport- und Umschlagkosten erfolgen, wobei die Produktions- und Transportkosten in einer Konstante zusammengefaßt werden. Es handelt sich bei dem Ansatz von GEOFFRION / GRAVES somit um ein deterministisches, einperiodi-

---

<sup>65</sup> Vgl. zu näheren Erläuterung dieser Kompensationsmöglichkeiten WERNERS / THORN (2002), S. 52 f.

ges, kapazitiertes, mehrstufiges Distributionsproblem mit dem Ziel, die Kosten zu minimieren. Dieses Modell wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit für die Entwicklung eines stochastischen Modells herangezogen, da es sich auf Grund der einfachen und übersichtlichen Struktur gut als Rahmenmodell für ähnliche Distributionsprobleme eignet und Erweiterungen leicht implementiert werden können.

VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK (2002) stellen ein stochastisches Modell für die taktische Supply Chain Planung in einem Distributionsnetzwerk ähnlicher Struktur vor. Das von ihnen beschriebene Problem ist mehrperiodig und berücksichtigt nicht nur drei Supply Chain Stufen mit verschiedenen Standorten, sondern ist in seiner allgemeinen Darstellung auf beliebig viele Stufen ausgelegt. Im Gegensatz zum vorherigen Ansatz handelt es sich hier jedoch um ein Einproduktnetzwerk. Die Supply Chain, die dem Modell von VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK zugrunde liegt, besteht aus verschiedenen SC-Stufen, die jeweils mehrere Standorte beinhalten. In der ersten SC-Stufe sind ausschließlich Produktionsstandorte vorhanden, in der letzten Stufe Kundenstandorte, bei den Stufen dazwischen handelt es sich um ein Distributionsnetzwerk. Jeder Standort einer Stufe wird von beliebigen Standorten der direkt vorgelagerten Stufe beliefert und beliefert selbst beliebige Standorte der direkt nachfolgenden Stufe. Von Wertschöpfung außerhalb der Produktionsstufe wird abstrahiert. An jedem Standort der Supply Chain besteht, unter Berücksichtigung der vorhandenen Kapazitäten, die Möglichkeit der Lagerung des Produkts. Für den Transport der Produkte stehen an den einzelnen Standorten unterschiedliche Transportmittel mit verschiedenen Transportkapazitäten zur Verfügung. Außerdem fallen transportmittelspezifische variable Kosten an.

Die Unsicherheit der Nachfrage wird von VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK durch die Verwendung verschiedener Szenarien mit anschließender Szenarioanalyse berücksichtigt. Durch periodenübergreifende Lagerung wird das Problem der zeitlichen Verteilung der Produktion in die Planung mit einbezogen.<sup>66</sup> Ergänzend wird die Möglichkeit einbezogen, die Nachfrage nicht vollständig zu befriedigen. Dies führt entweder zu Lieferrückständen, für die Strafkosten anfallen, oder zum unwiderruflichen Verlust der Nachfrage. Der Lieferrückstand ist so modelliert, daß er in der Folgeperiode ausgeglichen werden sollte. Neben der Berücksichtigung der unsichereren Nachfrage werden produk-

---

<sup>66</sup> Vgl. ROLLBERG (2001), S. 41 f.

tions-, liefer- und bestellbedingte Verzögerungen bedacht. Die genauen Zeitspannen dieser Verzögerungen sind ebenfalls unsicher. In jeder Periode kommen jedoch Informationen über die Dauer der Zeitspanne hinzu, sodaß die Einbindung eines rollierenden Planungsprozesses zweckmäßig ist. Die Szenarioanalyse wird also rollierend wiederholt. Entschieden wird über die Produktions-, Transport-, Bestell- und Lagermengen sowie über die Nutzung einzelner Transportmittel unter Gewinnmaximierung, wobei der Gewinn mit Hilfe eines angemessenen Faktors auf den heutigen Wert, also auf die Periode  $t = 0$ , abgezinst wird. Das Modell wurde als Rahmenmodell für die stochastische Programmierung eines Distributionsproblems entwickelt, da es dazu dienen sollte, es an die Regeln des Beer-Distribution-Game<sup>67</sup> anzupassen und die Problemstellung mittels technischer Datenverarbeitung zu lösen. Somit ist es mit Anpassungen und Erweiterungen gut kompatibel und eignet sich sehr gut als Grundlage zur Weiterentwicklung.

Das Modell von GEOFFRION / GRAVES bietet den Grundlegenden Gedanken der Distributionsplanung in einem mehrstufigen Netzwerk ohne weitere Wertschöpfung. Für die Entwicklung des Modells in dieser Arbeit wird hieraus die Mehrproduktvariante übernommen, und die Produktions-, Lagerkapazitäts- sowie die Nachfragedeckungsrestriktionen entwickelt. Aus dem Ansatz von VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK werden die Ideen der Szenarioanalyse und der unterschiedlichen Kompensationsmöglichkeiten aufgegriffen sowie die Maximierung der Zielfunktion. Im kommenden Unterkapitel wird zunächst ein deterministisches Modell zur taktischen Supply Chain Planung entwickelt, das im Kapitel 4.3 auf den Unsicherheitsfall angepaßt wird.

## 4.2 Entwicklung eines deterministischen Entscheidungsmodells

In diesem Abschnitt wird ein deterministisches, mehrperiodiges Modell entwickelt. Dieses Modell berücksichtigt mehrere SC-Stufen, die jeweils verschiedene Standorte beinhalten. In Anlehnung an die im vorigen Unterkapitel beschriebenen Rahmenmodelle wird auch hier die erste Stufe als die der Produktionsstandorte und die letzte Stufe als die der Kundenstandorte berücksichtigt. Bei den Stufen dazwischen handelt es sich um ein reines Distributionsnetzwerk, in dem keine weitere Wertschöpfung stattfindet. Wei-

---

<sup>67</sup> Vgl für detaillierte Informationen hierzu STERMAN (1989).

terhin werden wie im Modell von GEOFFRION / GRAVES mehrere Produkte betrachtet, die wie im Modell von VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK entweder gelagert oder jeweils von einem Standort einer Stufe zu einem Standort der direkten Nachfolgestufe transportiert werden. Für den Transport stehen unterschiedliche Transportmittel mit unterschiedlichen Kapazitäten an den verschiedenen Standorten zur Verfügung. Durch Nutzung der Transportmittel fallen zum Einen mengenunabhängige Kosten, also Fixkosten an. Hierzu zählen z.B. Kosten für einen Fahrer oder die Wartung des Fahrzeuges.<sup>68</sup> Zum Anderen fallen aber auch mengenabhängige Kosten, also variable Transportkosten an. Der Transportkostensatz ist abhängig von dem zu transportierenden Produkt, von dem genutzten Transportmittel und von den beiden Standorten zwischen denen transportiert wird. Hier werden z.B. Unterschiede im Benzinverbrauch auf Grund des Gewichts der Produkte oder auf Grund von unterschiedlichen Begebenheiten des Geländes der Transportstrecke berücksichtigt. Weitere variable Kosten, die bei der Modellierung berücksichtigt werden, fallen sowohl für die Produktion als auch für die Lagerung der Produkte an. Diese hängen jeweils vom Produkt und vom Standort ab, an dem das Produkt gelagert oder produziert wird. Sowohl die Lagermengen als auch die Produktionsmengen sind durch Lager- bzw. Produktionskapazitäten mengenmäßig begrenzt. Werden die Produkte in der letzten Stufe an den Kunden geliefert, so fließen der Supply Chain Verkaufserlöse zu, die sich aus dem produktabhängigen Verkaufspreis und der Produktmenge zusammensetzen, die an die Kunden geliefert wird. Die nachgefragte Menge kann nicht mit der Menge gleichgesetzt werden, die den Kunden geliefert wird, denn es wird die Möglichkeit von Lieferrückständen in das Modell mit einbezogen. Auch für die Lieferrückstände fallen produkt- und kundenspezifische variable Kosten an, die im Modell berücksichtigt werden. Da die nachgefragte Menge eben nicht in jedem Fall der abgesetzten Menge entspricht wie in dem Modell nach GEOFFRION / GRAVES, sondern die erzielbaren Erlöse variieren können, ist es nicht ausreichend, als Ziel die Kosten zu minimieren, sondern der Gewinn muß maximiert werden.<sup>69</sup> Von Zinsen, und Inflationsrate wird der Vereinfachung halber abstrahiert, so daß der zu maximierende Gewinn nicht wie im Modell von VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK abge-

---

<sup>68</sup> Vgl. MARTIN (2009), S. 120.

<sup>69</sup> Vgl. CORSTEN / GÖSSINGER (2001), S. 181.

zinst wird. Ferner werden, um das Modell nicht zu komplex zu gestalten, weder Produktions- noch Transport- noch Bestellzeiten berücksichtigt.

Bei der Modellentwicklung werden im ersten Schritt Indexmengen eingeführt, damit die Modellierung trotz zahlreicher Indizes an den Variablen eine gewisse Übersichtlichkeit behält.<sup>70</sup>

Indexmengen:

$A$	Indexmenge aller SC-Stufen 1,...,N
$A_1$	Indexmenge der SC-Stufen 1,...,N-1 einer Supply Chain
$A_2$	Indexmenge der SC-Stufen 2,...,N-1 einer Supply Chain
$B$	Indexmenge aller Standorte der Supply Chain
$B_\kappa$	Indexmenge der Standorte der SC-Stufe $\kappa$ , $\kappa \in A$
$M_i$	Indexmenge der Transportmittel, die am Standort $i \in B_\kappa$ , $\kappa \in A_1$ verfügbar sind
$H$	Indexmenge der Produkte in der Supply Chain
$T$	Indexmenge der Planungsperioden

Wie bereits erwähnt, handelt es sich um ein mehrperiodiges Modell, d.h. die Modellierung erstreckt sich über mehrere Zeitpunkte und Planungsperioden. Da die exakte zeitliche Abgrenzung des Anfallens von Kosten und Erlösen innerhalb einer Planungsperiode im Hinblick auf die Zielsetzung der periodenübergreifenden Gewinnmaximierung irrelevant ist, wird unterstellt, daß alle Kosten und Erlöse am Anfang einer Periode anfallen, auch wenn sie praktisch erst innerhalb oder gegen Ende der Periode anfallen.<sup>71</sup>

Nach der Formulierung der Indexmengen können nun die Daten gegeben werden. Hierbei gibt es monetäre Daten, also Größen, die sich auf geldliche Dimensionen beziehen und nicht monetäre Daten, also Größen, die sich nicht auf geldliche Dimensionen, sondern auf Mengeneinheiten, Faktoreinheiten etc. beziehen.

---

<sup>70</sup> Die Modellierung mit Indexmengen erfolgt in Anlehnung an STEINRÜCKE (2011), S. 25 ff.

<sup>71</sup> Vgl. zu ähnlicher Vorgehensweise ROLLBERG (2001), S. 72.

Daten:*Monetäre Daten:*

$p_h$	Absatzpreis für das Produkt $h$ pro ME
$cp_{hi}$	Produktionskosten für die Herstellung einer ME des Produktes $h$ am Standort $i$ in der SC-Stufe 1 (Produktionskostensatz)
$ctv_{hijm}$	Variable Transportkosten für den Transport einer ME des Produktes $h$ mit dem Transportmittel $m$ von Standort $i$ in SC-Stufe $k$ zum Standort $j$ in SC-Stufe $k+1$ (Transportkostensatz)
$ctf_m$	Fixkosten, die anfallen, wenn ein Transportmittel $m$ genutzt wird
$cl_{hi}$	Lagerkosten für die Lagerung einer ME des Produktes $h$ am Standort $i$ in SC-Stufe $k$ (Lagerkostensatz)
$cf_{hi}$	Strafkosten für Lieferrückstände pro ME (Fehlmengekostensatz)

*Nicht-monetäre Daten:*

$D_{hit}$	Nachfrage des Kundenstandortes $i$ in SC-Stufe $N$ in der Periode $t$ in ME des Produktes $h$
$PK_{hi}$	Faktoreinheiten, die zur Produktion einer ME des Produktes $h$ am Standort $i$ in SC-Stufe 1 benötigt werden (Produktionskoeffizient)
$KapP_{it}$	Am Standort $i$ in SC-Stufe 1 in Periode $t$ vorhandene Produktionskapazität
$KapL_{it}$	Am Standort $i \in B_\kappa, \kappa \in A_1$ in Periode $t$ vorhandene Lagerkapazität
$KapT_{im}$	Transportkapazität des Transportmittels $m$ , das am Standort $i$ für den Transport zur Verfügung steht

Entscheidungen sollen für jede Planungsperiode über die Nutzung der einzelnen Transportmittel zwischen zwei Standorten, über die Produktionsmenge jedes Produktes an den verschiedenen Produktionsstandorten, über die Transportmenge jedes Produktes mit einem bestimmten Transportmittel zwischen zwei Standorten, über die periodenübergreifende Lagerhaltung in jedem Lagerstandort sowie über die eingeplanten Mengen an Lieferrückständen jedes Produkts bei jedem Kunden getroffen werden. Somit sind folgende Entscheidungsvariablen in der Modellierung zu berücksichtigen:



Entscheidungsvariablen:

$v_{imt}$	Binärvariable, die anzeigt, ob Transportmittel m in Periode t am Standort i genutzt wird $v_{imt} = 1$ oder nicht $v_{imt} = 0$
$w_{hit}$	Mengeneinheiten des Produktes h, die am Produktionsstandort i in Periode t produziert werden
$x_{hijmt}$	Mengeneinheiten des Produktes h, die mit dem Transportmittel m vom Standort i der SC-Stufe k zum Standort j der SC-Stufe k+1 transportiert werden
$y_{hit}$	Mengeneinheiten des Produktes h, die am Standort i in SC-Stufe k in Periode t bis zur folgenden Periode gelagert werden
$z_{hit}$	Mengeneinheiten des Lieferrückstands von Produkt h am Kundenstandort i in SC-Stufe N in Periode t

Modellierung:

Bei dem Modell handelt es sich um ein lineares Entscheidungsmodell, d.h. es gibt eine lineare Zielfunktion sowie zahlreiche Restriktionen in Form von Ungleichungen oder Gleichungen.<sup>72</sup> Zunächst wird die Zielfunktion erläutert und formal dargestellt, anschließend werden die Restriktionen beschrieben.

Zielfunktion:

Die Zielfunktion führt zur Maximierung des Gesamtgewinns der Supply Chain über alle Planungsperioden. Der Gewinn läßt sich aus der Differenz zwischen Erlösen und Kosten ermitteln.<sup>73</sup> Diese Differenz wird für jede Periode ermittelt und anschließend werden alle periodenspezifischen Gewinne zu einem Gesamtgewinn summiert.<sup>74</sup> Die periodenspezifischen Erlöse setzen sich aus den Absatzmengen der einzelnen Produkte multipliziert mit ihren produktspezifischen Absatzpreisen zusammen. Die Absatzmenge ist genau die Menge, die zu den Kunden transportiert wird. Die vom Ertrag abzuziehenden Kosten sind die Produktionskosten, die variablen Transportkosten, die fixen Transport-

---

<sup>72</sup> Da die Methode zur Lösung linearer Optimierungsprobleme nicht Bestandteil dieser Arbeit ist, wird im Folgenden auf nähere Erläuterungen hierzu verzichtet. Vgl. hierzu HILLIER / LIEBERMANN (2002), S. 25ff.

<sup>73</sup> Vgl. STEGER (2006), S. 28 f.

<sup>74</sup> Vgl. auch im Folgenden VON LANZENAUER / PILZ-GLOMBIK (2002), S. 66.

kosten, die Lagerkosten und die Kosten für die Lieferrückstände. Die Produktionskosten ergeben sich aus der Summe der produkt- und produktionsstandortspezifischen Produktionsmengen multipliziert mit den Produktionskostensätzen der verschiedenen Produktionsstandorte für die unterschiedlichen Produkte. Die variablen Transportkosten für einen Transport ergeben sich aus dem Produkt der jeweiligen produkt-, und transportmittelspezifischen Transportkostensätze und der dazugehörigen Transportmenge zwischen zwei Standorten. Um die gesamten variablen Transportkosten einer Periode zu berechnen, werden die transportspezifischen variablen Kosten summiert. Die fixen Transportkosten fallen für die einzelnen Transportmittel erst dann an, wenn diese in der betrachteten Periode genutzt werden. Dies wird über das Einfügen der zugehörigen Binärvariablen gewährleistet. Die Binärvariablen sind transportmittel-, standort- und periodenspezifisch. Sie werden mit den jeweiligen Transportkostensätzen multipliziert und über alle Produkte, Transportmittel und Perioden aufsummiert. Die Lagerkosten setzen sich aus den produkt- und standortspezifischen Lagermengen und -kostensätzen zusammen. Die Kosten für Lieferrückstände fallen nur in der letzten Stufe an, da die Modellierung im Gegensatz zur Modellierung von VON LANZENAUER/PILZ-GLOMBIK, nur dort Lieferrückstände zulässt. Dies ist plausibel, da es sich, wie bereits erwähnt um eine zentralistische Supply Chain Planung handelt und die gesamte Supply Chain als eine Einheit betrachtet wird. Die Kosten für die Lieferrückstände ergeben sich somit aus dem Produkt der kundenstandort- und produktspezifischen Mengen an Lieferrückständen und den dazugehörigen Kostensätzen.

Die Zielfunktion lässt sich, unter Berücksichtigung oben vorgestellter Bedingungen, formal folgendermaßen darstellen:

ZF: max G;

$$\begin{aligned}
 G := & \sum_{h \in H} \sum_{i \in B_{N-1}} \sum_{j \in B_N} \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} x_{hijmt} \cdot p_h && \text{Ertrag} \\
 & - \sum_{h \in H} \sum_{i \in B_1} \sum_{t \in T} w_{hit} \cdot cp_{hi} && \text{Produktionskosten} \\
 & - \sum_{h \in H} \sum_{k \in A_1} \sum_{i \in B_k} \sum_{j \in B_{k+1}} \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} x_{hijmt} \cdot ctv_{hijm} && \text{variable Transportkosten} \\
 & - \sum_{k \in A_1} \sum_{i \in B_k} \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} v_{imt} \cdot ctf_m && \text{fixe Transportkosten} \\
 & - \sum_{h \in H} \sum_{k \in A_1} \sum_{i \in B_k} \sum_{t \in T} y_{hit} \cdot cl_{hi} && \text{Lagerkosten} \\
 & - \sum_{h \in H} \sum_{i \in B_N} \sum_{t \in T} z_{hit} \cdot cf_{hi} && \text{Strafkosten für Lieferrückstände}
 \end{aligned}
 \tag{4.2.1}$$

Neben der Zielfunktion spielt die Eingrenzung des Entscheidungsraums bei der Modellierung eine wichtige Rolle<sup>75</sup>, somit wird im Folgenden ein Restriktionensystem aufgestellt, um sicherzugehen, daß die an das Modell gestellten Anforderungen eingehalten werden. Die Restriktionen bilden den Zulässigkeitsbereich des Entscheidungsfelds ab und werden zunächst mathematisch dargestellt und anschließend verbal erläutert.

<sup>75</sup> Vgl. DOMSCHKE / SCHOLL (2005), S. 33.

Restriktionen:

Nachfragerestriktion:

$$\sum_{i \in B_{N-1}} \sum_{m \in M_i} x_{hijmt} + z_{hjt} = D_{hjt} + z_{hjt-1}$$

$$\forall \quad h \in H, j \in B_N, t \in T \quad (4.2.2)$$

$$z_{hj0} = 0$$

$$\forall \quad h \in H, j \in B_N \quad (4.2.3)$$

Produktionsstandortbilanzgleichung:

$$w_{hit} + y_{hit-1} = \sum_{j \in B_2} \sum_{m \in M_i} x_{hijmt} + y_{hit}$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_1, t \in T \quad (4.2.4)$$

$$y_{hi0} = 0$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_1 \quad (4.2.5)$$

Produktionskapazitätsrestriktion:

$$\sum_{h \in H} PK_{hi} \cdot w_{hit} \leq KapP_{it}$$

$$\forall \quad i \in B_1, t \in T \quad (4.2.6)$$

Lagerbilanzgleichung:

$$\sum_{f \in B_{\kappa-1}} \sum_{m \in M_f} x_{hfimt} + y_{hit-1} = \sum_{j \in B_{\kappa+1}} \sum_{m \in M_i} x_{hijmt} + y_{hit}$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_2, t \in T \quad (4.2.7)$$

$$y_{hi0} = 0$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_2 \quad (4.2.8)$$

Lagerkapazitätsrestriktion:

$$\sum_{h \in L} y_{hit} \leq KapL_{it}$$

$$\forall i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, t \in T \quad (4.2.9)$$

Transportkapazitätsrestriktion:

$$\sum_{h \in H} \sum_{j \in B_{\kappa+1}} x_{hijmt} \leq v_{imt} \cdot KapT_{im}$$

$$\forall i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, m \in M_i, t \in T \quad (4.2.10)$$

Modellierung der Binärvariablen und Nichtnegativitätsbedingungen:

$$v_{imt} \in \{0,1\} \quad \forall \quad i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, m \in M_i, t \in T \quad (4.2.11)$$

$$w_{iht} \geq 0 \quad \forall \quad h \in H, i \in B_1, t \in T \quad (4.2.12)$$

$$x_{hijmt} \geq 0 \quad \forall \quad h \in H, i \in B_{\kappa}, j \in B_{\kappa+1}, \kappa \in A_1, m \in M_i, t \in T \quad (4.2.13)$$

$$y_{hit} \geq 0 \quad \forall \quad h \in H, i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, t \in T \quad (4.2.14)$$

$$z_{hit} \geq 0 \quad \forall \quad h \in H, i \in B_N, t \in T \quad (4.2.15)$$

Das Restriktionssystem ist unterteilt in Nachfrage-, Produktions-, Lager- sowie Transportrestriktionen und enthält zusätzlich Bedingungen, die die Definitionsbereiche der Entscheidungsvariablen bestimmen.

Restriktionen 4.2.2 und 4.2.3 stellen die Nachfragerestriktionen dar. Durch die Restriktionen 4.2.2 wird die Kundennachfrage in die Modellierung eingebunden und es wird sichergestellt, daß die Kunden beliefert werden. Die Summe aus den produkt-, standort- und transportmittelspezifischen Liefermengen an einen Kunden in einer Periode soll generell der kunden- und periodenspezifischen Nachfrage entsprechen. Da jedoch Lieferrückstände in die Betrachtung einbezogen werden, kann es zwischen den Liefer- und Nachfragemengen zu Differenzen kommen. Diese werden durch den Aufbau einer kunden- und periodenspezifischen Fehlmenge ausgeglichen, wobei gleichzeitig die in der Vorperiode aufgebaute Fehlmenge berücksichtigt werden muß. Die Nachfrage der einzelnen Kunden in einer Periode wird also um die kundenspezifische Fehlmenge der Vorperiode erhöht. Eine neue Fehlmenge wird aufgebaut, wenn die Liefermenge geringer ist, als die kundenspezifische insgesamt in einer Periode nachgefragte Menge. Die Planung beginnt in Periode  $t=1$ , d.h. in der Periode  $t=0$  wird weder gefertigt noch trans-

portiert, gelagert oder nachgefragt. Für die Periode  $t=0$  bestehen also keine Lieferrückstände. Dies wird durch Restriktionen **4.2.3** gewährleistet.

Die Restriktionen **4.2.4** bis **4.2.6** gehören zu den Produktionsrestriktionen. Restriktionen **4.2.4** sind die Produktionsstandortbilanzgleichungen und stellen im Grunde sicher, daß jede produktspezifische Menge, die in einer Periode produziert wird, den Standort auch in derselben Periode wieder verläßt. Die produkt- und standortspezifische Produktionsmenge soll also der Summe aus den produkt- und standortspezifischen Transportmengen entsprechen, die mit den verschiedenen Transportmitteln zu den unterschiedlichen Standorten der nächsten Supply Chain Stufe transportiert werden. Da jedoch auch an den Produktionsstandorten Lagerhaltung zugelassen wird, kann die Produktionsmenge von der Transportmenge zur nächsten Stufe in Höhe der produkt- und produktionsstandortspezifischen Lagermenge der betrachteten Periode abweichen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß schon Mengen durch die Lagerhaltung aus der Vorperiode am Produktionsstandort vorhanden sind. Diese Lagermengen der Vorperiode und die Produktionsmengen der betrachteten Periode ergeben somit die gesamte am Standort vorhandene Menge, die entweder abtransportiert oder gelagert werden muß. Restriktionen **4.2.5** definieren, daß in  $t=0$  keine Lagermenge vorhanden ist. Mit den Restriktionen **4.2.6** wird sichergestellt, daß die produktionsstandortspezifische Produktionskapazität in einer Periode nicht überschritten wird. Die benötigte standortspezifische Produktionskapazität setzt sich aus den produkt- und standortspezifischen Produktionsmengen und -koeffizienten zusammen.

Bedingungen **4.2.7** bis **4.2.9** sind die Lagerrestriktionen. Mit den Lagerbilanzgleichungen **4.2.7** wird dafür gesorgt, daß die Summe aller zu einem Standort transportierten Mengen in einer Periode der Summe entspricht, die den Standort in der Periode auch wieder verlassen. Hier ist jedoch genauso wie in den Produktionsstandortbilanzgleichungen **4.2.4** die Möglichkeit der periodenübergreifenden Lagerhaltung zu berücksichtigen, d.h. daß die Mengen die dem Standort durch Transporte zufließen zuzüglich der Mengen, die dort bereits aus der Vorperiode gelagert werden, den Mengen entsprechen müssen, die den Standort wieder verlassen zuzüglich der Mengen, die in der betrachteten Periode dort bis zur nachfolgenden Periode gelagert werden. Restriktionen **4.2.8** definieren wiederum die Lagermengen für die Periode  $t=0$ . Die Lagerkapazitätsrestriktionen **4.2.9** stellen sicher, daß die produktspezifischen Lagermengen an den einzelnen Standorten in den einzelnen Perioden die dort vorhandene Lagerkapazität nicht über-

schreiten. Diese Restriktionen haben für alle Standorte Gültigkeit, an denen gelagert wird, also auch für die Produktionsstandorte.

Die Transportrestriktionen beschränken sich lediglich auf die Transportkapazität in den Bedingungen **4.2.10**. Hier wird modelliert, daß die transportmittel- und periodenspezifischen Transportkapazitäten nicht durch die Summe der Mengen überschritten werden, die mit dem standortspezifischen Transportmittel transportiert werden. Gleichzeitig wird durch die Einbindung der Binärvariablen sichergestellt, daß die Transportkapazität eines Transportmittels nur vorhanden ist, wenn dieses auch genutzt wird.

In den Restriktionen **4.2.11** bis **4.2.15** werden die Definitionsbereiche der Entscheidungsvariablen formuliert. In **4.2.12** wird festgelegt, daß die Transportvariable nur Werte zwischen „0“ und „1“ annehmen darf. **4.2.12** bis **4.2.15** stellen die Nichtnegativitätsbedingungen dar, in denen festgehalten wird, daß die Produktions-, Transport-, Lagerhaltungs- und Lieferrückstände nicht kleiner als „0“ sein dürfen. Somit steht ein deterministisches Rahmenmodell bereit, das bereits verschiedene Kompensationsmöglichkeiten zur Nachfrageerfüllung beinhaltet und zur Entwicklung eines stochastischen Modells sehr gut als Grundlage dienen kann. Die Weiterentwicklung zum stochastischen Modell wird im nächsten Unterkapitel vorgestellt.

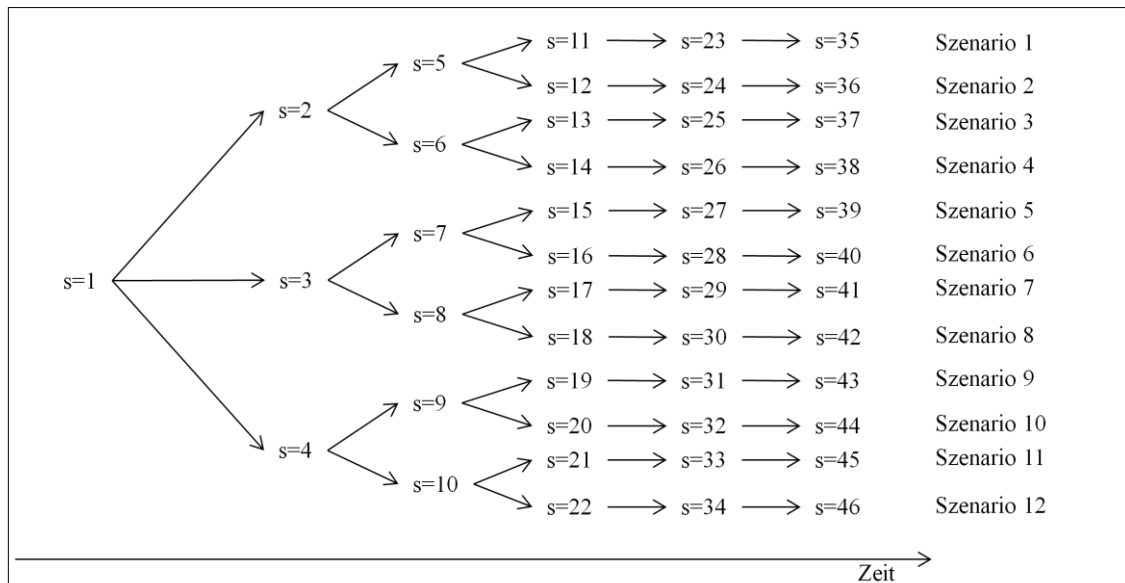
### **4.3 Überführung des deterministischen Modells in ein stochastisches**

In einem weiteren Schritt wird das Modell nun auf den Fall der unsicheren Nachfrage ausgeweitet und in ein stochastisches Modell überführt. Um ein stochastisches Modell zu entwickeln, muß ein Weg gefunden werden, die Unsicherheit der Nachfrage in der Modellierung zu berücksichtigen. Eine häufig in der Literatur der stochastischen Optimierung verwendete Methode ist die des Szenariobaums.<sup>76</sup> Ein solcher Szenariobaum kann als Diskretisierung einer möglichen, komplexen Verteilungsfunktion gesehen werden, bei dem eine Nachfragemenge mit jedem einzelnen Knotenpunkt verknüpft wird. Die zukünftigen, möglichen Nachfragemengen können als Umweltzustände gesehen werden, wobei der erste Zustand  $s = 1$ , also der in der ersten Planungsperiode  $t = 1$  be-

---

<sup>76</sup> Vgl. auch im Folgenden BRANDIMARTE (2006), S. 3002.

kannt ist.<sup>77</sup> Bis zum Planungshorizont  $T$  können insgesamt  $S$  verschiedene Umweltzustände  $s$  eintreten, die sich auf  $T$  Indexmengen  $S_t$  der Zustände  $s$  zu den einzelnen Perioden  $t$  aufteilen. Die Entwicklung der einzelnen Szenarien in einem Szenariobaum wird anhand von Abbildung 2 verdeutlicht.



**Abbildung 2: Szenariobaum über 4 Planungsperioden mit einfacher Fortführung am Planungshorizont**

Da das deterministische Modell keine Unternehmensfortführung am Ende des Planungshorizontes berücksichtigt, werden bei Optimierung die Lagermengen in  $T$  auf 0 ME heruntergefahren. Um jedoch zu berücksichtigen, daß auch nach Ende des Planungshorizonts noch Nachfrage besteht, kann der Szenariobaum für die Perioden nach Ende des eigentlichen Planungshorizonts  $T$  erweitert werden. Hierfür können einfach Nachfragemengen vorgegeben oder die aus  $T$  fortgeführt werden (siehe Abbildung 2).<sup>78</sup> Diese Vorgehensweise reflektiert nicht die reale Welt, doch so kann die Fortführung nach Ende des Planungshorizontes berücksichtigt werden. Die Fortschreibung der Szenarien führt gleichzeitig zu einer Einschränkung der Szenarienzahl.

Eine Möglichkeit der Modellierung der Unsicherheit, die durch einen Szenariobaum abgebildet wird, ist die der Entwicklung eines Binominalprozesses. Hierfür werden Binärvariablen eingeführt, die den Wert „0“ annehmen, wenn der Zustand  $s$  nicht realisiert

<sup>77</sup> Vgl. auch im Folgenden KLINGELHÖFER (2003), S. 284.

<sup>78</sup> Vgl. auch im Folgenden BRANDIMARTE (2006), S. 3002.



und den Wert „1“, wenn der Zustand  $s$  realisiert wird.<sup>79</sup> In diesem Fall ergibt sich die Menge aller möglichen Zustände  $S$  als Vereinigungsmenge aller zeitbezogenen Mengen  $S_t$  und kann geschrieben werden als:

$$S = \bigcup_{t \in T} S_t = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_T. \quad ^{80}$$

Wird dann davon ausgegangen, daß sich der Informationsstand im Zeitablauf verbessert, also daß die in der Vergangenheit eingetretenen Zustände bekannt werden, kann die Menge  $S_t$  weiter aufgespalten werden.<sup>81</sup> Da jeder Umweltzustand  $s$  in  $t$  nur eintreten kann, wenn in der Vorperiode sein direkter Vorgänger eingetreten ist, ist die Menge der Zustände in  $t$  abhängig vom in  $t-1$  eingetretenen Zustand. Hierfür ist es notwendig, den Zustand  $s$  in  $t = 0$  zu definieren, dieser sei  $s = 0$ . Dann ist:

$$S_t = \bigcup_{s \in S_{t-1}} S_{t|t-1,s} \quad \forall t \in T$$

Bei der Modellierung eines Binominalprozesses ist jedoch zu bedenken, daß die Lösungsfindung für größere Modelle mit vielen Binärvariablen langwierig und schwierig sein kann, da keine effizienten Lösungsalgorithmen hierfür bestehen und der Rechenaufwand selbst mit aktueller Hard- und Software sehr hoch ist.<sup>82</sup>

Eine weitere Möglichkeit der Modellierung der Unsicherheit, die durch einen Szenariobaum dargestellt wird, ist die Betrachtung der einzelnen Szenarien anstelle der einzelnen Zustände.<sup>83</sup> In Abbildung 2 ist erkennbar, daß bei einem vergleichsweise kleinen Szenariobaum, der über lediglich vier Perioden mit zwei Folgeperioden hinter dem Planungshorizont läuft und nur wenige Szenarien je Periode enthält, die Anzahl der Zustände, in diesem Fall 46 Stück, die Anzahl der Szenarien, in diesem Fall zwölf, bei Weitem übersteigt. Aus diesem Grund wird das im vorigen Kapitel beschriebene, deterministische Modell im Sinne der zweiten Möglichkeit erweitert. Auch hier gibt es

<sup>79</sup> Vgl. BRANDIMARTE (2006), S. 3000 ff.

<sup>80</sup> Vgl. KLINGELHÖFER (2003), S. 285.

<sup>81</sup> Vgl. auch im Folgenden KLINGELHÖFER (2003), S. 285.

<sup>82</sup> Vgl. HILLIER / LIEBERMANN (2002), S. 384 ff.

<sup>83</sup> Vgl. hierzu z.B. THORN (2002), S. 157 ff.; ZANJANI / NOURELFATH / AIT-KADI (2010), S. 4705 ff.

wiederum zwei Möglichkeiten.<sup>84</sup> Zum Einen kann durch die Zielfunktion die Differenz zwischen einer vorgeschlagenen Lösung und den Optimallösungen der einzelnen Szenarien minimiert werden, also das Prinzip des minimalen Bedauerns angewendet werden. In diesem Fall würde sich jedoch die Struktur des linearen deterministischen Modells sehr stark verändern und die Zielfunktion wäre nicht mehr linear. Eine weitere Möglichkeit ist die Gewichtung der Zielfunktion mit den Wahrscheinlichkeiten der Szenarien. So bleibt die lineare Struktur des Modells erhalten. Aus Kompatibilitätsgründen wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit diese Methode verfolgt.

Das im Vorkapitel beschriebene deterministische Modell enthält die Nachfragemengen  $D$  verschiedener Kunden  $i$  nach verschiedenen Produkten  $h$ . Es sind somit  $i \cdot h$  unterschiedliche Szenariobäume denkbar, die jeweils eine von der Anzahl der Perioden und der periodenspezifischen Szenarienvielfalt abhängige Menge an gesamten Szenarien beinhalten. Um die Berücksichtigung der unsicheren Nachfrage darzustellen, wird im Folgenden in Anlehnung an ZANJANI / NOURELFATH / AIT-KADI (2010) davon abstrahiert verschiedene Szenariobäume einzubeziehen. Die Szenarien werden so modelliert, daß ein Szenario Aussagen über alle kunden- und produktspezifischen Nachfragemengen enthält.<sup>85</sup>

Um die unterschiedlichen Szenarien in das Modell einzubeziehen, sind einige Veränderungen an der Zielfunktion und den Restriktionen notwendig. Die im deterministischen Modell beschriebenen Indexmengen und Restriktionen bleiben gewissermaßen bestehen, es kommen jedoch weitere Indexmengen und somit auch weitere Indizes an den Variablen sowie einige neue Restriktionen hinzu. Überdies setzt sich die Zielfunktion jetzt aus der Summe der mit den bedingten Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Szenarien gewichteten Gewinne zusammen.<sup>86</sup>

---

<sup>84</sup> Vgl. auch im Folgenden ESCUERDO ET AL. (1999), S. 26.

<sup>85</sup> Vgl. ZANJANI / NOURELFATH / AIT-KADI (2010), S. 4705.

<sup>86</sup> Vgl. ESCUERDO ET AL. (1999), S. 26.

Indexmengen:

$A$	Indexmenge aller SC-Stufen $1, \dots, N$
$A_1$	Indexmenge der SC-Stufen $1, \dots, N-1$ einer Supply Chain
$A_2$	Indexmenge der SC-Stufen $2, \dots, N-1$ einer Supply Chain
$B$	Indexmenge aller Standorte der Supply Chain
$B_\kappa$	Indexmenge der Standorte der SC-Stufe $\kappa$
$M_i$	Indexmenge der Transportmittel, die am Standort $i \in B_\kappa$ , $\kappa \in A_1$ verfügbar sind
$H$	Indexmenge der Produkte in der Supply Chain
$T$	Indexmenge der Planungsperioden
$S$	Indexmenge aller vorhandenen Szenarien
$G_t$	Indexmenge der Szenariogruppen in der Planungsperiode $t \in T$
$S_g$	Indexmenge aller möglichen Szenarien $s$ die zu einer Szenariogruppe $g \in G_t$ gehören

Die Daten werden um die, auf die Szenarioanalyse bezogenen Elemente, vervollkommen und können folgendermaßen dargestellt werden.

Daten:*Monetäre Daten*

$p_h$	Absatzpreis für das Produkt $h$ pro ME
$cp_{hi}$	Produktionskosten für die Herstellung einer ME des Produktes $h$ am Standort $i$ in der SC-Stufe 1 (Produktionskostensatz)
$ctv_{hijm}$	Variable Transportkosten für den Transport einer ME des Produktes $h$ mit dem Transportmittel $m$ von Standort $i$ in SC-Stufe $k$ zum Standort $j$ in SC-Stufe $k+1$ (Transportkostensatz)
$ctf_m$	Fixkosten, die anfallen, wenn Transportmittel $m$ genutzt wird
$cl_{hi}$	Lagerkosten für die Lagerung einer ME des Produktes $h$ am Standort $i$ in SC-Stufe $k$ (Lagerkostensatz)
$cf_{hi}$	Strafkosten für Lieferrückstände pro ME (Fehlmengenkostensatz)

*Nicht-monetäre Daten*

$D_{hist}$	Nachfrage des Kundenstandortes $i$ in SC-Stufe $N$ im Szenario $s$ in der Periode $t$ in ME des Produktes $h$
$PK_{hi}$	Faktoreinheiten, die zur Produktion einer ME des Produktes $h$ am Standort $i$ in SC-Stufe 1 benötigt werden (Produktionskoeffizient)
$KapP_{it}$	Am Standort $i$ in SC-Stufe 1 in Periode $t$ vorhandene Produktionskapazität
$KapL_{it}$	Am Standort $i \in B_K, \kappa \in A_1$ in Periode $t$ vorhandene Lagerkapazität
$KapT_{im}$	Transportkapazität des Transportmittels $m$ , das am Standort $i$ für den Transport zur Verfügung steht
$WK_s$	Bedingte Wahrscheinlichkeit, daß das Szenario $s$ realisiert wird

Auch die Entscheidungsvariablen werden an die neuen Bedingungen des stochastischen Modells angepaßt und weisen folgende Form auf:

Entscheidungsvariablen

$v_{imst}$	Binärvariable, die anzeigt, ob Transportmittel $m$ in Periode $t$ am Standort $i$ genutzt wird, $v_{imst} = 1$ oder nicht $v_{imst} = 0$ , wenn Szenario $s$ realisiert wird
$w_{hist}$	Mengeneinheiten des Produktes $h$ , die am Produktionsstandort $i$ in Periode $t$ produziert werden, wenn Szenario $s$ realisiert wird
$x_{hijmst}$	Mengeneinheiten des Produktes $h$ , die mit dem Transportmittel $m$ vom Standort $i$ der SC-Stufe $k$ zum Standort $j$ der SC-Stufe $k+1$ transportiert werden, wenn Szenario $s$ realisiert wird
$y_{hist}$	Mengeneinheiten des Produktes $h$ , die am Standort $i$ in SC-Stufe $k$ in Periode $t$ bis zur folgenden Periode gelagert, wenn Szenario $s$ realisiert wird
$z_{hist}$	Mengeneinheiten des Lieferrückstands von Produkt $h$ am Kundenstandort $i$ in SC-Stufe $N$ in Periode $t$ bei Realisation von Szenario $s$

Zielfunktion:

Im Grunde bleibt die Zielfunktion so bestehen, wie sie im deterministischen Ansatz dargestellt wurde. Es wird weiterhin eine Gewinnmaximierung angestrebt. Um den Gesamtgewinn  $G$  zu ermitteln, werden die durch jedes Szenario  $s$  erwirtschafteten Gewinne aufsummiert. Die bereits erläuterten Elemente der Zielfunktion sind mit den bedingten Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Szenarien zu gewichten. Jede Entscheidungsvariable ist dementsprechend mit Index  $s$  zu ergänzen. Die Zielfunktion weist folgende Form auf:

ZF: max  $G$ ;

$$G := \sum_{s \in S} WK_s \cdot \left( \begin{aligned} &\sum_{i \in B_{N-1}} \sum_{j \in B_N} \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} x_{hijmst} \cdot p_h && \text{bedingte Wahrscheinlichkeit} \\ &- \sum_{h \in H} \sum_{i \in B_1} \sum_{t \in T} w_{hist} \cdot cp_{hi} && \text{Ertrag} \\ &- \sum_{h \in H} \sum_{\kappa \in A_1} \sum_{i \in B_\kappa} \sum_{j \in B_{\kappa+1}} \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} x_{hijmst} \cdot ctv_{hijm} && \text{Produktionskosten} \\ &- \sum_{\kappa \in A_1} \sum_{i \in B_\kappa} \sum_{m \in M_i} \sum_{t \in T} v_{imst} \cdot ctf_m && \text{variable Transportkosten} \\ &- \sum_{h \in H} \sum_{\kappa \in A_1} \sum_{i \in B_\kappa} \sum_{t \in T} y_{hist} \cdot cl_{hi} && \text{fixe Transportkosten} \\ &- \sum_{h \in H} \sum_{i \in B_N} \sum_{t \in T} z_{hist} \cdot cf_{hi} && \text{Lagerkosten} \\ & \end{aligned} \right) \quad \text{Strafkosten für Lieferückstände} \quad (4.3.1)$$

Das Restriktionssystem des deterministischen Modells aus Kapitel 4.2 bleibt in seiner Form weitestgehend bestehen, es sind jedoch einzelne, geringfügige Änderungen an den bestehenden Restriktionen sowie einige zusätzliche Restriktionen notwendig. Zunächst wird das Restriktionssystem wieder formal dargestellt und dann anschließend verbal erläutert.

Restriktionen:

Nachfragerestriktionen:

$$\sum_{i \in B_{N-1}} \sum_{m \in M_i} x_{hijmst} + z_{hjst} = D_{hjst} + z_{hjst-1}$$

$$\forall \quad h \in H, j \in B_N, s \in S, t \in T \quad (4.3.2)$$

$$z_{hjs0} = 0$$

$$\forall \quad h \in H, j \in B_N, s \in S \quad (4.3.3)$$

Produktionsstandortbilanzgleichungen:

$$w_{hist} + y_{hist-1} = \sum_{j \in B_2} \sum_{m \in M_i} x_{hijmst} + y_{hist}$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_1, s \in S, t \in T \quad (4.3.4)$$

$$y_{his0} = 0$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_1, s \in S \quad (4.3.5)$$

Produktionskapazitätsrestriktion:

$$\sum_{h \in H} PK_{hi} \cdot w_{hist} \leq KapP_{it}$$

$$\forall \quad i \in B_1, s \in S, t \in T \quad (4.3.6)$$

Lagerbilanzgleichung:

$$\sum_{f \in B_{\kappa-1}} \sum_{m \in M_f} x_{hfimst} + y_{hist-1} = \sum_{j \in B_{\kappa+1}} \sum_{m \in M_i} x_{hijmst} + y_{hist}$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_2, s \in S, t \in T \quad (4.3.7)$$

$$y_{his0} = 0$$

$$\forall \quad h \in H, i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_2 \quad (4.3.8)$$

Lagerkapazitätsrestriktion:

$$\sum_{h \in L} y_{hist} \leq KapL_{it}$$

$$\forall \quad i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, s \in S, t \in T \quad (4.3.9)$$

Transportkapazitätsrestriktion:

$$\sum_{h \in H} \sum_{j \in B_{\kappa+1}} x_{hijmst} \leq v_{imst} \cdot KapT_{im} \quad \forall i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, m \in M_i, s \in S, t \in T \quad (4.3.10)$$

Modellierung des nichtantizipierenden Prinzips:

$$v_{imst} = v_{ims't} \quad \forall i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, m \in M_i, s, s' \in S_g, g \in G_t, t \in T \quad (4.3.11)$$

$$w_{ihst} = w_{ihst} \quad \forall h \in H, i \in B_1, s, s' \in S_g, g \in G_t, t \in T \quad (4.3.12)$$

$$x_{hijmst} = x_{hijms't} \quad \forall h \in H, i \in B_{\kappa}, j \in B_{\kappa+1}, \kappa \in A_1, m \in M_i, s, s' \in S_g, g \in G_t, t \in T \quad (4.3.13)$$

$$y_{hist} = y_{his't} \quad \forall h \in H, i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, s, s' \in S_g, g \in G_t, t \in T \quad (4.3.14)$$

$$z_{hist} = z_{his't} \quad \forall h \in H, i \in B_N, s, s' \in S_g, g \in G_t, t \in T \quad (4.3.15)$$

Modellierung der Binärvariablen und Nichtnegativitätsbedingungen:

$$v_{imst} \in \{0,1\} \quad \forall i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, m \in M_i, s \in S, t \in T \quad (4.3.16)$$

$$w_{ihst} \geq 0 \quad \forall h \in H, i \in B_1, s \in S, t \in T \quad (4.3.17)$$

$$x_{hijmst} \geq 0 \quad \forall h \in H, i \in B_{\kappa}, j \in B_{\kappa+1}, \kappa \in A_1, m \in M_i, s \in S, t \in T \quad (4.3.18)$$

$$y_{hist} \geq 0 \quad \forall h \in H, i \in B_{\kappa}, \kappa \in A_1, s \in S, t \in T \quad (4.3.19)$$

$$z_{hist} \geq 0 \quad \forall h \in H, i \in B_N, s \in S, t \in T \quad (4.3.20)$$

Die Restriktionen **4.2.2** bis **4.2.10** bleiben in ihrer Form als Restriktionen **4.3.2** bis **4.3.10** bestehen, genauso wie **4.2.11** bis **4.2.15** als Restriktionen **4.3.16** bis **4.3.20** bestehenbleiben. Die Entscheidungsvariablen und einige Konstanten werden jedoch um den Index  $s$  der unterschiedlichen Szenarien erweitert. Hinzu kommen Restriktionen **4.3.11** bis **4.3.15**. Diese sind notwendig, um das nichtantizipierende Prinzip zu modellieren.<sup>87</sup> Das nichtantizipierende Prinzip besagt, daß die Werte der Entscheidungsvariablen zweier Szenarien  $s$  und  $s'$  bis zu einer bestimmte Periode identisch sein müssen, wenn die Szenarien auf Grundlage der vorhandenen Informationen bis zu dieser Periode identisch sind. Hierfür werden die bis zu jeder Periode vorhandenen Szenarien in Szenariogruppen unterteilt. Für den in Abbildung 2 dargestellten Szenariobaum besagt dies beispielsweise, daß die Szenarien 1 und 2 in den Perioden  $t=1, 2, 3$  jeweils zu einer Szena-

<sup>87</sup> Vgl. auch im Folgenden THORN (2002), S. 193 f.; ESCUERDO ET AL. (1999), S. 27.

riogruppe gehören und sich erst in der vierten Periode unterscheiden. Dies bedeutet somit auch, daß die Entscheidungsvariablen der beiden Szenarien bis zur einschließlich dritten Periode identisch sind.

Das entwickelte, stochastische Modell der taktischen Supply Chain Planung wird im Folgenden an Hand eines Zahlenbeispiels näher erläutert.

## 4.4 Numerisches Beispiel

### 4.4.1 Annahmen und Daten

Das Numerische Beispiel soll aufzeigen, daß die Restriktionen im sachlogischen und richtigen Zusammenhang zur Zielfunktion stehen und durch die Modellierung richtig miteinander verknüpft sind. Weiterhin bietet es eine gute Möglichkeit den Gebrauch von Optimierungssoftware zu erläutern und die rechentechnische Lösbarkeit zu erörtern.

Die Beispielrechnungen basieren auf einer Supply Chain Konfiguration mit vier Supply Chain Stufen, von denen die erste Stufe zwei Produktionsstandorte, die zweite ein Distributionslager, die dritte zwei Großhändler und die vierte Stufe einen Kundenstandort beinhaltet. Weiter wird nur ein homogenes Gut nachgefragt, produziert, transportiert und gelagert, und an jedem Standort ist in jeder Periode nur ein Transportmittel zur Nutzung verfügbar. Abbildung 3 veranschaulicht den Aufbau der Supply Chain.

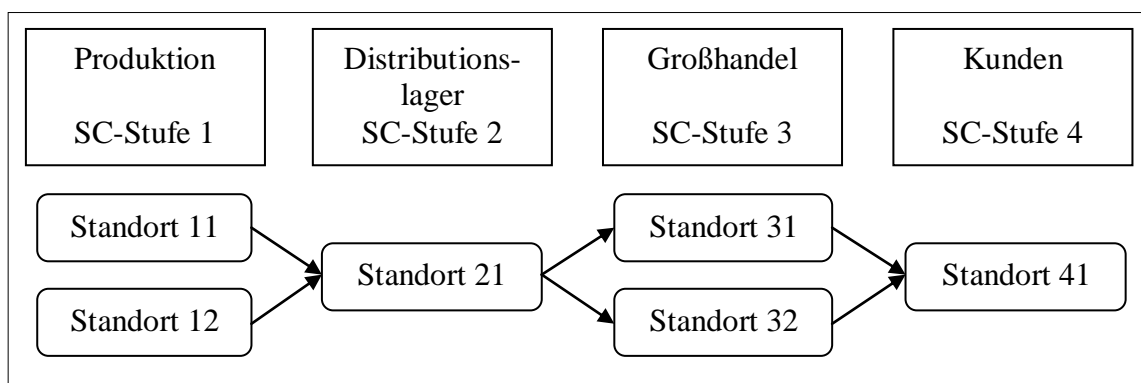


Abbildung 3: Aufbau der Supply Chain des numerischen Beispiels

Um die Wirkungsweise des Modells darzustellen, wurden drei verschiedene Varianten des Beispiels berechnet. Die drei Varianten unterscheiden sich lediglich durch verschiedene Produktions- Lager- und Transportkapazitäten, d.h. die Struktur des Netzwerkes, die monetären Daten, die Produktionskoeffizienten und der Szenariobaum, der die



Nachfragen beschreibt, sind in den drei Varianten identisch und stellen sich folgendermaßen dar:

Ausgangsdaten aller Beispielvarianten:

Absatzpreis:  $p = 120 \text{ [GE/ME]}$

Kosten für Lieferrückstand:  $cf = 30 \text{ [GE/ME]}$

fixe Transportkosten:  $cft = 5 \text{ [GE/Transport und Transportmittel]}$

Variable Transportkosten $cl_{vij}$	Standort $j = 21$	Standort $j = 31$	Standort $j = 32$	Standort $j = 41$
Standort $i=11$	2	--	--	--
Standort $i=12$	2	--	--	--
Standort $i=21$	--	3	3	--
Standort $i=31$	--	--	--	2
Standort $i=32$	--	--	--	2

**Tabelle 1: Variable Transportkosten Beispiel 1**

Produktionskosten $cp_i$ in [GE/ME]	
Standort $i=11$	1
Standort $i=12$	5

**Tabelle 2: Produktionskosten Beispiel 1**

Lagerkosten $cl_i$ in [GE/ME]	
Standort $i=11$	2
Standort $i=12$	3
Standort $i=21$	4
Standort $i=31$	5
Standort $i=32$	6

**Tabelle 3: Lagerkosten Beispiel 1**

Produktionskoeffizient $PK_{hi}$ in [FE/ME]	
Standort $i=11$	1
Standort $i=12$	1

**Tabelle 4: Produktionskoeffizienten Beispiel 1**

Die Kosten für Lieferrückstände wurden im Vergleich zu den übrigen Kosten sehr hoch angesetzt, denn die Nachfrage der Kunden soll, sofern dies auf Grundlage der verfügbaren Kapazitäten möglich ist, befriedigt werden. Die Lagerkosten steigen von Standort zu Standort und Stufe zu Stufe an, um zu verdeutlichen, daß die Standorte, an denen gelagert wird, kostenabhängig gewählt werden.

Den Daten für die Nachfrage liegt eine Planung über vier Perioden zugrunde, wobei für die fünfte Periode in jedem Szenario dieselbe Nachfragemenge wie in der vierten Periode vorgegeben wird, um die Fortführung der Supply Chain über den Planungshorizont hinaus abzubilden. In jeder Periode kann ein optimistisches oder ein pessimistisches Nachfrageszenario eintreten. Die Nachfrage wird durch einen Szenariobaum abgebildet (Abbildung 4).

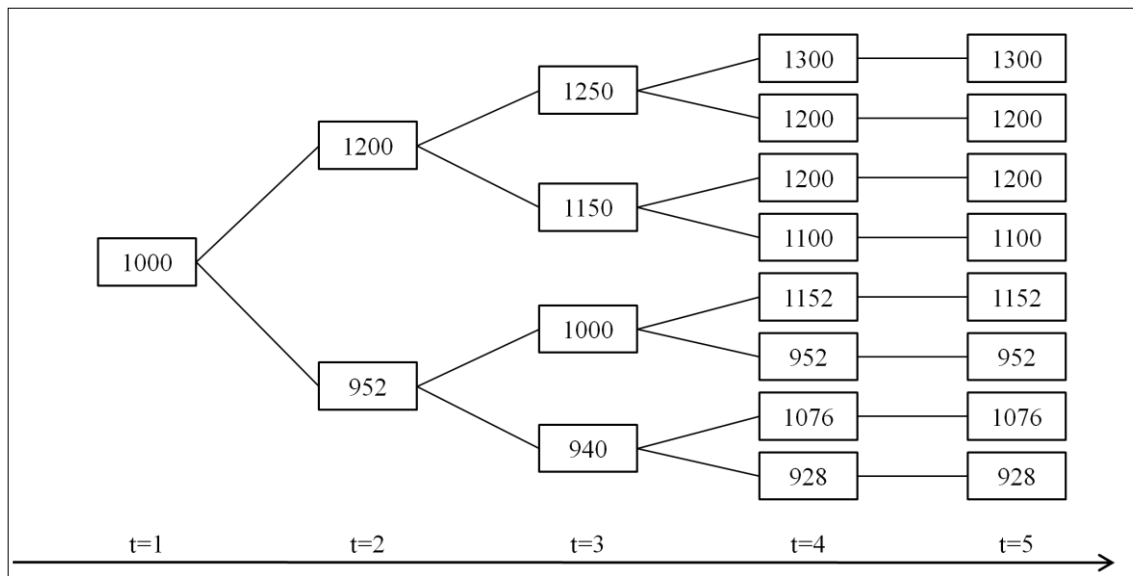


Abbildung 4: Nachfrage in Form eines Szenariobaumes für Beispiel 1

#### Variantspezifische Daten:

In der **ersten Variante** des Zahlenbeispiels sind die Produktions-, Transport- und Lagerkapazitäten hinreichend groß gewählt, so daß hier keine Engpässe entstehen. Diese Variante des Zahlenbeispiels dient der Veranschaulichung und der Verifikation der Kosteneinflüsse bei der Supply Chain Planung mit dem entwickelten Modell.

Folgende kapazitätsspezifischen Daten wurden gewählt:

Transportkapazitäten:  $KapT_{it} = 10000 \quad \forall i, t$

Produktionskapazitäten $KapP_{it}$ in [FE]	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Standort i=11	1500	1300	750	800	550
Standort i=12	1500	1200	650	700	450

Tabelle 5: Produktionskapazitäten Beispiel 1, Variante 1

Lagerkapazität KapL <sub>it</sub> in [ME]	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Standort i=11	300	300	300	300	300
Standort i=12	300	300	300	300	300
Standort i=21	600	600	600	600	600
Standort i=31	400	400	400	400	400
Standort i=32	200	200	200	200	200

Tabelle 6: Lagerkapazitäten Beispiel 1, Variante 1

Die Daten für die **zweite Variante** sind so gewählt, daß die Produktionskapazitäten in den letzten Perioden nicht ausreichen um die anfallende Nachfrage durch periodengleiche Produktion vollständig zu befriedigen. Die Transport- und Lagerkapazitäten hingegen sind weiterhin ausreichend groß gewählt, so daß die Produktionskapazitäten alleiniger Engpaß sind. Die Lagerkapazitäten reichen jedoch nur kumuliert über alle Standorte gemeinsam aus, so daß die Lagerhaltung auf Grund der Kapazitäten auf die unterschiedlichen Standorte verteilt werden muß. Dieses Beispiel dient der Veranschaulichung der Auswirkungen von Engpässen in den Produktionskapazitäten auf die Planung und der Darstellung der modelltheoretischen Zusammenhänge der Kapazitätsrestriktionen.

Transportkapazitäten:  $\text{KapT}_{it} = 1500 \quad \forall i, t$

Produktionskapazitäten KapP <sub>it</sub> in [FE]	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Standort i=11	600	600	450	450	450
Standort i=12	700	700	550	550	550

Tabelle 7: Produktionskapazitäten Beispiel 1, Variante 2

Lagerkapazität KapL <sub>it</sub> in [ME]	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Standort i=11	50	50	20	20	20
Standort i=12	50	50	30	30	30
Standort i=21	100	100	50	50	50
Standort i=31	100	100	100	100	100
Standort i=32	200	200	100	100	100

Tabelle 8: Lagerkapazitäten Beispiel 1, Variante 2

Durch die **dritte Variante** des numerischen Beispiels werden die Auswirkungen knapper Transportkapazitäten auf die Planungsergebnisse dargestellt. Die Transportkapazitäten wurden so gewählt, daß sie für die Transporte zwischen den ersten beiden Stufen knapp sind. Die Produktions- und Lagerkapazitäten wurden hinreichend groß gewählt, so daß hier keine Engpässe entstehen.

Transportkapazitäten $KapP_{it}$ in [FE]	Transportmittel $m=1$
Standort $i=11$	600
Standort $i=12$	600
Standort $i=21$	1800
Standort $i=31$	10000
Standort $i=32$	10000

**Tabelle 9: Transportkapazitäten Beispiel 1, Variante 3**

Produktionskapazitäten $KapP_{it}$ in [FE]	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Standort 11	1500	1200	700	700	700
Standort 12	1500	1300	800	800	800

**Tabelle 10: Produktionskapazitäten Beispiel 1, Variante 3**

Lagerkapazität $KapL_{it}$ in [ME]	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Standort 11	300	300	300	300	300
Standort 12	300	300	300	300	300
Standort 21	600	600	600	600	600
Standort 31	400	400	400	400	400
Standort 32	200	200	200	200	200

**Tabelle 11: Lagerkapazitäten Beispiel 1, Variante 3**

Da das numerische Beispiel des stochastischen Modells selbst mit der sehr einfachen Supply Chain Konfiguration sehr viele Variablen und Restriktionen enthält, ist es zweckmäßig es mit technischer Hilfe mittels einer Optimierungssoftware und entsprechender Hardware zu lösen. Zur Lösung der Beispiele wird die Optimierungssoftware „Lingo“ verwendet. Nähere Ausführungen zur Software, zur Verwendung dieser und zu den gefundenen Optimallösungen der Beispiele werden im folgenden Unterkapitel dargestellt.

#### 4.4.2 Implementierung des Modells in die Optimierungssoftware Lingo mit Lösungsberechnung und -auswertung

Die folgenden Berechnungen wurden mit der Software Lingo, Version 11.0.1.3 vom 26. August 2009 auf einem Intel Core TM2 Extreme mit einer CPU X9000, 2,8 GHz und 4 GB Arbeitsspeicher durchgeführt. Lingo ist eine Optimierungssoftware, die der effizien-

ten und einfachen Modellierung und Lösung mathematischer Optimierungsmodelle dient.<sup>88</sup> Es ist möglich, Modelle in expliziter Schreibweise in Lingo zu implementieren. Hierfür muß jede einzelne Restriktion mit allen Daten und Variablen in Lingo vorgegeben werden. Für obiges Beispiel bedeutet dies, daß 1553 Restriktionen mit insgesamt 760 Variablen vorgegeben werden müßten. Da alle Variablen in der Zielfunktion vorhanden sind, ist auch diese sehr umfangreich. Lingo erlaubt aber auch, Modelle in allgemeiner Form zu programmieren. Hierfür müssen zunächst Mengen und deren Attribute definiert werden. Dies geschieht in einem Abschnitt, der „Sets“ genannt wird. Auch Daten können hier bereits vorgegeben werden, sie können aber auch in einem extra Abschnitt „Data“ erfaßt werden. Die Erfassung der Daten im separaten Abschnitt bietet sich der Übersichtlichkeit halber an. Alle Daten sind schnell erkennbar und können für eventuelle Modifikationen leicht abgeändert werden. Für die oben beschriebenen drei Modellabwandlungen bedeutet dies, daß nur wenige, einfache Änderungen in dem Programm vorgenommen werden müssen, um die jeweiligen Lösungen zu berechnen. Desweiteren ist es möglich, Daten aus Datenbanken oder anderen Programmen wie beispielsweise Microsoft Excel in Lingo zu importieren. Dies ist besonders für Probleme mit einer sehr umfangreichen Datenlage sinnvoll, da bestehende Daten nicht wiederholt erfaßt werden müssen und zusätzlicher Arbeitsaufwand vermieden werden kann. Desweiteren ist es möglich, in der Datensektion genau vorzugeben, in welcher Form die Darstellung des Ergebnisses erfolgen soll, z.B. können der Übersichtlichkeit halber Tabellen konstruiert werden. Im Anschluß an die Definition der Sets und Eingabe der Daten erfolgt die eigentliche Programmierung des Problems. Zur Programmierung bietet Lingo Befehle an, die mathematischen Formulierungen sehr ähneln und somit fast intuitiv verwendet werden können, beispielsweise wird die Summenbildung mit dem Begriff „SUM“ (englisch für Summe) programmiert. Die Programmierung des im Vorkapitel dargestellten Zahlenbeispiels erfordert in der allgemeinen, also impliziten Form, eine relativ kurze Zielfunktion und lediglich 53 Restriktionen.<sup>89</sup>

Ist das Problem programmiert, kann es durch Verwendung der in Lingo bestehenden Lösungsfunktion gelöst werden. Lingo beinhaltet verschiedene Algorithmen zur Lösung von Modellen. Oben beschriebenes Modell ist ein lineares Optimierungsmodell, das

---

<sup>88</sup> Vgl. auch im Folgenden LINDO SYSTEMS INC. (2008).

<sup>89</sup> Für den Programmcode siehe Anhang I.

Binärvariablen beinhaltet und wurde mit Hilfe eines Branch-and-Bound Algorithmus<sup>90</sup> durch Lingo gelöst. Während der Lösungsfindung erscheint ein Fenster, in dem verschiedene Angaben zum Lösungsstatus zu finden sind (vgl. Abbildung 5). Es wird unter Anderem der Modelltyp angegeben, der Status der gefundenen Lösung, der Zielfunktionswert, die Anzahl der durchgeführten Iterationsschritte, die Anzahl der gesamten Variablen, die Anzahl der Binärvariablen sowie die Anzahl der Restriktionen. Weiterhin enthält dieses Fenster Informationen über die bisherige Rechenzeit und genutzte Rechenkapazität. Ist eine Lösung gefunden, so verändert sich das Fenster nicht weiter und es können bereits erste Informationen zur gefundenen Lösung entnommen werden. Abbildung 6 zeigt den Lösungsstatus für Variante 1 des programmierten Zahlenbeispiels, nachdem die Lösung gefunden wurde.<sup>91</sup>

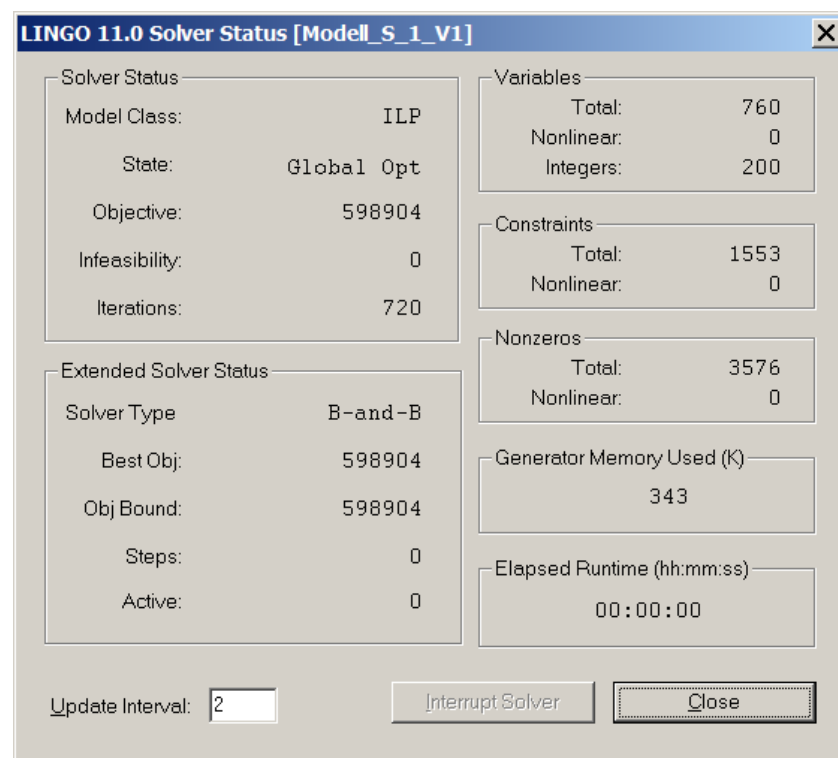


Abbildung 5: Solver Status Beispiel 1, Variante 1

An dem Lösungsstatus ist erkennbar, daß nach weniger als einer Sekunde eine Optimallösung gefunden wurde. Weiterhin wird die Anzahl der Restriktionen (1553), die Anzahl aller Variablen (760) sowie die Anzahl der Binärvariablen (200) angezeigt. Auch der Zielfunktionswert von 598.904 GE ist ablesbar. Die Lösungswerte der Variablen

<sup>90</sup> Für nähere Informationen zum Branch-and-Bound vgl. HILLIER / LIEBERMANN (2002), S. 402 ff.

<sup>91</sup> Für die "Solver Status" Fenster der Varianten 2 und 3 des Beispiels 1 siehe Anhang II.

und ihre Schattenpreise sowie die Tabellen, die im Datensektor bei der Programmierung gefordert werden, werden durch Lingo, inklusive einer Zusammenfassung aller vorgegebenen Daten in einem separaten Lösungsprotokoll<sup>92</sup> ausgegeben. Bei allen drei Varianten wurde trotz der zahlreichen Binärvariablen in weniger als oder genau einer Sekunde eine Optimallösung gefunden<sup>93</sup>. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Supply Chain Konfiguration, die den Beispielen zugrunde liegt, sehr einfach gestaltet wurde und daß je Variante nur wenige Restriktionen greifen, der Lösungsraum somit nur durch wenige Engpässe beschränkt ist. Im Folgenden werden die Lösungen der einzelnen Varianten des Beispiels separat ausgewertet, wobei lediglich auf die Struktur und die inhaltliche Plausibilität der Lösungen eingegangen wird. Auf Grund der großen Anzahl an Entscheidungsvariablen wird nicht näher auf ihre genauen Werte eingegangen.

Wie bereits erwähnt dient die **Variante 1** dem Zweck, die Auswirkungen von Kosten in der Planung mit dem Modell sichtbar zu machen. Die Produktionskosten für die Produktion am Standort 11 wurden sehr niedrig gewählt. Dies spiegelt sich in der Lösung<sup>94</sup> dadurch wider, daß in den ersten drei Planungsperioden ausschließlich an diesem Standort produziert werden soll. Ab der vierten Periode reicht die Produktionskapazität am Standort 11 alleine nicht mehr aus, um die Nachfrage in allen Szenarien zu decken. Da die Kosten für unbefriedigte Nachfragemengen jedoch höher sind, als die Produktionskosten am Standort 12 wird die Produktion auf beide Produktionsstandorte ausgeweitet. Am Standort 11 wird von der zweiten Periode an soviel produziert, wie es die vorhandene Kapazität zuläßt, am Standort 12 werden die weiteren benötigten Mengen produziert. Weiterhin ist erkennbar, daß in der zweiten Periode Standort 11 mehr produziert als benötigt wird. Die überschüssigen Mengen werden gelagert, denn die Produktionskosten am Standort 11 zuzüglich der Lagerkosten sind geringer, als die Produktionskosten am Standort 12. Da die Lagerkosten am Standort 11 geringer sind als an den anderen möglichen Lagerstandorten 22, 31 und 32 und weder die Transport- noch die Lagerkapazitäten knapp sind, wird hier gelagert. Die Struktur der Optimallösung von Variante 1 des numerischen Beispiels illustriert, daß die kostenbezogenen Restriktionen in

---

<sup>92</sup> Für ein umfangreiches Lösungsprotokoll der Variante 1 siehe Anhang II. Für die Varianten 2 und 3 sind den jeweiligen Lösungsprotokollen nur die Werte der Entscheidungsvariablen entnommen und im Anhang II dargestellt.

<sup>93</sup> Vgl. auch im Folgenden Anhang II.

<sup>94</sup> Für die Optimallösungen aller Varianten von Beispiel 1 siehe Anhang II.

Verbindung mit der Zielfunktion in dem entwickelten Modell richtig und plausibel umgesetzt wurden.

Die Daten der **Variante 2** wurden so gewählt, daß die Produktionskapazitäten in der Supply Chain knapp sind. Hierdurch soll demonstriert werden, daß die Kapazitätsrestriktionen schlüssig modelliert sind und im plausiblen Zusammenhang mit den weiteren Restriktionen und der Zielfunktion stehen. Um die Nachfrage, gerade die der optimistischen Szenarien, auch in späteren Perioden vollständig decken zu können, müssen in den ersten Perioden größere Mengen als eigentlich benötigt produziert werden. So kann ein Lagerbestand aufgebaut werden, mit Hilfe dessen die Nachfrage auch in späteren Perioden gedeckt werden kann. Dieser Umstand ist in der Optimallösung gut erkennbar. In jeder Periode wird in den meisten Szenarien soviel produziert, wie es die Produktionskapazität zuläßt. Dies ist mehr, als in den anfänglichen Perioden benötigt wird um die periodengleiche Nachfrage zu decken. Die überschüssigen Mengen werden für die Folgeperioden gelagert, wobei die Lagerhaltung sich auf unterschiedliche Standorte und Stufen aufteilt. Zunächst wird die Lagerkapazität des Standortes mit den geringsten Lagerkosten (Standort 11) ausgereizt, dann die desjenigen mit den nächstniedrigsten Kosten (Standort 12) und so fort, bis die zu lagernden Mengen schließlich kostenminimal auf die unterschiedlichen Standorte aufgeteilt sind. Da die gesamten, im Planungszeitraum verfügbaren Produktionskapazitäten nicht ausreichend sind, um die Nachfrage der sehr optimistischen Szenarien auch gegen Ende des Planungshorizonts zu decken, kommt es zwangsläufig zu Lieferrückständen. Die Struktur der Optimallösung dieser Beispielsvariante demonstriert den sachlogisch modellierten Zusammenhang zwischen den Produktionskapazitätsrestriktionen und den im Modell berücksichtigten Kosten. Weiterhin wird verdeutlicht, daß auch der Fall der Lieferrückstände als Kompensationsmöglichkeit schlüssig modelliert wurde

**Variante 3** soll die Auswirkungen knapper Transportkapazitäten verdeutlichen. Diese bestehen zwischen den ersten beiden Stufen und sind so formuliert, daß sie in der ersten Periode noch ausreichen um die Nachfrage aller Szenarien zu decken, nicht aber in den Folgeperioden. Die Optimallösung impliziert, daß in den ersten Perioden genau die Mengen des Produktes produziert werden, die auch zur nächsten Stufe transportiert werden können. Die produzierten Mengen werden dann vollständig zur nächsten Stufe, also zu Standort 21, transportiert. Von dort werden dann die nachgefragten Mengen über die nächste Stufe zum Kunden transportiert und die restlichen Mengen werden am



Standort 21 gelagert. In diesem Fall wird nicht erst die Lagerkapazität der Standorte der ersten Stufe mit niedrigeren Lagerkosten genutzt, denn auch in den weiteren Perioden ist dort die Transportkapazität knapp und die Lagermengen könnten nicht abtransportiert werden. Der kostengünstigste Standort, an dem Lagerhaltung zweckmäßig ist, ist somit der Standort 21. In der Lösung dieser Modellvariante wird somit der logische Zusammenhang zwischen den Transport-, Produktions- und Lagerrestriktionen bewiesen sowie der richtige Zusammenhang zwischen den Transportrestriktionen und der Kosten- seite des Modells.

Durch das vorgestellte numerische Beispiel mit den drei verschiedenen Varianten sind die Verkettungen der einzelnen Bestandteile des Modells demonstriert worden. Weiterhin ist in den Lösungen erkennbar, daß das nichtantizipierende Prinzip in der Modellierung richtig umgesetzt wird. Dies geht aus den Optimallösungen<sup>95</sup> hervor. In ihnen ist gut erkennbar, daß die Entscheidungsvariablen zweier Szenarien bis zu der Periode identisch sind, bis zu der auch die Szenarien einander entsprechen. Auch die Definitionsbereiche der Entscheidungsvariablen werden eingehalten und sind somit korrekt formuliert. Dennoch erscheinen einige Erweiterungen in der Modellierung und der Lösung sinnvoll. Diese werden im nächsten Unterkapitel aufgezeigt.

## 4.5 Kritische Würdigung

Die Berechnungen des numerischen Beispiels veranschaulichen, daß das Modell in seiner Funktionsweise dazu geeignet ist, bei gegebener Datenlage und einer im Szenario- baum abgebildeten Nachfrage, eine Optimallösung für ein Planungsproblem der taktischen Supply Chain Planung zu finden. Die meisten, für die taktische Supply Chain Planung relevanten Aspekte<sup>96</sup> werden in der Modellierung berücksichtigt und sachlogisch durch die Restriktionen und die Zielfunktion miteinander verknüpft. Weiterhin handelt es sich um ein Modell, das durch die Linearität eine einfache und übersichtliche Struktur besitzt und somit den Anforderungen an ein Modell<sup>97</sup> entspricht. Außerdem bietet das Modell die Möglichkeit der Anwendung auf verschiedene Supply Chain Kon-

---

<sup>95</sup> Vgl. Anhang II.

<sup>96</sup> Vgl. Kapitel 2.1 und die dort angegebene Literatur.

<sup>97</sup> Vgl. Kapitel 2.2 und die dort angegebene Literatur.

figurationen und berücksichtigt unterschiedlichste Transportmöglichkeiten, Produkte, Produktions- und Lagerkapazitäten etc. Es kann somit als Rahmen für die Planung in verschiedensten Supply Chain Netzwerken genutzt werden.

Die Nachfrageunsicherheit wird in Form eines Szenariobaums mit angeschlossener Szenarioanalyse berücksichtigt. Es wird somit ein Wert für jede Entscheidungsvariable, abhängig vom Szenario ermittelt. Gleichzeitig sind die Werte für die einzelnen Szenarien über die Zielfunktion miteinander Verknüpft. Durch die Modellierung verschiedener Szenarien wird unterstellt, daß alle möglichen Umweltzustände bekannt sind. Gleichzeitig werden auch die Eintrittswahrscheinlichkeiten dieser Zustände als bekannt vorausgesetzt. Das Modell bietet also einen Rahmen zur Planung unter den Voraussetzungen von Risiko.<sup>98</sup> Für die Vorhersage der Nachfrageszenarien können verschiedene Wege eingeschlagen werden. Die zukünftigen Daten könnten aus vergangenen Daten extrapoliert werden, es könnte mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen gearbeitet werden oder Szenarios verwendet werden, die von Experten vorgeschlagen werden.<sup>99</sup> In dem Entscheidungsmodell wird keine Aussage darüber getroffen, wie die Szenarios bestimmt werden, doch je genauer die Nachfrage vorhergesagt werden kann, desto besser ist die Lösung im Hinblick auf Planungsgüte.

Die Beispielberechnungen haben gezeigt, daß die Werte der Entscheidungsvariablen abhängig von den Szenarien sind, die eintreten. Die Optimallösungen können somit nicht als Handlungsanweisungen verstanden werden, die kurzfristig optimale Produktions-, Transport- und Lagermengen vorgeben. Das Modell bezieht sich auf die mittelfristige Planung und es können anhand der Optimallösungen Aussagen darüber getroffen werden, in welche Richtung gehandelt werden sollte, wenn in den ersten Perioden bestimmte Szenarien eintreten. Zur Identifizierung von Trends in der Nachfrageentwicklung und somit zur genaueren Vorhersage der Nachfrage erscheint es zweckmäßig das Planungsproblem in einen rollierenden Planungsprozeß<sup>100</sup> einzubinden. Auch dies ist durch aktuelle Optimierungssoftware gut umsetzbar<sup>101</sup>.

---

<sup>98</sup> Vgl. hierzu Kapitel 3.

<sup>99</sup> Vgl. ZANJANI / NOURELFATH / AIT-KADI (2010), S. 4708 und für allgemeine Prognoseprobleme CORSTEN / GÖSSINGER (2001), S. 199 ff.

<sup>100</sup> Vgl. hierzu Kapitel 3 und die dort angegebene Literatur.

<sup>101</sup> Vgl. LINDO SYSTEMS INC. (2010).

Desweiteren haben die Berechnungen im Kapitel 4.2.2 (im Folgenden „Beispiel 1“ genannt) gezeigt, daß das beschriebene Optimierungsmodell trotz zahlreicher Binärvariablen mit Hilfe von Optimierungssoftware gut lösbar ist. Eine weitere Beispielrechnung („Beispiel 2“) jedoch, mit der die Lösbarkeit überprüft werden sollte, zeigt, daß die Rechenzeit im Vergleich zum Anstieg der Anzahl an Restriktionen und Variablen exponentiell steigt. Im Beispiel 2 wurden die kosten- und kapazitätsspezifischen Daten<sup>102</sup> zum Teil abgewandelt und es wurde zugrunde gelegt, daß auch in der zweiten Supply Chain Stufe 2 verschiedene Standorte vorhanden sind. Die Anzahl der Szenarien, Planungsperioden, Transportmittel und des Produkts sind unverändert. Die Unterschiede der Berechnung zu denen des Beispiels 1 sind in Tabelle 12 veranschaulicht.

	Beispiel 1	Beispiel 2	Differenz	
			Absolut	Prozent
Anzahl Restriktionen	1.553	1.958	+ 405	+ 26%
Anzahl Variablen	700	1.000	+ 300	+ 43%
davon Binärvariablen	200	240	+ 40	+ 20 %
Rechenzeit	unter 1 Sekunde	99 Stunden 55 Minuten 47 Sekunden	+99 Stunden 55 Minuten 46 Sekunden	+ 359.746%

**Tabelle 12: Gegenüberstellung Beispiel 1 und Beispiel 2**

An der Gegenüberstellung der Ergebnisse wird die dringende Notwendigkeit deutlich, die Anwendbarkeit des Modells auf Probleme realistischer Größe zu verbessern. Dies könnte beispielsweise durch die Nutzung anderer Soft- und/oder Hardwarekomponenten erfolgen oder durch Entwicklung und Anwendung einer Heuristik zur Lösungsfindung.

Zusammenfassend kann das entwickelte Modell durch die klare Struktur und die Berücksichtigung vieler verschiedener Komponenten der taktischen Supply Chain Planung als Rahmenmodell für weitere Planungsschritte bei unsicherer Nachfrage betrachtet werden.

<sup>102</sup> Vgl. für Datenlage und Solver Status Anhang III

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war die modelltheoretische Einbindung unsicherer Nachfrage in die Optimierung von Supply Chain Netzwerken auf taktischer Planungsebene. Zunächst wurden die Grundlagen der taktischen Supply Chain Planung sowie der modellgestützten Planung erörtert. Bei der taktischen Supply Chain Planung handelt es sich um die Planung eines Netzwerkes verschiedener Organisationen bei einem mittelfristigen Planungshorizont von sechs Monaten bis zu zwei Jahren.<sup>103</sup> Hierbei stehen die Beschaffungs-, Produktions-, Transport- und Absatzmengen im Vordergrund, wobei Kapazitäten und weitere Restriktionen berücksichtigt werden müssen. Desweiteren besteht die Anforderung an die taktische Supply Chain Planung den Bullwhip-Effekt in einer Supply Chain, der durch nachfrageinduzierte Schwankungen ausgelöst wird entgegen zu wirken. Die Planung stützt sich dabei auf Modelle deren Grundlagen anschließend dargestellt wurden. Ein Modell stellt die vereinfachte Abbildung der Realität dar und dient der Vorbereitung von Entscheidungen.<sup>104</sup> Modelle können in verschiedene Kriterien eingeteilt werden, wobei sich im Rahmen dieser Arbeit auf Entscheidungsmodelle konzentriert wurde. In Entscheidungsmodellen wird ein Ziel verfolgt, daß durch eine Zielfunktion abgebildet wird, und der Lösungsraum ist durch verschiedene Restriktionen begrenzt. Es soll dabei eine möglichst optimale und zulässige Lösung für ein bestehendes Problem gefunden werden.

Nach Erörterung der Grundlagen zur modellgestützten, taktischen Supply Chain Planung, wurde auf den Faktor der Unsicherheit in der Nachfrage und dessen Auswirkungen auf die taktische Supply Chain Planung eingegangen. Nachdem die verschiedenen Ausprägungen von Unsicherheit, die in Risiko, Ungewißheit und absolute Unwissenheit resultieren, erörtert wurden, wurden die Unsicherheit und Ihre Bedeutung in Bezug zur Supply Chain gesetzt.<sup>105</sup> Es wurde herausgestellt, daß besonders die Nachfrageunsicherheit hohe Auswirkungen auf die Zielerreichung einer Supply Chain hat. Desweiteren wurden verschiedene Möglichkeiten erläutert, Unsicherheit in Entscheidungsmodelle einzubinden. Anhand eines Literaturüberblicks wurden schließlich verschiedene, für

---

<sup>103</sup> Vgl. auch im Folgenden Kapitel 2.1 und die dort angegebene Literatur.

<sup>104</sup> Vgl. auch im Folgenden Kapitel 2.2 und die dort angegebene Literatur.

<sup>105</sup> Vgl. auch im Folgenden Kapitel 3 und die dort angegebene Literatur.

die taktische Supply Chain Planung bestehende Möglichkeiten herausgestellt. Hierbei zeigte sich, daß viele Ansätze auf Kompensationsmodelle und Szenarioanalysen zurück greifen, die meisten Ansätze aber entweder auf eine sehr spezielle Supply Chain Konfiguration ausgerichtet oder aber sehr komplex und umfangreich sind.

Folglich wurde aus verschiedenen Ansätzen ein stochastisches Modell entwickelt, daß sich in die allgemeine taktische Supply Chain Planung bei Nachfrageunsicherheit einbinden läßt und einfach strukturiert ist. Hierfür wurde zunächst ein deterministischer Ansatz entworfen, der Komponenten verschiedener bestehender Modelle vereint. Anschließend wurde der deterministische Ansatz um stochastische Merkmale erweitert. Um die Plausibilität und Richtigkeit des entwickelten Modells aufzuzeigen, wurde ein numerisches Beispiel in verschiedenen Varianten durchgerechnet und anhand von Plausibilitätsüberlegungen diskutiert. Ferner wurde die Lösbarkeit des Modells durch Nutzung einer Optimierungssoftware dargestellt, und es wurden Stärken und Schwächen des Ansatzes diskutiert.

Abschließend ist hervorzuheben, daß die Vorhersagegenauigkeit der unsicheren Nachfrage maßgeblich zur Güte der Lösungsfindung bei allen beleuchteten stochastischen Modellen beiträgt. Auch ist herauszustellen, daß die Lösbarkeit von Modellen im Rahmen der taktischen Supply Chain Planung allgemein, häufig auf Grund des massiven Umfangs der dort angesiedelten Entscheidungsprobleme, nicht unproblematisch ist. Auch das entwickelte Entscheidungsmodell betreffend besteht weitergehendes Entwicklungspotential hinsichtlich der Lösungsfindung, z.B. durch die Entwicklung und Einbindung von Heuristiken. Unabhängig davon ist das Modell zur Vorbereitung von Entscheidungen in der taktischen Supply Chain Planung bei Berücksichtigung unsicherer Nachfrage gut als Rahmenmodell verwendbar und für die Einbindung weiterer Ideen geeignet.

## Anhang

### Anhang I: Programmierung von Beispiel 1 in Lingo<sup>106</sup>

#### Programmierung der Mengen (Sets): Identität bei allen Varianten

Sets:

!Einfache Mengen;

Prodstandort;;

!Produktionsstandorte ip = 11,12 der Stufe 1;

Lager;;

!Distributionslager il = 21 der Stufe 2;

Grosshandel;;

!Standorte der Großhändler ig = 31,32 der SC-Stufe 3 ;

Kunde;;

!Kundenstandorte ik = 41 der SC-Stufe 4 ;

Produkt:

!Produkte h = 1,2,3 ;

p;

!Absatzpreis für das Produkt h pro ME ;

Szenario:

!Szenarien s = 1,...,12, die jeweils für jeden Kunden, jedes Produkt und jede Planungsperiode Nachfragemengen enthalten;

W ;

!Bedingte Wahrscheinlichkeit, daß das Szenario s eintritt ;

Szenariogruppen;;

!Szenariogruppen g, in den Planungsperioden t ;

Time;;

!Planungsperioden t = 1,2,3,4,5,6 ;

Transportmittel:

!Transportmittel, die an den verschiedenen Standorten der verschiedenen Stufen vorhanden sind;

ctf;

!Fixe Transportkosten für die Nutzung des Transportmittels f pro Periode;

---

<sup>106</sup> In der Programmierung eingefügte Kommentare sind in der Farbe grün dargestellt und dienen der Erklärung

```
!Verbindungsmengen;

hXip (Produkt,Prodstandort):
!Verbindungsmenge der Produkte und Produktionsstandorte;
    cp,
!Produktionskosten pro ME des Produktes h am Standort ip;
    cl1,
!Lagerkosten pro ME des Produktes h am Standort ip pro Periode;
    PK;
!Produktionskoeffizient des Produktes h am Standort ip;

hXil (Produkt,Lager):
!Verbindungsmenge der Produkte und Distributionslager;
    cl2;
!Lagerkosten pro ME des Produktes h am Standort il pro Periode;

hXig (Produkt,Grosshandel):
!Verbindungsmenge der Produkte und Großhandelsstandorte;
    cl3;
!Lagerkosten pro ME des Produktes h am Standort ig pro Periode;

hXik (Produkt,Kunde):
!Verbindungsmenge der Produkte und Kundenstandorte;
    cf;
!Fehlmengekosten Pro ME des Produktes h am Kundenstandort i;

ipXt (Prodstandort, Time):
!Verbindungsmenge der Produktionsstandorte und Planungsperioden;
    KapP,
!Am Standort ip vorhandene Produktionskapazität in Periode t;
    KapL1;
!Am Standort ip vorhandene Lagerkapazität in Periode t;

ilXt (Lager,Time):
!Verbindungsmenge der Distributionslager und Planungsperioden;
    KapL2;
!Am Standort il vorhandene Lagerkapazität in Periode t;

igXt (Grosshandel,Time):
!Verbindungsmenge der Großhandelsstandorte und Planungsperioden;
    KapL3;
!Am Standort ig vorhandene Lagerkapazität in Periode t;

ipXm (Prodstandort,Transportmittel):
!Verbindungsmenge der Produktionsstandorte und Transportmittel;
    KapT1;
!Transportkapazität des Transportmittels m am Standort ip;

ilXm (Lager,Transportmittel):
!Verbindungsmenge der Distributionslager und Transportmittel;
    KapT2;
!Transportkapazität des Transportmittels m am Standort ip;

igXm (Grosshandel,Transportmittel):
!Verbindungsmenge der Großhandelsstandorte und Transportmittel;
    KapT3;
!Transportkapazität des Transportmittels m am Standort ig;

ipXmXt (Prodstandort,Transportmittel,Time)::

ilXmXt (Lager,Transportmittel,Time)::
```

```

igXmXt (Grosshandel,Transportmittel,Time)::
ikXmXt (Kunde, Transportmittel, Time)::
hXipXt (Produkt,Prodstandort,Time);
hXilXt (Produkt,Lager,Time);
hXigXt (Produkt,Grosshandel,Time);
hXikXt (Produkt,Kunde,Time);

ipXsXt (Prodstandort,Szenario,Time)::
!Verbindungsmenge der Produktionsstandorte, Szenarien und Planungspe-
rioden;

ilXsXt (Lager,Szenario,Time)::
!Verbindungsmenge der Distributionslager, Szenarien und Planungsperio-
den;

igXsXt (Grosshandel,Szenario,Time)::
!Verbindungsmenge der Großhandelsstandorte, Szenarien und Planungspe-
rioden;

hXipXilXmXt (Produkt,Prodstandort,Lager,Transportmittel,Time):
!Verbindungsmenge der Produkte, Produktionsstandorte, Lager, Trans-
portmittel und Planungsperioden;
    ctv1;
!Transportkostensatz für den Transport eine ME des Produktes h vom
Standort ip zum Standort il mit Transportmittel m in Periode t;

hXilXigXmXt (Produkt,Lager,Grosshandel,Transportmittel,Time):
!Verbindungsmenge der Produkte, Lager, Großhandelsstandorte, Trans-
portmittel und Planungsperioden;
    ctv2;
!Transportkostensatz für den Transport eine ME des Produktes h vom
Standort il zum Standort ig mit Transportmittel m in Periode t;

hXigXikXmXt (Produkt,Grosshandel,Kunde,Transportmittel,Time):
!Verbindungsmenge der Produkte, Großhandelsstandorte, Kunden, Trans-
portmittel und Planungsperioden;
    ctv3;
!Transportkostensatz für den Transport eine ME des Produktes h vom
Standort ig zum Standort ik mit Transportmittel m in Periode t;

ipXmXsXt (Prodstandort,Transportmittel,Szenario,Time):
!Verbindungsmeinde der Produktionsstandorte ip, der Transportmittel m,
Szenarien s und der Planungsperioden t;
    v1;
!Binärvariable, die anzeigt, ob m in Periode t in Szenario s am Stand-
ort ip genutzt wird (v1=1) oder nicht (v1=0);

ilXmXsXt (Lager,Transportmittel,Szenario,Time):
!Verbindungsmeinde der Distributionslager il, der Transportmittel m,
Szenarien s und der Planungsperioden t;
    v2;
!Binärvariable, die anzeigt, ob m in Periode t, in Szenario s am
Standort il genutzt wird (v2=1) oder nicht (v2=0);

```



```

igXmXsXt (Grosshandel,Transportmittel,Szenario,Time):
!Verbindungsmdende der Großhandelsstandorte ig, der Transportmittel m,
Szenario s und der Planungsperioden t;
    v3;
!Binärvariable, die anzeigt, ob m in Periode t, in Szenario s am
Standort ig genutzt wird (v3=1) oder nicht (v3=0);

hXipXsXt (Produkt,Prodstandort,Szenario,Time):
!Verbindungsmdenge der Produkte, Produktionsstandorte, Szenarien und
Planungsperioden;
    w,
!Produktionsmdenge des Produktes h am Standort ip in Periode t in Sze-
nario s (Entscheidungsvariable);
    y1;
!Lagermdenge des Produktes h am Standort ip in Periode t in Szenario
s(Entscheidungsvariable);

hXilXsXt (Produkt,Lager,Szenario,Time):
!Verbindungsmdenge der Produkte, Distributionslager, Szenarien und Pla-
nungsperioden;
    y2;
!Lagermdenge des Produktes h am Standort il in Periode t in Szenario
s(Entscheidungsvariable);

hXigXsXt (Produkt,Grosshandel,Szenario,Time):
!Verbindungsmdenge der Produkte, Großhandelsstandorte, Szenarien und
Planungsperioden;
    y3;
!Lagermdenge des Produktes h am Standort ig in Periode t in Szenario s
(Entscheidungsvariable);

hXikXsXt (Produkt,Kunde,Szenario,Time):
!Verbindungsmdenge der Produkte, Kunden, Szenarien und Planungsperio-
den;
    D,
!Nachfrage des Kundenstandortes ik nach Produkt h in Szenario s in Pe-
riode t;
    z;
!Fehlmdenge des Produktes h beim Kunden i in Periode t in Szenario s;

hXipXilXmXsXt (Produkt,Prodstandort,Lager,Transportmittel,Szenario, Ti-
me):
!Verbindungsmdenge der Produkte, Produktionsstandorte, Lager, Trans-
portmittel, Szenarien und Planungsperioden;
    x1;
!Transportmdenge des Produktes h vom Standort ip zum Standort il mit
Transportmittel m in Szenario s in Periode t;

hXilXigXmXsXt (Produkt,Lager,Grosshandel,Transportmittel,Szenario, Ti-
me):
!Verbindungsmdenge der Produkte, Lager, Großhandelsstandorte, Trans-
portmittel, Szenarien und Planungsperioden;
    x2;
!Transportmdenge des Produktes h vom Standort il zum Standort ig mit
Transportmittel m in Szenario s in Periode t;

```

```

hXigXikXmXsXt (Produkt,Grosshandel,Kunde,Transportmittel,Szenario, Ti-
me):
!Verbindungsmenge der Produkte, Großhandelsstandorte, Kunden, Trans-
portmittel, Szenarien und Planungsperioden;
    x3;
!Transportmenge des Produktes h vom Standort ig zum Standort ik mit
Transportmittel m in Periode t;

```

Endsets

### Programmierung der Daten: Identität einiger Daten bei allen Varianten

```

Data:
@TEXT()='Lösung';
@Text()=@WRITE('v1 ip m s',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@TABLE(v1);
@TEXT()=@WRITE(@NEWLINE(1),'v2 il m s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@TABLE(v2);
@TEXT()=@WRITE(@NEWLINE(1),'v3 ig m s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@TABLE(v3);
@TEXT()=@WRITE(@NEWLINE(1),'w h ip s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@TABLE(w);
@TEXT()=@write(@NEWLINE(1));
@TEXT()=@WRITE('x1 h ip il m s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@TABLE(x1);
@text()=@WRITE(@NEWLINE(1),'x2 h il ig m s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@Table(x2);
@text()=@WRITE(@NEWLINE(1),'x3 h ig ik m s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@Table(x3);
@text()=@WRITE(@NEWLINE(1),'y1 h ip s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@Table(y1);
@text()=@WRITE(@NEWLINE(1),'y2 h il s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@Table(y2);
@text()=@WRITE(@NEWLINE(1),'y3 h ig s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@Table(y3);
@text()=@WRITE(@NEWLINE(1),'z h ik s ',@NEWLINE(1));
@TEXT()=@Table(z);

```

```

Prodstandort= 11 12;
Lager= 21;
Grosshandel= 31 32;
Kunde= 41;
Produkt= 1;
Time= 1 2 3 4 5 ;
Szenario= 1 2 3 4 5 6 7 8;
Transportmittel= 1;
p = 120;
ctf = 5;
cf = 30;
cp = 1 5;
PK = 1 1;
cl1 = 2 3;
cl2 = 4;
cl3 = 5 6;
ctv1 = 2;
ctv2 = 3;
ctv3 = 2;

WK = 0.125;

```

```
D = 1000 1200 1252 1300 1300
      1000 1200 1252 1200 1200
      1000 1200 1152 1200 1200
      1000 1200 1152 1100 1100
      1000 952 1000 1152 1152
      1000 952 1000 952 952
      1000 952 940 1076 1076
      1000 952 940 928 928;
```

### Programmierung der variantenspezifischen Daten: Variante 1

```
KapP = 2000 2000 650 650 650
        1500 1500 1500 1500 1500;
KapL1 = 2000 2000 2000 2000 2000
        2000 2000 2000 2000 2000;
KapL2 = 600 600 600 600 600;
KapL3 = 400 400 400 400 400
        200 200 200 200 200;
KapT1 = 10000;
KapT2 = 10000;
KapT3 = 10000;
```

### Programmierung der variantenspezifischen Daten: Variante 2

```
KapP = 600 600 450 450 450
        700 700 550 550 550;
KapL1 = 50 50 20 20 20
        50 50 30 30 30;
KapL2 = 100 100 50 50 50;
KapL3 = 100 100 100 100 100
        200 200 100 100 100;
KapT1 = 1500;
KapT2 = 1500;
KapT3 = 1500;
```

### Programmierung der variantenspezifischen Daten: Variante 3

```
KapP = 1500 1200 700 700 700
        1500 1300 800 800 800;
KapL1 = 300 300 300 300 300
        300 300 300 300 300;
KapL2 = 600 600 600 600 600;
KapL3 = 400 400 400 400 400
        200 200 200 200 200;
KapT1 = 600
        600;
KapT2 = 1800;
KapT3 = 10000;
```

[Enddata](#)

## Programmierung der Modellierung: Identität bei allen Varianten

```

!Zielfunktion;
max = @sum(Szenario(s):WK(S)*
    (@sum(hXigXikXmXt(h, ig, ik, m, t):p(h)*x3(h, ig, ik, m, s, t))
        !Ertrag (nur letzte Stufe);
    -@sum(hXipXt(h, ip, t):cp(h, ip)*w(h, ip, s, t))
        !Produktionskosten (nur erste Stufe);
    -@sum(hXipXilXmXt(h, ip, il, m, t):
        ctv1(h, ip, il, m, t)*x1(h, ip, il, m, s, t))
        !variable Transportkosten von Stufe 1 zu 2;
    -@sum(hXilXigXmXt(h, il, ig, m, t):
        ctv2(h, il, ig, m, t)*x2(h, il, ig, m, s, t))
        !variable Transportkosten von Stufe 2 zu 3;
    -@sum(hXigXikXmXt(h, ig, ik, m, t):
        ctv3(h, ig, ik, m, t)*x3(h, ig, ik, m, s, t))
        !variable Transportkosten von Stufe 3 zu 4;
    -@sum(ipXmXt(ip, m, t):ctf(m)*v1(ip, m, s, t))
        !fixe Transportkosten Stufe 1;
    -@sum(ilXmXt(il, m, t):ctf(m)*v2(il, m, s, t))
        !fixe Transportkosten Stufe 2;
    -@sum(igXmXt(ig, m, t):ctf(m)*v3(ig, m, s, t))
        !fixe Transportkosten Stufe 3;
    -@sum(hXipXt(h, ip, t):cl1(h, ip)*y1(h, ip, s, t))
        !Lagerkosten Stufe 1;
    -@sum(hXilXt(h, il, t):cl2(h, il)*y2(h, il, s, t))
        !Lagerkosten Stufe 2;
    -@sum(hXigXt(h, ig, t):cl3(h, ig)*y3(h, ig, s, t))
        !Lagerkosten Stufe 3;
    -@sum(hXikXt(h, ik, t):cf(h, ik)*z(h, ik, s, t)))));
        !Fehlmengenkosten (nur letzte Stufe);

!Restriktion 1: Nachfragerestriktion;

@for(hXikXsXt(h, ik, s, t)|t #GT# 1:
@sum(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t):
    x3(h, ig, ik, m, s, t))+z(h, ik, s, t)
= D(h, ik, s, t)+z(h, ik, s, t-1));

!1b: Modellierung, daß die Fehlmenge für die Periode t=0 den Wert 0
annimmt;

@for(hXikXsXt(h, ik, s, t)|t #EQ# 1:
@sum(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t):
    x3(h, ig, ik, m, s, t))+z(h, ik, s, t)= D(h, ik, s, t)+0);

!Restriktion 2: Produktionsstandortbilanzgleichung;

@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #GT# 1:
@sum(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t):
    x1(h, ip, il, m, s, t))+y1(h, ip, s, t)
= w(h, ip, s, t)+y1(h, ip, s, t-1));

!2b: Definition der Lagermenge für die Periode t=0;

@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #EQ# 1:
@sum(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t):
    x1(h, ip, il, m, s, t))+y1(h, ip, s, t)= w(h, ip, s, t)+0);

```

```

!Restriktion 3: Produktionskapazitätsrestriktion;

@for(ipXsXt(ip, s, t):
@sum(hXipXsXt(h, ip, s, t):w(h, ip, s, t)*PK(h, ip))<=KapP(ip, t));

!Restriktion 4: Lagerbilanzgleichung;

!4a: Lagerbilanzgleichung für Distributionslager;

@for(hXilXsXt(h, il, s, t)|t #GT# 1:
@sum(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t):
  x1(h, ip, il, m, s, t))+y2(h, il, s, t-1)
=@sum(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t):
  x2(h, il, ig, m, s, t))+y2(h, il, s, t));

@for(hXilXsXt(h, il, s, t)|t #EQ# 1:
@sum(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t):
  x1(h, ip, il, m, s, t))+0
=@sum(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t):
  x2(h, il, ig, m, s, t))+y2(h, il, s, t));

!4b: Lagerbilanzgleichung für Großhandel;

@for(hXigXsXt(h, ig, s, t)|t #GT# 1:
@sum(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t):
  x2(h, il, ig, m, s, t))+y3(h, ig, s, t-1)
=@sum(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t):
  x3(h, ig, ik, m, s, t))+y3(h, ig, s, t));

@for(hXigXsXt(h, ig, s, t)|t #EQ# 1:
@sum(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t):
  x2(h, il, ig, m, s, t))+0
=@sum(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t):
  x3(h, ig, ik, m, s, t))+y3(h, ig, s, t));

!Restriktion 5: Lagerkapazitätsrestriktion;

!5a: Lagerkapazitätsrestriktion für Produktionsstandorte;

@for(ipXsXt(ip, s, t):@sum(hXipXsXt(h, ip, s, t):
  y1(h, ip, s, t)) <= KapL1(ip, t));

!5b: Lagerkapazitätsrestriktion für Distributionslager;

@for(ilXsXt(il, s, t):@sum(hXilXsXt(h, il, s, t):
  y2(h, il, s, t)) <= KapL2(il, t));

!5c: Lagerkapazitätsrestriktion für Großhandelsstandorte;

@for(igXsXt(ig, s, t):@sum(hXigXsXt(h, ig, s, t):
  y3(h, ig, s, t)) <= KapL3(ig, t));

!Restriktion 6: Transportkapazitätsrestriktion;

!6a: Transportkapazitätsrestriktion für den Transport zwischen Stufe 1
und 2;

@for(ipXmXsXt(ip, m, s, t):@sum(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t):
  x1(h, ip, il, m, s, t)) <= KapT1(ip, m)*v1(ip, m, s, t));

```

!6b: Transportkapazitätsrestriktion für den Transport zwischen Stufe 2 und 3;

```
@for(ilXmXsXt(il, m, s, t):@sum(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t):
    x2(h, il, ig, m, s, t)) <= KapT2(il, m)*v2(il, m, s, t));
```

!6c: Transportkapazitätsrestriktion für den Transport zwischen Stufe 3 und 4;

```
@for(igXmXsXt(ig, m, s, t):@sum(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t):
    x3(h, ig, ik, m, s, t))<=KapT3(ig, m)*v3(ig, m, s, t));
```

!Restriktionen 7: Modellierung des nicht-antizipativen Prinzips;

```
@for(ipXmXsXt(ip, m, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
    v1(ip, m, s, t)=v1(ip, m, s+1, t));
```

```
@for(ipXmXsXt(ip, m, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s #LT# 8 :
    v1(ip, m, s, t)=v1(ip, m, s+1, t));
```

```
@for(ipXmXsXt(ip, m, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s #NE# 4
#AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8 :v1(ip, m, s, t)=v1(ip, m, s+1, t));
```

```
@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
    w(h, ip, s, t)=w(h, ip, s+1, t));
```

```
@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s #LT# 8 :
    w(h, ip, s, t)=w(h, ip, s+1, t));
```

```
@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s #NE# 4
#AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8 :w(h, ip, s, t)=w(h, ip, s+1, t));
```

```
@for(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
    x1(h, ip, il, m, s, t)=x1(h, ip, il, m, s+1, t));
```

```
@for(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s
#LT# 8:x1(h, ip, il, m, s, t)=x1(h, ip, il, m, s+1, t));
```

```
@for(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s
#NE# 4 #AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8:
    x1(h, ip, il, m, s, t)=x1(h, ip, il, m, s+1, t));
```

```
@for(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
    x2(h, il, ig, m, s, t)=x2(h, il, ig, m, s+1, t));
```

```
@for(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s
#LT# 8: x2(h, il, ig, m, s, t)=x2(h, il, ig, m, s+1, t));
```

```
@for(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s
#NE# 4 #AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8:
    x2(h, il, ig, m, s, t)=x2(h, il, ig, m, s+1, t));
```

```
@for(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
    x3(h, ig, ik, m, s, t)=x3(h, ig, ik, m, s+1, t));
```

```
@for(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s
#LT# 8: x3(h, ig, ik, m, s, t)=x3(h, ig, ik, m, s+1, t));
```

```
@for(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s
#NE# 4 #AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8:
    x3(h, ig, ik, m, s, t)=x3(h, ig, ik, m, s+1, t));
```

```

@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
  y1(h, ip, s, t)=y1(h, ip, s+1, t));

@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s #LT# 8:
  y1(h, ip, s, t)=y1(h, ip, s+1, t));

@for(hXipXsXt(h, ip, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s #NE# 4
#AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8: y1(h, ip, s, t)=y1(h, ip, s+1, t));

@for(hXilXsXt(h, il, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
  y2(h, il, s, t)=y2(h, il, s+1, t));

@for(hXilXsXt(h, il, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s #LT# 8:
  y2(h, il, s, t)=y2(h, il, s+1, t));

@for(hXilXsXt(h, il, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s #NE# 4
#AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8: y2(h, il, s, t)=y2(h, il, s+1, t));

@for(hXigXsXt(h, ig, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
  y3(h, ig, s, t)=y3(h, ig, s+1, t));

@for(hXigXsXt(h, ig, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s #LT# 8:
  y3(h, ig, s, t)=y3(h, ig, s+1, t));

@for(hXigXsXt(h, ig, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s #NE# 4
#AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8: y3(h, ig, s, t)=y3(h, ig, s+1, t));

@for(hXikXsXt(h, ik, s, t)|t #EQ# 1 #AND# s #LT# 8:
  z(h, ik, s, t)=z(h, ik, s+1, t));

@for(hXikXsXt(h, ik, s, t)|t #EQ# 2 #AND# s #NE# 4 #AND# s #LT# 8:
  z(h, ik, s, t)=z(h, ik, s+1, t));

@for(hXikXsXt(h, ik, s, t)|t #EQ# 3 #AND# s #NE# 2 #AND# s #NE# 4
#AND# s #NE# 6 #AND# s #LT#8: z(h, ik, s, t)=z(h, ik, s+1, t));

!Restriktionen 8: Modellierung der Binärvariablen und der NNB;

@for(ipXmXsXt(ip, m, s, t):@bin(v1(ip, m, s, t)));

@for(ilXmXsXt(il, m, s, t):@bin(v2(il, m, s, t)));

@for(igXmXsXt(ig, m, s, t):@bin(v3(ig, m, s, t)));

@for(hXipXsXt(h, ip, s, t):w(h, ip, s, t)>=0);

@for(hXipXilXmXsXt(h, ip, il, m, s, t):x1(h, ip, il, m, s, t)>=0);

@for(hXilXigXmXsXt(h, il, ig, m, s, t):x2(h, il, ig, m, s, t)>=0);

@for(hXigXikXmXsXt(h, ig, ik, m, s, t):x3(h, ig, ik, m, s, t)>=0);

@for(hXipXsXt(h, ip, s, t):y1(h, ip, s, t)>=0);

@for(hXilXsXt(h, il, s, t):y2(h, il, s, t)>=0);

@for(hXigXsXt(h, ig, s, t):y3(h, ig, s, t)>=0);

@for(hXikXsXt(h, ik, s, t): z(h, ik, s, t)>=0);

```

## Anhang II: Lösungen Beispiel 1

### Lösungstabellen Variante 1

Lösung								
v1	ip	m	s	1	2	3	4	5
11	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	2	1	1	1	1	1	1
11	1	3	1	1	1	1	1	1
11	1	4	1	1	1	1	1	1
11	1	5	1	1	1	1	1	1
11	1	6	1	1	1	1	1	1
11	1	7	1	1	1	1	1	1
11	1	8	1	1	1	1	1	1
12	1	1	0	0	0	0	1	1
12	1	2	0	0	0	0	1	1
12	1	3	0	0	0	0	1	1
12	1	4	0	0	0	0	1	1
12	1	5	0	0	0	0	1	1
12	1	6	0	0	0	0	1	1
12	1	7	0	0	0	0	1	1
12	1	8	0	0	0	0	0	1
v2	il	m	s	1	2	3	4	5
21	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	2	1	1	1	1	1	1
21	1	3	1	1	1	1	1	1
21	1	4	1	1	1	1	1	1
21	1	5	1	1	1	1	1	1
21	1	6	1	1	1	1	1	1
21	1	7	1	1	1	1	1	1
21	1	8	1	1	1	1	1	1
v3	ig	m	s	1	2	3	4	5
31	1	1	1	1	1	1	1	1
31	1	2	1	1	1	1	1	1
31	1	3	1	1	1	1	1	1
31	1	4	1	1	1	1	1	1
31	1	5	1	0	1	1	1	1
31	1	6	1	0	1	1	1	1
31	1	7	1	0	0	1	1	1
31	1	8	1	0	0	1	1	1
32	1	1	0	0	0	0	0	0
32	1	2	0	0	0	0	0	0
32	1	3	0	0	0	0	0	0
32	1	4	0	0	0	0	0	0
32	1	5	0	1	0	0	0	0
32	1	6	0	1	0	0	0	0
32	1	7	0	1	1	0	0	0
32	1	8	0	1	1	0	0	0



w	h	ip	s	1	2	3	4	5
1	11	1		1000	2000	650	650	650
1	11	2		1000	2000	650	650	650
1	11	3		1000	2000	650	650	650
1	11	4		1000	2000	650	650	650
1	11	5		1000	1520	650	650	650
1	11	6		1000	1520	650	650	650
1	11	7		1000	1520	650	650	650
1	11	8		1000	1520	650	650	650
1	12	1		0	0	0	452	650
1	12	2		0	0	0	352	550
1	12	3		0	0	0	252	550
1	12	4		0	0	0	152	450
1	12	5		0	0	0	284	502
1	12	6		0	0	0	84	302
1	12	7		0	0	0	148	426
1	12	8		0	0	0	0	278

x1	h	ip	il	m	s	1	2	3	4	5
1	11	21	1	1		1000	1200	1252	848	650
1	11	21	1	2		1000	1200	1252	848	650
1	11	21	1	3		1000	1200	1152	948	650
1	11	21	1	4		1000	1200	1152	948	650
1	11	21	1	5		1000	952	1000	868	650
1	11	21	1	6		1000	952	1000	868	650
1	11	21	1	7		1000	952	940	928	650
1	11	21	1	8		1000	952	940	928	650
1	12	21	1	1		0	0	0	452	650
1	12	21	1	2		0	0	0	352	550
1	12	21	1	3		0	0	0	252	550
1	12	21	1	4		0	0	0	152	450
1	12	21	1	5		0	0	0	284	502
1	12	21	1	6		0	0	0	84	302
1	12	21	1	7		0	0	0	148	426
1	12	21	1	8		0	0	0	0	278

x2	h	il	ig	m	s	1	2	3	4	5
1	21	31	1	1		1000	1200	1252	1300	1300
1	21	31	1	2		1000	1200	1252	1200	1200
1	21	31	1	3		1000	1200	1152	1200	1200
1	21	31	1	4		1000	1200	1152	1100	1100
1	21	31	1	5		1000	0	1000	1152	1152
1	21	31	1	6		1000	0	1000	952	952
1	21	31	1	7		1000	0	0	1076	1076
1	21	31	1	8		1000	0	0	928	928
1	21	32	1	1		0	0	0	0	0
1	21	32	1	2		0	0	0	0	0
1	21	32	1	3		0	0	0	0	0
1	21	32	1	4		0	0	0	0	0
1	21	32	1	5		0	952	0	0	0
1	21	32	1	6		0	952	0	0	0
1	21	32	1	7		0	952	940	0	0
1	21	32	1	8		0	952	940	0	0

x3	h	ig	ik	m	s	1	2	3	4	5
1	31	41	1	1	1	1000	1200	1252	1300	1300
1	31	41	1	2	2	1000	1200	1252	1200	1200
1	31	41	1	3	3	1000	1200	1152	1200	1200
1	31	41	1	4	4	1000	1200	1152	1100	1100
1	31	41	1	5	5	1000	0	1000	1152	1152
1	31	41	1	6	6	1000	0	1000	952	952
1	31	41	1	7	7	1000	0	0	1076	1076
1	31	41	1	8	8	1000	0	0	928	928
1	32	41	1	1	1	0	0	0	0	0
1	32	41	1	2	2	0	0	0	0	0
1	32	41	1	3	3	0	0	0	0	0
1	32	41	1	4	4	0	0	0	0	0
1	32	41	1	5	5	0	952	0	0	0
1	32	41	1	6	6	0	952	0	0	0
1	32	41	1	7	7	0	952	940	0	0
1	32	41	1	8	8	0	952	940	0	0

y1	h	ip	s	1	2	3	4	5
1	11	1	0	800	198	0	0	0
1	11	2	0	800	198	0	0	0
1	11	3	0	800	298	0	0	0
1	11	4	0	800	298	0	0	0
1	11	5	0	568	218	0	0	0
1	11	6	0	568	218	0	0	0
1	11	7	0	568	278	0	0	0
1	11	8	0	568	278	0	0	0
1	12	1	0	0	0	0	0	0
1	12	2	0	0	0	0	0	0
1	12	3	0	0	0	0	0	0
1	12	4	0	0	0	0	0	0
1	12	5	0	0	0	0	0	0
1	12	6	0	0	0	0	0	0
1	12	7	0	0	0	0	0	0
1	12	8	0	0	0	0	0	0

y2	h	il	s	1	2	3	4	5
1	21	1	0	0	0	0	0	0
1	21	2	0	0	0	0	0	0
1	21	3	0	0	0	0	0	0
1	21	4	0	0	0	0	0	0
1	21	5	0	0	0	0	0	0
1	21	6	0	0	0	0	0	0
1	21	7	0	0	0	0	0	0
1	21	8	0	0	0	0	0	0

y3	h	ig	s	1	2	3	4	5
1	31	1		0	0	0	0	0
1	31	2		0	0	0	0	0
1	31	3		0	0	0	0	0
1	31	4		0	0	0	0	0
1	31	5		0	0	0	0	0
1	31	6		0	0	0	0	0
1	31	7		0	0	0	0	0
1	31	8		0	0	0	0	0
1	32	1		0	0	0	0	0
1	32	2		0	0	0	0	0
1	32	3		0	0	0	0	0
1	32	4		0	0	0	0	0
1	32	5		0	0	0	0	0
1	32	6		0	0	0	0	0
1	32	7		0	0	0	0	0
1	32	8		0	0	0	0	0

z	h	ik	s	1	2	3	4	5
1	41	1		0	0	0	0	0
1	41	2		0	0	0	0	0
1	41	3		0	0	0	0	0
1	41	4		0	0	0	0	0
1	41	5		0	0	0	0	0
1	41	6		0	0	0	0	0
1	41	7		0	0	0	0	0
1	41	8		0	0	0	0	0

### „Solver Status“ und Lösungstabellen Variante 2

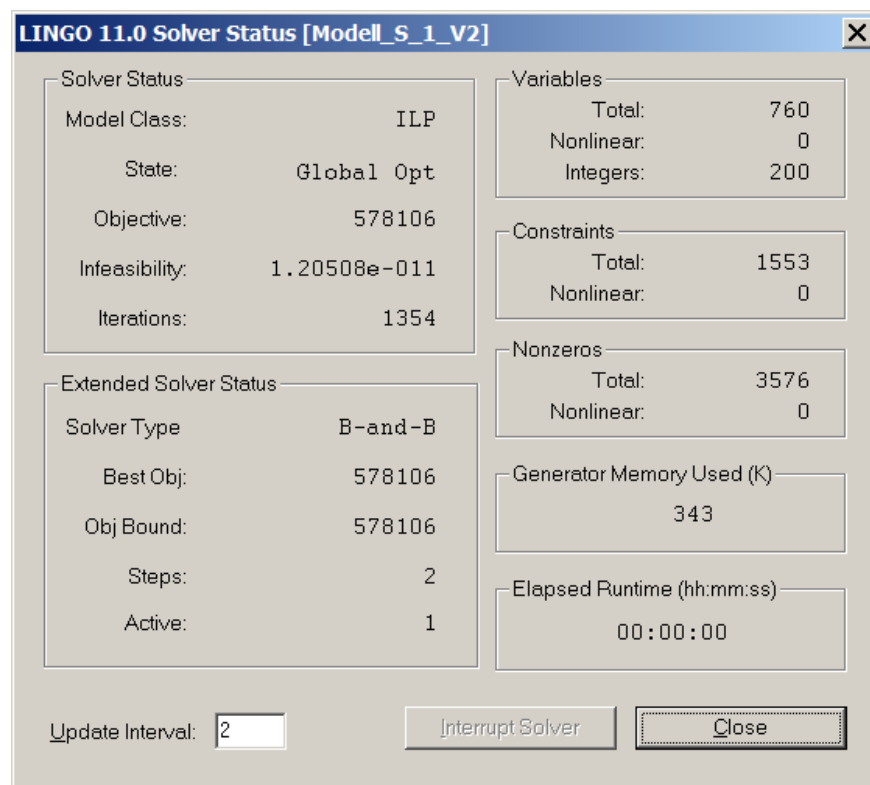


Abbildung 6: Solver Status Beispiel 1, Variante 2

## Lösung

v1	ip	m	s	1	2	3	4	5
11	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	2	1	1	1	1	1	1
11	1	3	1	1	1	1	1	1
11	1	4	1	1	1	1	1	1
11	1	5	1	1	1	1	1	1
11	1	6	1	1	1	1	1	1
11	1	7	1	1	1	1	1	1
11	1	8	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	2	1	1	1	1	1	1
12	1	3	1	1	1	1	1	1
12	1	4	1	1	1	1	1	1
12	1	5	1	1	1	1	1	1
12	1	6	1	1	1	1	1	1
12	1	7	1	1	1	1	1	1
12	1	8	1	1	1	1	1	1

v2	il	m	s	1	2	3	4	5
21	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	2	1	1	1	1	1	1
21	1	3	1	1	1	1	1	1
21	1	4	1	1	1	1	1	1
21	1	5	1	1	1	1	1	1
21	1	6	1	1	1	1	1	1
21	1	7	1	1	1	1	1	1
21	1	8	1	1	1	1	1	1

v3	ig	m	s	1	2	3	4	5
31	1	1	0	0	1	1	1	1
31	1	2	0	0	1	1	1	1
31	1	3	0	0	0	1	1	1
31	1	4	0	0	0	1	0	1
31	1	5	0	0	0	1	1	1
31	1	6	0	0	0	1	0	1
31	1	7	0	0	1	1	0	1
31	1	8	0	0	1	1	0	1
32	1	1	1	1	1	0	0	0
32	1	2	1	1	1	0	0	0
32	1	3	1	1	1	1	0	0
32	1	4	1	1	1	1	1	1
32	1	5	1	1	1	1	0	1
32	1	6	1	1	1	1	1	1
32	1	7	1	1	0	0	0	1
32	1	8	1	1	0	0	0	1

w	h	ip	s	1	2	3	4	5
1	11	1		600	600	450	450	450
1	11	2		600	600	450	450	450
1	11	3		600	600	450	450	450
1	11	4		600	600	450	450	450
1	11	5		600	600	450	450	450
1	11	6		600	600	450	450	450
1	11	7		600	600	450	450	450
1	11	8		600	600	450	450	450
1	12	1		700	700	550	550	550
1	12	2		700	700	550	550	550
1	12	3		700	700	550	550	550
1	12	4		700	700	550	502	550
1	12	5		700	352	550	550	550
1	12	6		700	352	550	202	502
1	12	7		700	352	342	550	550
1	12	8		700	352	342	326	478

x1	h	ip	il	m	s	1	2	3	4	5
1	11	21	1	1		550	600	480	470	450
1	11	21	1	2		550	600	480	470	450
1	11	21	1	3		550	600	480	450	470
1	11	21	1	4		550	600	480	450	470
1	11	21	1	5		550	600	480	450	470
1	11	21	1	6		550	600	480	470	450
1	11	21	1	7		550	600	480	450	470
1	11	21	1	8		550	600	480	470	450
1	12	21	1	1		650	700	570	580	550
1	12	21	1	2		650	700	570	580	550
1	12	21	1	3		650	700	570	552	578
1	12	21	1	4		650	700	570	502	580
1	12	21	1	5		650	352	570	550	580
1	12	21	1	6		650	352	570	232	502
1	12	21	1	7		650	352	362	550	580
1	12	21	1	8		650	352	362	356	478

x2	h	il	ig	m	s	1	2	3	4	5
1	21	31	1	1		100	0	0	1100	1000
1	21	31	1	2		100	0	0	1100	1000
1	21	31	1	3		100	0	0	1052	1048
1	21	31	1	4		100	0	0	952	0
1	21	31	1	5		100	0	0	0	1100
1	21	31	1	6		100	0	0	0	0
1	21	31	1	7		100	0	892	1024	0
1	21	31	1	8		100	0	892	876	0
1	21	32	1	1		1000	1300	1100	0	0
1	21	32	1	2		1000	1300	1100	0	0
1	21	32	1	3		1000	1300	1100	0	0
1	21	32	1	4		1000	1300	1100	0	1100
1	21	32	1	5		1000	952	1100	1000	0
1	21	32	1	6		1000	952	1100	752	952
1	21	32	1	7		1000	952	0	0	1076
1	21	32	1	8		1000	952	0	0	928

x3	h	ig	ik	m	s			
						1	2	3
	1	31	41	1	1	0	0	52
	1	31	41	1	2	0	0	52
	1	31	41	1	3	0	0	0
	1	31	41	1	4	0	0	0
	1	31	41	1	5	0	1.1368684e-013	0
	1	31	41	1	6	0	1.1368684e-013	0
	1	31	41	1	7	0	1.1368684e-013	940
	1	31	41	1	8	0	1.1368684e-013	940
	1	32	41	1	1	1000	1200	1200
	1	32	41	1	2	1000	1200	1200
	1	32	41	1	3	1000	1200	1152
	1	32	41	1	4	1000	1200	1152
	1	32	41	1	5	1000	952	1000
	1	32	41	1	6	1000	952	1000
	1	32	41	1	7	1000	952	0
	1	32	41	1	8	1000	952	0
						4	5	
	1	31	41	1	1	1148	1000	
	1	31	41	1	2	1148	1000	
	1	31	41	1	3	1152	1048	
	1	31	41	1	4	1052	0	
	1	31	41	1	5	52	1148	
	1	31	41	1	6	100	0	
	1	31	41	1	7	1076	0	
	1	31	41	1	8	928	0	
	1	32	41	1	1	0	0	
	1	32	41	1	2	0	0	
	1	32	41	1	3	48	0	
	1	32	41	1	4	48	1100	
	1	32	41	1	5	1100	0	
	1	32	41	1	6	852	952	
	1	32	41	1	7	0	1076	
	1	32	41	1	8	0	928	
y1	h	ip	s					
				1	2	3	4	5
	1	11	1	50	50	20	0	0
	1	11	2	50	50	20	0	0
	1	11	3	50	50	20	20	0
	1	11	4	50	50	20	20	0
	1	11	5	50	50	20	20	0
	1	11	6	50	50	20	0	0
	1	11	7	50	50	20	20	0
	1	11	8	50	50	20	0	0
	1	12	1	50	50	30	0	0
	1	12	2	50	50	30	0	0
	1	12	3	50	50	30	28	0
	1	12	4	50	50	30	30	0
	1	12	5	50	50	30	30	0
	1	12	6	50	50	30	0	0
	1	12	7	50	50	30	30	0
	1	12	8	50	50	30	0	0

y2	h	il	s	1	2	3	4	5
1	21	1		100	100	50	0	0
1	21	2		100	100	50	0	0
1	21	3		100	100	50	0	0
1	21	4		100	100	50	50	0
1	21	5		100	100	50	50	0
1	21	6		100	100	50	0	0
1	21	7		100	100	50	26	0
1	21	8		100	100	50	0	0

y3	h	ig	s	1	2	3	4	5
1	31	1		100	100	48	0	0
1	31	2		100	100	48	0	0
1	31	3		100	100	100	0	0
1	31	4		100	100	100	0	0
1	31	5		100	100	100	48	0
1	31	6		100	100	100	0	0
1	31	7		100	100	52	0	0
1	31	8		100	100	52	0	0
1	32	1		0	100	0	0	0
1	32	2		0	100	0	0	0
1	32	3		0	100	48	0	0
1	32	4		0	100	48	0	0
1	32	5		0	0	100	0	0
1	32	6		0	0	100	0	0
1	32	7		0	0	0	0	0
1	32	8		0	0	0	0	0

z	h	ik	s	1	2	3	4	5
1	41	1		0	0	0	152	452
1	41	2		0	0	0	52	252
1	41	3		0	0	0	0	152
1	41	4		0	0	0	0	0
1	41	5		0	0	0	0	4
1	41	6		0	0	0	0	0
1	41	7		0	0	0	0	0
1	41	8		0	0	0	0	0

### Solver Status und Lösungstabellen Variante 3

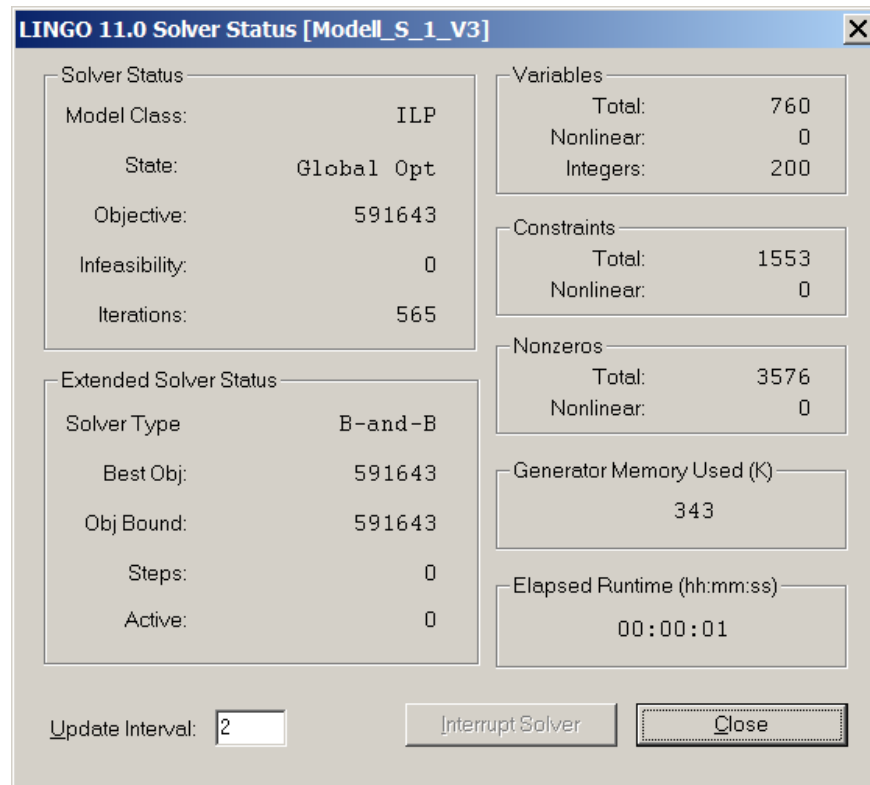


Abbildung 7: Solver Status Beispiel 1, Variante 2

Lösung

v1	ip	m	s					
				1	2	3	4	5
11	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	2	1	1	1	1	1	1
11	1	3	1	1	1	1	1	1
11	1	4	1	1	1	1	1	1
11	1	5	1	1	1	1	1	1
11	1	6	1	1	1	1	1	1
11	1	7	1	1	1	1	1	1
11	1	8	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	2	1	1	1	1	1	1
12	1	3	1	1	1	1	1	1
12	1	4	1	1	1	1	1	1
12	1	5	1	1	1	1	1	1
12	1	6	1	1	1	1	1	1
12	1	7	1	1	1	1	1	1
12	1	8	1	1	1	1	1	1



v2	il	m	s	1	2	3	4	5
	21	1	1	1	1	1	1	1
	21	1	2	1	1	1	1	1
	21	1	3	1	1	1	1	1
	21	1	4	1	1	1	1	1
	21	1	5	1	1	1	1	1
	21	1	6	1	1	1	1	1
	21	1	7	1	1	1	1	1
	21	1	8	1	1	1	1	1
v3	ig	m	s	1	2	3	4	5
	31	1	1	0	1	1	1	1
	31	1	2	0	1	1	1	1
	31	1	3	0	1	1	1	1
	31	1	4	0	1	1	1	1
	31	1	5	0	0	1	1	1
	31	1	6	0	0	1	1	1
	31	1	7	0	0	1	1	1
	31	1	8	0	0	1	1	1
	32	1	1	1	0	0	0	0
	32	1	2	1	0	0	0	0
	32	1	3	1	0	0	0	0
	32	1	4	1	0	0	0	0
	32	1	5	1	1	0	0	0
	32	1	6	1	1	0	0	0
	32	1	7	1	1	0	0	0
	32	1	8	1	1	0	0	0
w	h	ip	s	1	2	3	4	5
	1	11	1	600	600	600	600	600
	1	11	2	600	600	600	600	600
	1	11	3	600	600	600	600	600
	1	11	4	600	600	600	600	600
	1	11	5	600	600	600	600	600
	1	11	6	600	600	600	600	600
	1	11	7	600	600	600	600	600
	1	11	8	600	600	600	600	600
	1	12	1	600	600	600	600	600
	1	12	2	600	600	600	452	600
	1	12	3	600	600	352	600	600
	1	12	4	600	600	352	500	500
	1	12	5	600	152	400	552	552
	1	12	6	600	152	400	352	352
	1	12	7	600	152	340	476	476
	1	12	8	600	152	340	328	328

x1	h	ip	il	m	s	1	2	3	4	5
1	11	21	1	1	1	600	600	600	600	600
1	11	21	1	2	2	600	600	600	600	600
1	11	21	1	3	3	600	600	600	600	600
1	11	21	1	4	4	600	600	600	600	600
1	11	21	1	5	5	600	600	600	600	600
1	11	21	1	6	6	600	600	600	600	600
1	11	21	1	7	7	600	600	600	600	600
1	11	21	1	8	8	600	600	600	600	600
1	12	21	1	1	1	600	600	600	600	600
1	12	21	1	2	2	600	600	600	452	600
1	12	21	1	3	3	600	600	352	600	600
1	12	21	1	4	4	600	600	352	500	500
1	12	21	1	5	5	600	152	400	552	552
1	12	21	1	6	6	600	152	400	352	352
1	12	21	1	7	7	600	152	340	476	476
1	12	21	1	8	8	600	152	340	328	328

x2	h	il	ig	m	s	1	2	3	4	5
1	21	31	1	1	1	0	1200	1252	1300	1248
1	21	31	1	2	2	0	1200	1252	1200	1200
1	21	31	1	3	3	0	1200	1152	1200	1200
1	21	31	1	4	4	0	1200	1152	1100	1100
1	21	31	1	5	5	0	0	1000	1152	1152
1	21	31	1	6	6	0	0	1000	952	952
1	21	31	1	7	7	0	0	940	1076	1076
1	21	31	1	8	8	0	0	940	928	928
1	21	32	1	1	1	1000	0	0	0	0
1	21	32	1	2	2	1000	0	0	0	0
1	21	32	1	3	3	1000	0	0	0	0
1	21	32	1	4	4	1000	0	0	0	0
1	21	32	1	5	5	1000	952	0	0	0
1	21	32	1	6	6	1000	952	0	0	0
1	21	32	1	7	7	1000	952	0	0	0
1	21	32	1	8	8	1000	952	0	0	0

x3	h	ig	ik	m	s	1	2	3	4	5
1	31	41	1	1	1	0	1200	1252	1300	1248
1	31	41	1	2	2	0	1200	1252	1200	1200
1	31	41	1	3	3	0	1200	1152	1200	1200
1	31	41	1	4	4	0	1200	1152	1100	1100
1	31	41	1	5	5	0	0	1000	1152	1152
1	31	41	1	6	6	0	0	1000	952	952
1	31	41	1	7	7	0	0	940	1076	1076
1	31	41	1	8	8	0	0	940	928	928
1	32	41	1	1	1	1000	0	0	0	0
1	32	41	1	2	2	1000	0	0	0	0
1	32	41	1	3	3	1000	0	0	0	0
1	32	41	1	4	4	1000	0	0	0	0
1	32	41	1	5	5	1000	952	0	0	0
1	32	41	1	6	6	1000	952	0	0	0
1	32	41	1	7	7	1000	952	0	0	0
1	32	41	1	8	8	1000	952	0	0	0

y1	h	ip	s	1	2	3	4	5
1	11	1		0	0	0	0	0
1	11	2		0	0	0	0	0
1	11	3		0	0	0	0	0
1	11	4		0	0	0	0	0
1	11	5		0	0	0	0	0
1	11	6		0	0	0	0	0
1	11	7		0	0	0	0	0
1	11	8		0	0	0	0	0
1	12	1		0	0	0	0	0
1	12	2		0	0	0	0	0
1	12	3		0	0	0	0	0
1	12	4		0	0	0	0	0
1	12	5		0	0	0	0	0
1	12	6		0	0	0	0	0
1	12	7		0	0	0	0	0
1	12	8		0	0	0	0	0

y2	h	il	s	1	2	3	4	5
1	21	1		200	200	148	48	0
1	21	2		200	200	148	0	0
1	21	3		200	200	0	0	0
1	21	4		200	200	0	0	0
1	21	5		200	0	0	0	0
1	21	6		200	0	0	0	0
1	21	7		200	0	0	0	0
1	21	8		200	0	0	0	0

y3	h	ig	s	1	2	3	4	5
1	31	1		0	0	0	0	0
1	31	2		0	0	0	0	0
1	31	3		0	0	0	0	0
1	31	4		0	0	0	0	0
1	31	5		0	0	0	0	0
1	31	6		0	0	0	0	0
1	31	7		0	0	0	0	0
1	31	8		0	0	0	0	0
1	32	1		0	0	0	0	0
1	32	2		0	0	0	0	0
1	32	3		0	0	0	0	0
1	32	4		0	0	0	0	0
1	32	5		0	0	0	0	0
1	32	6		0	0	0	0	0
1	32	7		0	0	0	0	0
1	32	8		0	0	0	0	0

z	h	ik	s	1	2	3	4	5
1	41	1		0	0	0	0	52
1	41	2		0	0	0	0	0
1	41	3		0	0	0	0	0
1	41	4		0	0	0	0	0
1	41	5		0	0	0	0	0
1	41	6		0	0	0	0	0
1	41	7		0	0	0	0	0
1	41	8		0	0	0	0	0

## Vollständiges Lösungsprotokoll Variante 1

```

Global optimal solution found.
Objective value:                598903.6
Objective bound:                598904.2
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          0
Total solver iterations:        720

```

```

Lösung
v1 ip  m   s
      1  2  3  4  5
11  1  1  1  1  1  1  1
11  1  2  1  1  1  1  1
11  1  3  1  1  1  1  1
11  1  4  1  1  1  1  1
11  1  5  1  1  1  1  1
11  1  6  1  1  1  1  1
11  1  7  1  1  1  1  1
11  1  8  1  1  1  1  1
12  1  1  0  0  0  1  1
12  1  2  0  0  0  1  1
12  1  3  0  0  0  1  1
12  1  4  0  0  0  1  1
12  1  5  0  0  0  1  1
12  1  6  0  0  0  1  1
12  1  7  0  0  0  1  1
12  1  8  0  0  0  0  1

v2 il  m   s
      1  2  3  4  5
21  1  1  1  1  1  1  1
21  1  2  1  1  1  1  1
21  1  3  1  1  1  1  1
21  1  4  1  1  1  1  1
21  1  5  1  1  1  1  1
21  1  6  1  1  1  1  1
21  1  7  1  1  1  1  1
21  1  8  1  1  1  1  1

v3 ig  m   s
      1  2  3  4  5
31  1  1  1  1  1  1  1
31  1  2  1  1  1  1  1
31  1  3  1  1  1  1  1
31  1  4  1  1  1  1  1
31  1  5  1  0  1  1  1
31  1  6  1  0  1  1  1
31  1  7  1  0  0  1  1
31  1  8  1  0  0  1  1
32  1  1  0  0  0  0  0
32  1  2  0  0  0  0  0
32  1  3  0  0  0  0  0
32  1  4  0  0  0  0  0
32  1  5  0  1  0  0  0
32  1  6  0  1  0  0  0
32  1  7  0  1  1  0  0
32  1  8  0  1  1  0  0

```

w	h	ip	s	1	2	3	4	5
1	11	1		1000	2000	650	650	650
1	11	2		1000	2000	650	650	650
1	11	3		1000	2000	650	650	650
1	11	4		1000	2000	650	650	650
1	11	5		1000	1520	650	650	650
1	11	6		1000	1520	650	650	650
1	11	7		1000	1520	650	650	650
1	11	8		1000	1520	650	650	650
1	12	1		0	0	0	452	650
1	12	2		0	0	0	352	550
1	12	3		0	0	0	252	550
1	12	4		0	0	0	152	450
1	12	5		0	0	0	284	502
1	12	6		0	0	0	84	302
1	12	7		0	0	0	148	426
1	12	8		0	0	0	0	278

x1	h	ip	il	m	s	1	2	3	4	5
1	11	21	1	1		1000	1200	1252	848	650
1	11	21	1	2		1000	1200	1252	848	650
1	11	21	1	3		1000	1200	1152	948	650
1	11	21	1	4		1000	1200	1152	948	650
1	11	21	1	5		1000	952	1000	868	650
1	11	21	1	6		1000	952	1000	868	650
1	11	21	1	7		1000	952	940	928	650
1	11	21	1	8		1000	952	940	928	650
1	12	21	1	1		0	0	0	452	650
1	12	21	1	2		0	0	0	352	550
1	12	21	1	3		0	0	0	252	550
1	12	21	1	4		0	0	0	152	450
1	12	21	1	5		0	0	0	284	502
1	12	21	1	6		0	0	0	84	302
1	12	21	1	7		0	0	0	148	426
1	12	21	1	8		0	0	0	0	278

x2	h	il	ig	m	s	1	2	3	4	5
1	21	31	1	1		1000	1200	1252	1300	1300
1	21	31	1	2		1000	1200	1252	1200	1200
1	21	31	1	3		1000	1200	1152	1200	1200
1	21	31	1	4		1000	1200	1152	1100	1100
1	21	31	1	5		1000	0	1000	1152	1152
1	21	31	1	6		1000	0	1000	952	952
1	21	31	1	7		1000	0	0	1076	1076
1	21	31	1	8		1000	0	0	928	928
1	21	32	1	1		0	0	0	0	0
1	21	32	1	2		0	0	0	0	0
1	21	32	1	3		0	0	0	0	0
1	21	32	1	4		0	0	0	0	0
1	21	32	1	5		0	952	0	0	0
1	21	32	1	6		0	952	0	0	0
1	21	32	1	7		0	952	940	0	0
1	21	32	1	8		0	952	940	0	0

x3	h	ig	ik	m	s	1	2	3	4	5
1	31	41	1	1	1	1000	1200	1252	1300	1300
1	31	41	1	2	2	1000	1200	1252	1200	1200
1	31	41	1	3	3	1000	1200	1152	1200	1200
1	31	41	1	4	4	1000	1200	1152	1100	1100
1	31	41	1	5	5	1000	0	1000	1152	1152
1	31	41	1	6	6	1000	0	1000	952	952
1	31	41	1	7	7	1000	0	0	1076	1076
1	31	41	1	8	8	1000	0	0	928	928
1	32	41	1	1	1	0	0	0	0	0
1	32	41	1	2	2	0	0	0	0	0
1	32	41	1	3	3	0	0	0	0	0
1	32	41	1	4	4	0	0	0	0	0
1	32	41	1	5	5	0	952	0	0	0
1	32	41	1	6	6	0	952	0	0	0
1	32	41	1	7	7	0	952	940	0	0
1	32	41	1	8	8	0	952	940	0	0

y1	h	ip	s	1	2	3	4	5
1	11	1	0	800	198	0	0	0
1	11	2	0	800	198	0	0	0
1	11	3	0	800	298	0	0	0
1	11	4	0	800	298	0	0	0
1	11	5	0	568	218	0	0	0
1	11	6	0	568	218	0	0	0
1	11	7	0	568	278	0	0	0
1	11	8	0	568	278	0	0	0
1	12	1	0	0	0	0	0	0
1	12	2	0	0	0	0	0	0
1	12	3	0	0	0	0	0	0
1	12	4	0	0	0	0	0	0
1	12	5	0	0	0	0	0	0
1	12	6	0	0	0	0	0	0
1	12	7	0	0	0	0	0	0
1	12	8	0	0	0	0	0	0

y2	h	il	s	1	2	3	4	5
1	21	1	0	0	0	0	0	0
1	21	2	0	0	0	0	0	0
1	21	3	0	0	0	0	0	0
1	21	4	0	0	0	0	0	0
1	21	5	0	0	0	0	0	0
1	21	6	0	0	0	0	0	0
1	21	7	0	0	0	0	0	0
1	21	8	0	0	0	0	0	0

y3	h	ig	s	1	2	3	4	5
1	31	1		0	0	0	0	0
1	31	2		0	0	0	0	0
1	31	3		0	0	0	0	0
1	31	4		0	0	0	0	0
1	31	5		0	0	0	0	0
1	31	6		0	0	0	0	0
1	31	7		0	0	0	0	0
1	31	8		0	0	0	0	0
1	32	1		0	0	0	0	0
1	32	2		0	0	0	0	0
1	32	3		0	0	0	0	0
1	32	4		0	0	0	0	0
1	32	5		0	0	0	0	0
1	32	6		0	0	0	0	0
1	32	7		0	0	0	0	0
1	32	8		0	0	0	0	0

z	h	ik	s	1	2	3	4	5
1	41	1		0	0	0	0	0
1	41	2		0	0	0	0	0
1	41	3		0	0	0	0	0
1	41	4		0	0	0	0	0
1	41	5		0	0	0	0	0
1	41	6		0	0	0	0	0
1	41	7		0	0	0	0	0
1	41	8		0	0	0	0	0

Model Title: eigenes Modell

Variable	Value	Reduced Cost
P( 1)	120.0000	0.000000
WK( 1)	0.1250000	0.000000
WK( 2)	0.1250000	0.000000
WK( 3)	0.1250000	0.000000
WK( 4)	0.1250000	0.000000
WK( 5)	0.1250000	0.000000
WK( 6)	0.1250000	0.000000
WK( 7)	0.1250000	0.000000
WK( 8)	0.1250000	0.000000
CTF( 1)	5.000000	0.000000
CP( 1, 11)	1.000000	0.000000
CP( 1, 12)	5.000000	0.000000
CL1( 1, 11)	2.000000	0.000000
CL1( 1, 12)	3.000000	0.000000
PK( 1, 11)	1.000000	0.000000
PK( 1, 12)	1.000000	0.000000
CL2( 1, 21)	4.000000	0.000000
CL3( 1, 31)	5.000000	0.000000
CL3( 1, 32)	6.000000	0.000000
CF( 1, 41)	30.00000	0.000000
KAPP( 11, 1)	2000.000	0.000000
KAPP( 11, 2)	2000.000	0.000000
KAPP( 11, 3)	650.0000	0.000000
KAPP( 11, 4)	650.0000	0.000000
KAPP( 11, 5)	650.0000	0.000000
KAPP( 12, 1)	1500.000	0.000000
KAPP( 12, 2)	1500.000	0.000000
KAPP( 12, 3)	1500.000	0.000000

	KAPP ( 12, 4)	1500.000	0.000000
	KAPP ( 12, 5)	1500.000	0.000000
	KAPL1 ( 11, 1)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 11, 2)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 11, 3)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 11, 4)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 11, 5)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 12, 1)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 12, 2)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 12, 3)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 12, 4)	2000.000	0.000000
	KAPL1 ( 12, 5)	2000.000	0.000000
	KAPL2 ( 21, 1)	600.0000	0.000000
	KAPL2 ( 21, 2)	600.0000	0.000000
	KAPL2 ( 21, 3)	600.0000	0.000000
	KAPL2 ( 21, 4)	600.0000	0.000000
	KAPL2 ( 21, 5)	600.0000	0.000000
	KAPL3 ( 31, 1)	400.0000	0.000000
	KAPL3 ( 31, 2)	400.0000	0.000000
	KAPL3 ( 31, 3)	400.0000	0.000000
	KAPL3 ( 31, 4)	400.0000	0.000000
	KAPL3 ( 31, 5)	400.0000	0.000000
	KAPL3 ( 32, 1)	200.0000	0.000000
	KAPL3 ( 32, 2)	200.0000	0.000000
	KAPL3 ( 32, 3)	200.0000	0.000000
	KAPL3 ( 32, 4)	200.0000	0.000000
	KAPL3 ( 32, 5)	200.0000	0.000000
	KAPT1 ( 11, 1)	10000.00	0.000000
	KAPT1 ( 12, 1)	10000.00	0.000000
	KAPT2 ( 21, 1)	10000.00	0.000000
	KAPT3 ( 31, 1)	10000.00	0.000000
	KAPT3 ( 32, 1)	10000.00	0.000000
CTV1 ( 1, 11, 21, 1, 1)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 11, 21, 1, 2)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 11, 21, 1, 3)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 11, 21, 1, 4)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 11, 21, 1, 5)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 12, 21, 1, 1)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 12, 21, 1, 2)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 12, 21, 1, 3)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 12, 21, 1, 4)		2.000000	0.000000
CTV1 ( 1, 12, 21, 1, 5)		2.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 31, 1, 1)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 31, 1, 2)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 31, 1, 3)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 31, 1, 4)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 31, 1, 5)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 32, 1, 1)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 32, 1, 2)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 32, 1, 3)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 32, 1, 4)		3.000000	0.000000
CTV2 ( 1, 21, 32, 1, 5)		3.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 31, 41, 1, 1)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 31, 41, 1, 2)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 31, 41, 1, 3)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 31, 41, 1, 4)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 31, 41, 1, 5)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 32, 41, 1, 1)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 32, 41, 1, 2)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 32, 41, 1, 3)		2.000000	0.000000
CTV3 ( 1, 32, 41, 1, 4)		2.000000	0.000000



CTV3 ( 1, 32, 41, 1, 5)	2.000000	0.000000
V1 ( 11, 1, 1, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 1, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 1, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 1, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 1, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 2, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 2, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 2, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 2, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 2, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 3, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 3, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 3, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 3, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 3, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 4, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 4, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 4, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 4, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 4, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 5, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 5, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 5, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 5, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 5, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 6, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 6, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 6, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 6, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 6, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 7, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 7, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 7, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 7, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 7, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 8, 1)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 8, 2)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 8, 3)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 8, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 11, 1, 8, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 1, 1)	0.000000	-1249.375
V1 ( 12, 1, 1, 2)	0.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 1, 3)	0.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 1, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 1, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 2, 1)	0.000000	-36249.38
V1 ( 12, 1, 2, 2)	0.000000	-17499.38
V1 ( 12, 1, 2, 3)	0.000000	-4999.375
V1 ( 12, 1, 2, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 2, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 3, 1)	0.000000	-1249.375
V1 ( 12, 1, 3, 2)	0.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 3, 3)	0.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 3, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 3, 5)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 4, 1)	0.000000	-1249.375
V1 ( 12, 1, 4, 2)	0.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 4, 3)	0.000000	-4999.375
V1 ( 12, 1, 4, 4)	1.000000	0.625000
V1 ( 12, 1, 4, 5)	1.000000	0.625000

V1( 12, 1, 5, 1)	0.000000	-1249.375
V1( 12, 1, 5, 2)	0.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 5, 3)	0.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 5, 4)	1.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 5, 5)	1.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 6, 1)	0.000000	-9999.375
V1( 12, 1, 6, 2)	0.000000	-21249.38
V1( 12, 1, 6, 3)	0.000000	-4999.375
V1( 12, 1, 6, 4)	1.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 6, 5)	1.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 7, 1)	0.000000	-1249.375
V1( 12, 1, 7, 2)	0.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 7, 3)	0.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 7, 4)	1.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 7, 5)	1.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 8, 1)	0.000000	-1249.375
V1( 12, 1, 8, 2)	0.000000	0.6250000
V1( 12, 1, 8, 3)	0.000000	-8749.375
V1( 12, 1, 8, 4)	0.000000	-3749.375
V1( 12, 1, 8, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 1, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 1, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 1, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 1, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 1, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 2, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 2, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 2, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 2, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 2, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 3, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 3, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 3, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 3, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 3, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 4, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 4, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 4, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 4, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 4, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 5, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 5, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 5, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 5, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 5, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 6, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 6, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 6, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 6, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 6, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 7, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 7, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 7, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 7, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 7, 5)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 8, 1)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 8, 2)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 8, 3)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 8, 4)	1.000000	0.6250000
V2( 21, 1, 8, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 1, 1)	1.000000	0.6250000

V3( 31, 1, 1, 2)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 1, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 1, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 1, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 2, 1)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 2, 2)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 2, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 2, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 2, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 3, 1)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 3, 2)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 3, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 3, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 3, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 4, 1)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 4, 2)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 4, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 4, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 4, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 5, 1)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 5, 2)	0.000000	-147499.4
V3( 31, 1, 5, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 5, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 5, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 6, 1)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 6, 2)	0.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 6, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 6, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 6, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 7, 1)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 7, 2)	0.000000	-147499.4
V3( 31, 1, 7, 3)	0.000000	-147499.4
V3( 31, 1, 7, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 7, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 8, 1)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 8, 2)	0.000000	-147499.4
V3( 31, 1, 8, 3)	0.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 8, 4)	1.000000	0.6250000
V3( 31, 1, 8, 5)	1.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 1, 1)	0.000000	-7499.375
V3( 32, 1, 1, 2)	0.000000	-147499.4
V3( 32, 1, 1, 3)	0.000000	-147499.4
V3( 32, 1, 1, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 1, 5)	0.000000	-12499.38
V3( 32, 1, 2, 1)	0.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 2, 2)	0.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 2, 3)	0.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 2, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 2, 5)	0.000000	-12499.38
V3( 32, 1, 3, 1)	0.000000	-192499.4
V3( 32, 1, 3, 2)	0.000000	-147499.4
V3( 32, 1, 3, 3)	0.000000	-147499.4
V3( 32, 1, 3, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 3, 5)	0.000000	-12499.38
V3( 32, 1, 4, 1)	0.000000	-192499.4
V3( 32, 1, 4, 2)	0.000000	-147499.4
V3( 32, 1, 4, 3)	0.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 4, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 4, 5)	0.000000	-12499.38
V3( 32, 1, 5, 1)	0.000000	-192499.4
V3( 32, 1, 5, 2)	1.000000	0.6250000

V3( 32, 1, 5, 3)	0.000000	-147499.4
V3( 32, 1, 5, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 5, 5)	0.000000	-12499.38
V3( 32, 1, 6, 1)	0.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 6, 2)	1.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 6, 3)	0.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 6, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 6, 5)	0.000000	-12499.38
V3( 32, 1, 7, 1)	0.000000	-192499.4
V3( 32, 1, 7, 2)	1.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 7, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 7, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 7, 5)	0.000000	-12499.38
V3( 32, 1, 8, 1)	0.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 8, 2)	1.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 8, 3)	1.000000	0.6250000
V3( 32, 1, 8, 4)	0.000000	-19999.38
V3( 32, 1, 8, 5)	0.000000	-12499.38
W( 1, 11, 1, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 1, 2)	2000.000	0.000000
W( 1, 11, 1, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 1, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 1, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 2, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 2, 2)	2000.000	0.000000
W( 1, 11, 2, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 2, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 2, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 3, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 3, 2)	2000.000	0.000000
W( 1, 11, 3, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 3, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 3, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 4, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 4, 2)	2000.000	0.000000
W( 1, 11, 4, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 4, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 4, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 5, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 5, 2)	1520.000	0.000000
W( 1, 11, 5, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 5, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 5, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 6, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 6, 2)	1520.000	0.000000
W( 1, 11, 6, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 6, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 6, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 7, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 7, 2)	1520.000	0.000000
W( 1, 11, 7, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 7, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 7, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 8, 1)	1000.000	0.000000
W( 1, 11, 8, 2)	1520.000	0.000000
W( 1, 11, 8, 3)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 8, 4)	650.0000	0.000000
W( 1, 11, 8, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 12, 1, 1)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 1, 2)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 1, 3)	0.000000	0.000000

W( 1, 12, 1, 4)	452.0000	0.000000
W( 1, 12, 1, 5)	650.0000	0.000000
W( 1, 12, 2, 1)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 2, 2)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 2, 3)	0.000000	0.750000
W( 1, 12, 2, 4)	352.0000	0.000000
W( 1, 12, 2, 5)	550.0000	0.000000
W( 1, 12, 3, 1)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 3, 2)	0.000000	3.000000
W( 1, 12, 3, 3)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 3, 4)	252.0000	0.000000
W( 1, 12, 3, 5)	550.0000	0.000000
W( 1, 12, 4, 1)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 4, 2)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 4, 3)	0.000000	0.750000
W( 1, 12, 4, 4)	152.0000	0.000000
W( 1, 12, 4, 5)	450.0000	0.000000
W( 1, 12, 5, 1)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 5, 2)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 5, 3)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 5, 4)	284.0000	0.000000
W( 1, 12, 5, 5)	502.0000	0.000000
W( 1, 12, 6, 1)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 6, 2)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 6, 3)	0.000000	0.750000
W( 1, 12, 6, 4)	84.00000	0.000000
W( 1, 12, 6, 5)	302.0000	0.000000
W( 1, 12, 7, 1)	0.000000	9.375000
W( 1, 12, 7, 2)	0.000000	3.375000
W( 1, 12, 7, 3)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 7, 4)	148.0000	0.000000
W( 1, 12, 7, 5)	426.0000	0.000000
W( 1, 12, 8, 1)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 8, 2)	0.000000	0.000000
W( 1, 12, 8, 3)	0.000000	1.125000
W( 1, 12, 8, 4)	0.000000	0.375000
W( 1, 12, 8, 5)	278.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 11, 1, 2)	800.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 1, 3)	198.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 1, 4)	0.000000	0.250000
Y1( 1, 11, 1, 5)	0.000000	0.875000
Y1( 1, 11, 2, 1)	0.000000	2.000000
Y1( 1, 11, 2, 2)	800.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 2, 3)	198.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 2, 4)	0.000000	0.250000
Y1( 1, 11, 2, 5)	0.000000	0.875000
Y1( 1, 11, 3, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 11, 3, 2)	800.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 3, 3)	298.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 3, 4)	0.000000	0.250000
Y1( 1, 11, 3, 5)	0.000000	0.875000
Y1( 1, 11, 4, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 11, 4, 2)	800.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 4, 3)	298.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 4, 4)	0.000000	0.250000
Y1( 1, 11, 4, 5)	0.000000	0.875000
Y1( 1, 11, 5, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 11, 5, 2)	568.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 5, 3)	218.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 5, 4)	0.000000	0.250000

Y1( 1, 11, 5, 5)	0.000000	0.8750000
Y1( 1, 11, 6, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 11, 6, 2)	568.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 6, 3)	218.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 6, 4)	0.000000	0.2500000
Y1( 1, 11, 6, 5)	0.000000	0.8750000
Y1( 1, 11, 7, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 11, 7, 2)	568.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 7, 3)	278.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 7, 4)	0.000000	0.2500000
Y1( 1, 11, 7, 5)	0.000000	0.8750000
Y1( 1, 11, 8, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 11, 8, 2)	568.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 8, 3)	278.0000	0.000000
Y1( 1, 11, 8, 4)	0.000000	0.2500000
Y1( 1, 11, 8, 5)	0.000000	0.8750000
Y1( 1, 12, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 1, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 1, 4)	0.000000	0.3750000
Y1( 1, 12, 1, 5)	0.000000	1.000000
Y1( 1, 12, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 2, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 2, 4)	0.000000	0.3750000
Y1( 1, 12, 2, 5)	0.000000	1.000000
Y1( 1, 12, 3, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 3, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 3, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 3, 4)	0.000000	0.3750000
Y1( 1, 12, 3, 5)	0.000000	1.000000
Y1( 1, 12, 4, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 4, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 4, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 4, 4)	0.000000	0.3750000
Y1( 1, 12, 4, 5)	0.000000	1.000000
Y1( 1, 12, 5, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 5, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 5, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 5, 4)	0.000000	0.3750000
Y1( 1, 12, 5, 5)	0.000000	1.000000
Y1( 1, 12, 6, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 6, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 6, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 6, 4)	0.000000	0.3750000
Y1( 1, 12, 6, 5)	0.000000	1.000000
Y1( 1, 12, 7, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 7, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 7, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 7, 4)	0.000000	0.3750000
Y1( 1, 12, 7, 5)	0.000000	1.000000
Y1( 1, 12, 8, 1)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 8, 2)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 8, 3)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 8, 4)	0.000000	0.000000
Y1( 1, 12, 8, 5)	0.000000	1.000000
Y2( 1, 21, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 1, 3)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 1, 4)	0.000000	0.5000000
Y2( 1, 21, 1, 5)	0.000000	1.375000

Y2( 1, 21, 2, 1)	0.000000	4.000000
Y2( 1, 21, 2, 2)	0.000000	1.000000
Y2( 1, 21, 2, 3)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 2, 4)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 2, 5)	0.000000	1.375000
Y2( 1, 21, 3, 1)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 3, 2)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 3, 3)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 3, 4)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 3, 5)	0.000000	1.375000
Y2( 1, 21, 4, 1)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 4, 2)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 4, 3)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 4, 4)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 4, 5)	0.000000	1.375000
Y2( 1, 21, 5, 1)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 5, 2)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 5, 3)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 5, 4)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 5, 5)	0.000000	1.375000
Y2( 1, 21, 6, 1)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 6, 2)	0.000000	1.000000
Y2( 1, 21, 6, 3)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 6, 4)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 6, 5)	0.000000	1.375000
Y2( 1, 21, 7, 1)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 7, 2)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 7, 3)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 7, 4)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 7, 5)	0.000000	1.375000
Y2( 1, 21, 8, 1)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 8, 2)	0.000000	0.000000
Y2( 1, 21, 8, 3)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 8, 4)	0.000000	0.500000
Y2( 1, 21, 8, 5)	0.000000	1.375000
Y3( 1, 31, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 1, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 1, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 1, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 31, 2, 1)	0.000000	7.250000
Y3( 1, 31, 2, 2)	0.000000	1.500000
Y3( 1, 31, 2, 3)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 31, 2, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 2, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 31, 3, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 3, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 3, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 3, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 3, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 31, 4, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 4, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 4, 3)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 31, 4, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 4, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 31, 5, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 5, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 5, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 5, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 5, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 31, 6, 1)	0.000000	0.000000

Y3( 1, 31, 6, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 6, 3)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 31, 6, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 6, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 31, 7, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 7, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 7, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 7, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 7, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 31, 8, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 8, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 8, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 31, 8, 4)	0.000000	0.625000
Y3( 1, 31, 8, 5)	0.000000	1.875000
Y3( 1, 32, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 1, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 1, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 1, 5)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 32, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 2, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 2, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 2, 5)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 32, 3, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 3, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 3, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 3, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 3, 5)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 32, 4, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 4, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 4, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 4, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 4, 5)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 32, 5, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 5, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 5, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 5, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 5, 5)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 32, 6, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 6, 2)	0.000000	7.000000
Y3( 1, 32, 6, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 6, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 6, 5)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 32, 7, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 7, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 7, 3)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 7, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 7, 5)	0.000000	0.750000
Y3( 1, 32, 8, 1)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 8, 2)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 8, 3)	0.000000	5.000000
Y3( 1, 32, 8, 4)	0.000000	0.000000
Y3( 1, 32, 8, 5)	0.000000	0.750000
D( 1, 41, 1, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 1, 2)	1200.000	0.000000
D( 1, 41, 1, 3)	1252.000	0.000000
D( 1, 41, 1, 4)	1300.000	0.000000
D( 1, 41, 1, 5)	1300.000	0.000000
D( 1, 41, 2, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 2, 2)	1200.000	0.000000



D( 1, 41, 2, 3)	1252.000	0.000000
D( 1, 41, 2, 4)	1200.000	0.000000
D( 1, 41, 2, 5)	1200.000	0.000000
D( 1, 41, 3, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 3, 2)	1200.000	0.000000
D( 1, 41, 3, 3)	1152.000	0.000000
D( 1, 41, 3, 4)	1200.000	0.000000
D( 1, 41, 3, 5)	1200.000	0.000000
D( 1, 41, 4, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 4, 2)	1200.000	0.000000
D( 1, 41, 4, 3)	1152.000	0.000000
D( 1, 41, 4, 4)	1100.000	0.000000
D( 1, 41, 4, 5)	1100.000	0.000000
D( 1, 41, 5, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 5, 2)	952.0000	0.000000
D( 1, 41, 5, 3)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 5, 4)	1152.000	0.000000
D( 1, 41, 5, 5)	1152.000	0.000000
D( 1, 41, 6, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 6, 2)	952.0000	0.000000
D( 1, 41, 6, 3)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 6, 4)	952.0000	0.000000
D( 1, 41, 6, 5)	952.0000	0.000000
D( 1, 41, 7, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 7, 2)	952.0000	0.000000
D( 1, 41, 7, 3)	940.0000	0.000000
D( 1, 41, 7, 4)	1076.000	0.000000
D( 1, 41, 7, 5)	1076.000	0.000000
D( 1, 41, 8, 1)	1000.000	0.000000
D( 1, 41, 8, 2)	952.0000	0.000000
D( 1, 41, 8, 3)	940.0000	0.000000
D( 1, 41, 8, 4)	928.0000	0.000000
D( 1, 41, 8, 5)	928.0000	0.000000
Z( 1, 41, 1, 1)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 1, 2)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 1, 3)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 1, 4)	0.000000	3.750000
Z( 1, 41, 1, 5)	0.000000	17.25000
Z( 1, 41, 2, 1)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 2, 2)	0.000000	16.00000
Z( 1, 41, 2, 3)	0.000000	8.000000
Z( 1, 41, 2, 4)	0.000000	3.750000
Z( 1, 41, 2, 5)	0.000000	17.25000
Z( 1, 41, 3, 1)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 3, 2)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 3, 3)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 3, 4)	0.000000	3.750000
Z( 1, 41, 3, 5)	0.000000	17.25000
Z( 1, 41, 4, 1)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 4, 2)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 4, 3)	0.000000	8.000000
Z( 1, 41, 4, 4)	0.000000	3.750000
Z( 1, 41, 4, 5)	0.000000	17.25000
Z( 1, 41, 5, 1)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 5, 2)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 5, 3)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 5, 4)	0.000000	3.750000
Z( 1, 41, 5, 5)	0.000000	17.25000
Z( 1, 41, 6, 1)	0.000000	0.000000
Z( 1, 41, 6, 2)	0.000000	16.00000
Z( 1, 41, 6, 3)	0.000000	8.000000

	Z( 1, 41, 6, 4)	0.000000	3.750000
	Z( 1, 41, 6, 5)	0.000000	17.25000
	Z( 1, 41, 7, 1)	0.000000	0.000000
	Z( 1, 41, 7, 2)	0.000000	0.000000
	Z( 1, 41, 7, 3)	0.000000	0.000000
	Z( 1, 41, 7, 4)	0.000000	3.750000
	Z( 1, 41, 7, 5)	0.000000	17.25000
	Z( 1, 41, 8, 1)	0.000000	30.00000
	Z( 1, 41, 8, 2)	0.000000	0.000000
	Z( 1, 41, 8, 3)	0.000000	8.000000
	Z( 1, 41, 8, 4)	0.000000	3.750000
	Z( 1, 41, 8, 5)	0.000000	17.25000
X1( 1, 11, 21, 1, 1, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 1, 2)	1200.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 1, 3)	1252.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 1, 4)	848.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 1, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 2, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 2, 2)	1200.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 2, 3)	1252.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 2, 4)	848.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 2, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 3, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 3, 2)	1200.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 3, 3)	1152.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 3, 4)	948.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 3, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 4, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 4, 2)	1200.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 4, 3)	1152.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 4, 4)	948.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 4, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 5, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 5, 2)	952.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 5, 3)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 5, 4)	868.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 5, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 6, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 6, 2)	952.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 6, 3)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 6, 4)	868.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 6, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 7, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 7, 2)	952.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 7, 3)	940.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 7, 4)	928.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 7, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 8, 1)	1000.000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 8, 2)	952.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 8, 3)	940.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 8, 4)	928.0000	0.000000	
X1( 1, 11, 21, 1, 8, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 12, 21, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000	
X1( 1, 12, 21, 1, 1, 2)	0.000000	0.250000	
X1( 1, 12, 21, 1, 1, 3)	0.000000	0.250000	
X1( 1, 12, 21, 1, 1, 4)	452.0000	0.000000	
X1( 1, 12, 21, 1, 1, 5)	650.0000	0.000000	
X1( 1, 12, 21, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000	
X1( 1, 12, 21, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000	
X1( 1, 12, 21, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000	
X1( 1, 12, 21, 1, 2, 4)	352.0000	0.000000	

X1( 1, 12, 21, 1, 2, 5)	550.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 3, 1)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 3, 2)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 3, 3)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 3, 4)	252.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 3, 5)	550.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 4, 1)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 4, 2)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 4, 3)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 4, 4)	152.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 4, 5)	450.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 5, 1)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 5, 2)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 5, 3)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 5, 4)	284.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 5, 5)	502.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 6, 1)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 6, 2)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 6, 3)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 6, 4)	84.00000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 6, 5)	302.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 7, 1)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 7, 2)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 7, 3)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 7, 4)	148.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 7, 5)	426.0000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 8, 1)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 8, 2)	0.000000	0.250000
X1( 1, 12, 21, 1, 8, 3)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 8, 4)	0.000000	0.000000
X1( 1, 12, 21, 1, 8, 5)	278.0000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 1, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 1, 2)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 1, 3)	1252.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 1, 4)	1300.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 1, 5)	1300.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 2, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 2, 2)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 2, 3)	1252.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 2, 4)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 2, 5)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 3, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 3, 2)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 3, 3)	1152.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 3, 4)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 3, 5)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 4, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 4, 2)	1200.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 4, 3)	1152.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 4, 4)	1100.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 4, 5)	1100.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 5, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 5, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 5, 3)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 5, 4)	1152.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 5, 5)	1152.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 6, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 6, 2)	0.000000	2.250000
X2( 1, 21, 31, 1, 6, 3)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 6, 4)	952.0000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 6, 5)	952.0000	0.000000

X2( 1, 21, 31, 1, 7, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 7, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 7, 3)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 7, 4)	1076.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 7, 5)	1076.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 8, 1)	1000.000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 8, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 8, 3)	0.000000	0.750000
X2( 1, 21, 31, 1, 8, 4)	928.0000	0.000000
X2( 1, 21, 31, 1, 8, 5)	928.0000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 1, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 1, 5)	0.000000	1.250000
X2( 1, 21, 32, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 2, 2)	0.000000	12.00000
X2( 1, 21, 32, 1, 2, 3)	0.000000	5.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 2, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 2, 5)	0.000000	1.250000
X2( 1, 21, 32, 1, 3, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 3, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 3, 3)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 3, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 3, 5)	0.000000	1.250000
X2( 1, 21, 32, 1, 4, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 4, 2)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 4, 3)	0.000000	5.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 4, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 4, 5)	0.000000	1.250000
X2( 1, 21, 32, 1, 5, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 5, 2)	952.0000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 5, 3)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 5, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 5, 5)	0.000000	1.250000
X2( 1, 21, 32, 1, 6, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 6, 2)	952.0000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 6, 3)	0.000000	5.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 6, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 6, 5)	0.000000	1.250000
X2( 1, 21, 32, 1, 7, 1)	0.000000	18.00000
X2( 1, 21, 32, 1, 7, 2)	952.0000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 7, 3)	940.0000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 7, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 7, 5)	0.000000	1.250000
X2( 1, 21, 32, 1, 8, 1)	0.000000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 8, 2)	952.0000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 8, 3)	940.0000	0.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 8, 4)	0.000000	2.000000
X2( 1, 21, 32, 1, 8, 5)	0.000000	1.250000
X3( 1, 31, 41, 1, 1, 1)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 1, 2)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 1, 3)	1252.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 1, 4)	1300.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 1, 5)	1300.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 2, 1)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 2, 2)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 2, 3)	1252.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 2, 4)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 2, 5)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 3, 1)	1000.000	0.000000

X3( 1, 31, 41, 1, 3, 2)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 3, 3)	1152.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 3, 4)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 3, 5)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 4, 1)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 4, 2)	1200.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 4, 3)	1152.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 4, 4)	1100.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 4, 5)	1100.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 5, 1)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 5, 2)	0.000000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 5, 3)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 5, 4)	1152.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 5, 5)	1152.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 6, 1)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 6, 2)	0.000000	42.00000
X3( 1, 31, 41, 1, 6, 3)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 6, 4)	952.0000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 6, 5)	952.0000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 7, 1)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 7, 2)	0.000000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 7, 3)	0.000000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 7, 4)	1076.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 7, 5)	1076.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 8, 1)	1000.000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 8, 2)	0.000000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 8, 3)	0.000000	14.00000
X3( 1, 31, 41, 1, 8, 4)	928.0000	0.000000
X3( 1, 31, 41, 1, 8, 5)	928.0000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 1, 4)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 1, 5)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 2, 1)	0.000000	9.250000
X3( 1, 32, 41, 1, 2, 2)	0.000000	32.25000
X3( 1, 32, 41, 1, 2, 3)	0.000000	9.750000
X3( 1, 32, 41, 1, 2, 4)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 2, 5)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 3, 1)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 3, 2)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 3, 3)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 3, 4)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 3, 5)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 4, 1)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 4, 2)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 4, 3)	0.000000	9.750000
X3( 1, 32, 41, 1, 4, 4)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 4, 5)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 5, 1)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 5, 2)	952.0000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 5, 3)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 5, 4)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 5, 5)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 6, 1)	0.000000	39.75000
X3( 1, 32, 41, 1, 6, 2)	952.0000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 6, 3)	0.000000	9.750000
X3( 1, 32, 41, 1, 6, 4)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 6, 5)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 7, 1)	0.000000	0.000000
X3( 1, 32, 41, 1, 7, 2)	952.0000	0.000000

X3 ( 1, 32, 41, 1, 7, 3)	940.0000	0.000000
X3 ( 1, 32, 41, 1, 7, 4)	0.000000	0.000000
X3 ( 1, 32, 41, 1, 7, 5)	0.000000	0.000000
X3 ( 1, 32, 41, 1, 8, 1)	0.000000	10.75000
X3 ( 1, 32, 41, 1, 8, 2)	952.0000	0.000000
X3 ( 1, 32, 41, 1, 8, 3)	940.0000	0.000000
X3 ( 1, 32, 41, 1, 8, 4)	0.000000	0.000000
X3 ( 1, 32, 41, 1, 8, 5)	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	598903.6	1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	13.50000
5	0.000000	13.50000
6	0.000000	56.00000
7	0.000000	27.50000
8	0.000000	13.50000
9	0.000000	13.50000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	13.50000
13	0.000000	13.50000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	27.50000
16	0.000000	13.50000
17	0.000000	13.50000
18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	13.50000
21	0.000000	13.50000
22	0.000000	56.00000
23	0.000000	27.50000
24	0.000000	13.50000
25	0.000000	13.50000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	13.50000
29	0.000000	13.50000
30	0.000000	0.000000
31	0.000000	27.50000
32	0.000000	13.50000
33	0.000000	13.50000
34	0.000000	14.75000
35	0.000000	33.75000
36	0.000000	-3.750000
37	0.000000	-3.750000
38	0.000000	-3.750000
39	0.000000	52.25000
40	0.000000	-3.750000
41	0.000000	26.25000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.6250000
45	0.000000	0.6250000
46	0.000000	0.5000000
47	0.000000	0.7500000
48	0.000000	0.6250000
49	0.000000	0.6250000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000

52	0.000000	0.6250000
53	0.000000	0.6250000
54	0.000000	0.000000
55	0.000000	0.7500000
56	0.000000	0.6250000
57	0.000000	0.6250000
58	0.000000	0.000000
59	0.000000	0.000000
60	0.000000	0.6250000
61	0.000000	0.6250000
62	0.000000	0.5000000
63	0.000000	0.7500000
64	0.000000	0.6250000
65	0.000000	0.6250000
66	0.000000	0.000000
67	0.000000	0.000000
68	0.000000	0.6250000
69	0.000000	0.6250000
70	0.000000	0.000000
71	0.000000	0.7500000
72	0.000000	0.6250000
73	0.000000	0.6250000
74	0.000000	0.000000
75	0.000000	0.000000
76	0.000000	0.6250000
77	0.000000	0.6250000
78	0.000000	-0.5000000
79	0.000000	0.5000000
80	0.000000	0.6250000
81	0.000000	0.6250000
82	0.000000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.6250000
85	0.000000	0.6250000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.5000000
88	0.000000	0.6250000
89	0.000000	0.6250000
90	0.000000	0.000000
91	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.6250000
93	0.000000	0.6250000
94	0.000000	-0.8750000
95	0.000000	0.5000000
96	0.000000	0.6250000
97	0.000000	0.6250000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.6250000
101	0.000000	0.6250000
102	0.000000	0.000000
103	0.000000	0.1250000
104	0.000000	0.2500000
105	0.000000	0.6250000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	1.0000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000

113	0.000000	0.000000
114	0.000000	-0.3750000
115	0.000000	-0.8750000
116	0.000000	-0.3750000
117	0.000000	-0.3750000
118	0.000000	-0.3750000
119	0.000000	-1.250000
120	0.000000	-0.3750000
121	0.000000	-0.3750000
122	1000.000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.5000000
126	0.000000	0.5000000
127	1000.000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.5000000
130	0.000000	0.5000000
131	0.000000	0.5000000
132	1000.000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	0.000000	0.5000000
136	0.000000	0.5000000
137	1000.000	0.000000
138	0.000000	0.000000
139	0.000000	0.5000000
140	0.000000	0.5000000
141	0.000000	0.5000000
142	1000.000	0.000000
143	480.0000	0.000000
144	0.000000	0.000000
145	0.000000	0.5000000
146	0.000000	0.5000000
147	1000.000	0.000000
148	480.0000	0.000000
149	0.000000	0.5000000
150	0.000000	0.5000000
151	0.000000	0.5000000
152	1000.000	0.000000
153	480.0000	0.000000
154	0.000000	0.000000
155	0.000000	0.5000000
156	0.000000	0.5000000
157	1000.000	0.000000
158	480.0000	0.000000
159	0.000000	0.5000000
160	0.000000	0.5000000
161	0.000000	0.5000000
162	1500.000	0.000000
163	1500.000	0.000000
164	1500.000	0.000000
165	1048.000	0.000000
166	850.0000	0.000000
167	1500.000	0.000000
168	1500.000	0.000000
169	1500.000	0.000000
170	1148.000	0.000000
171	950.0000	0.000000
172	1500.000	0.000000
173	1500.000	0.000000



174	1500.000	0.000000
175	1248.000	0.000000
176	950.0000	0.000000
177	1500.000	0.000000
178	1500.000	0.000000
179	1500.000	0.000000
180	1348.000	0.000000
181	1050.000	0.000000
182	1500.000	0.000000
183	1500.000	0.000000
184	1500.000	0.000000
185	1216.000	0.000000
186	998.0000	0.000000
187	1500.000	0.000000
188	1500.000	0.000000
189	1500.000	0.000000
190	1416.000	0.000000
191	1198.000	0.000000
192	1500.000	0.000000
193	1500.000	0.000000
194	1500.000	0.000000
195	1352.000	0.000000
196	1074.000	0.000000
197	1500.000	0.000000
198	1500.000	0.000000
199	1500.000	0.000000
200	1500.000	0.000000
201	1222.000	0.000000
202	0.000000	0.000000
203	0.000000	0.000000
204	0.000000	-0.8750000
205	0.000000	-0.8750000
206	0.000000	-1.500000
207	0.000000	-1.250000
208	0.000000	-0.8750000
209	0.000000	-0.8750000
210	0.000000	0.000000
211	0.000000	0.000000
212	0.000000	-0.8750000
213	0.000000	-0.8750000
214	0.000000	0.000000
215	0.000000	-1.250000
216	0.000000	-0.8750000
217	0.000000	-0.8750000
218	0.000000	0.000000
219	0.000000	0.000000
220	0.000000	-0.8750000
221	0.000000	-0.8750000
222	0.000000	-1.500000
223	0.000000	-1.250000
224	0.000000	-0.8750000
225	0.000000	-0.8750000
226	0.000000	0.000000
227	0.000000	0.000000
228	0.000000	-0.8750000
229	0.000000	-0.8750000
230	0.000000	0.000000
231	0.000000	-1.250000
232	0.000000	-0.8750000
233	0.000000	-0.8750000
234	0.000000	0.000000

235	0.000000	-3.000000
236	0.000000	0.000000
237	0.000000	0.000000
238	0.000000	0.000000
239	0.000000	0.000000
240	0.000000	0.000000
241	0.000000	0.000000
242	0.000000	0.000000
243	0.000000	0.000000
244	0.000000	-1.250000
245	0.000000	-1.250000
246	0.000000	-3.000000
247	0.000000	-2.000000
248	0.000000	-1.250000
249	0.000000	-1.250000
250	0.000000	0.000000
251	0.000000	0.000000
252	0.000000	-1.250000
253	0.000000	-1.250000
254	0.000000	0.000000
255	0.000000	-2.000000
256	0.000000	-1.250000
257	0.000000	-1.250000
258	0.000000	0.000000
259	0.000000	0.000000
260	0.000000	-1.250000
261	0.000000	-1.250000
262	0.000000	-0.750000
263	0.000000	-2.000000
264	0.000000	-1.250000
265	0.000000	-1.250000
266	0.000000	0.000000
267	0.000000	0.000000
268	0.000000	-1.250000
269	0.000000	-1.250000
270	0.000000	0.000000
271	0.000000	-1.250000
272	0.000000	-1.250000
273	0.000000	-1.250000
274	0.000000	0.000000
275	0.000000	0.000000
276	0.000000	0.750000
277	0.000000	0.000000
278	0.000000	9.000000
279	0.000000	3.000000
280	0.000000	0.750000
281	0.000000	0.000000
282	0.000000	0.000000
283	0.000000	0.000000
284	0.000000	0.750000
285	0.000000	0.000000
286	0.000000	0.000000
287	0.000000	3.000000
288	0.000000	0.750000
289	0.000000	0.000000
290	0.000000	0.000000
291	0.000000	0.000000
292	0.000000	0.750000
293	0.000000	0.000000
294	0.000000	-3.000000
295	0.000000	3.000000

296	0.000000	0.7500000
297	0.000000	0.000000
298	0.000000	0.000000
299	0.000000	0.000000
300	0.000000	0.7500000
301	0.000000	0.000000
302	0.000000	0.000000
303	0.000000	-2.000000
304	0.000000	0.7500000
305	0.000000	0.000000
306	0.000000	0.000000
307	0.000000	-6.000000
308	0.000000	0.000000
309	0.000000	0.000000
310	0.000000	0.000000
311	0.000000	0.000000
312	0.000000	0.000000
313	0.000000	0.000000
314	0.000000	0.7500000
315	0.000000	9.750000
316	0.000000	0.7500000
317	0.000000	0.7500000
318	0.000000	0.7500000
319	0.000000	-2.250000
320	0.000000	0.7500000
321	0.000000	0.7500000
322	2000.000	0.000000
323	1200.000	0.000000
324	1802.000	0.000000
325	2000.000	0.000000
326	2000.000	0.000000
327	2000.000	0.000000
328	1200.000	0.000000
329	1802.000	0.000000
330	2000.000	0.000000
331	2000.000	0.000000
332	2000.000	0.000000
333	1200.000	0.000000
334	1702.000	0.000000
335	2000.000	0.000000
336	2000.000	0.000000
337	2000.000	0.000000
338	1200.000	0.000000
339	1702.000	0.000000
340	2000.000	0.000000
341	2000.000	0.000000
342	2000.000	0.000000
343	1432.000	0.000000
344	1782.000	0.000000
345	2000.000	0.000000
346	2000.000	0.000000
347	2000.000	0.000000
348	1432.000	0.000000
349	1782.000	0.000000
350	2000.000	0.000000
351	2000.000	0.000000
352	2000.000	0.000000
353	1432.000	0.000000
354	1722.000	0.000000
355	2000.000	0.000000
356	2000.000	0.000000

357	2000.000	0.000000
358	1432.000	0.000000
359	1722.000	0.000000
360	2000.000	0.000000
361	2000.000	0.000000
362	2000.000	0.000000
363	2000.000	0.000000
364	2000.000	0.000000
365	2000.000	0.000000
366	2000.000	0.000000
367	2000.000	0.000000
368	2000.000	0.000000
369	2000.000	0.000000
370	2000.000	0.000000
371	2000.000	0.000000
372	2000.000	0.000000
373	2000.000	0.000000
374	2000.000	0.000000
375	2000.000	0.000000
376	2000.000	0.000000
377	2000.000	0.000000
378	2000.000	0.000000
379	2000.000	0.000000
380	2000.000	0.000000
381	2000.000	0.000000
382	2000.000	0.000000
383	2000.000	0.000000
384	2000.000	0.000000
385	2000.000	0.000000
386	2000.000	0.000000
387	2000.000	0.000000
388	2000.000	0.000000
389	2000.000	0.000000
390	2000.000	0.000000
391	2000.000	0.000000
392	2000.000	0.000000
393	2000.000	0.000000
394	2000.000	0.000000
395	2000.000	0.000000
396	2000.000	0.000000
397	2000.000	0.000000
398	2000.000	0.000000
399	2000.000	0.000000
400	2000.000	0.000000
401	2000.000	0.000000
402	600.0000	0.000000
403	600.0000	0.000000
404	600.0000	0.000000
405	600.0000	0.000000
406	600.0000	0.000000
407	600.0000	0.000000
408	600.0000	0.000000
409	600.0000	0.000000
410	600.0000	0.000000
411	600.0000	0.000000
412	600.0000	0.000000
413	600.0000	0.000000
414	600.0000	0.000000
415	600.0000	0.000000
416	600.0000	0.000000
417	600.0000	0.000000

418	600.0000	0.000000
419	600.0000	0.000000
420	600.0000	0.000000
421	600.0000	0.000000
422	600.0000	0.000000
423	600.0000	0.000000
424	600.0000	0.000000
425	600.0000	0.000000
426	600.0000	0.000000
427	600.0000	0.000000
428	600.0000	0.000000
429	600.0000	0.000000
430	600.0000	0.000000
431	600.0000	0.000000
432	600.0000	0.000000
433	600.0000	0.000000
434	600.0000	0.000000
435	600.0000	0.000000
436	600.0000	0.000000
437	600.0000	0.000000
438	600.0000	0.000000
439	600.0000	0.000000
440	600.0000	0.000000
441	600.0000	0.000000
442	400.0000	0.000000
443	400.0000	0.000000
444	400.0000	0.000000
445	400.0000	0.000000
446	400.0000	0.000000
447	400.0000	0.000000
448	400.0000	0.000000
449	400.0000	0.000000
450	400.0000	0.000000
451	400.0000	0.000000
452	400.0000	0.000000
453	400.0000	0.000000
454	400.0000	0.000000
455	400.0000	0.000000
456	400.0000	0.000000
457	400.0000	0.000000
458	400.0000	0.000000
459	400.0000	0.000000
460	400.0000	0.000000
461	400.0000	0.000000
462	400.0000	0.000000
463	400.0000	0.000000
464	400.0000	0.000000
465	400.0000	0.000000
466	400.0000	0.000000
467	400.0000	0.000000
468	400.0000	0.000000
469	400.0000	0.000000
470	400.0000	0.000000
471	400.0000	0.000000
472	400.0000	0.000000
473	400.0000	0.000000
474	400.0000	0.000000
475	400.0000	0.000000
476	400.0000	0.000000
477	400.0000	0.000000
478	400.0000	0.000000

479	400.0000	0.000000
480	400.0000	0.000000
481	400.0000	0.000000
482	200.0000	0.000000
483	200.0000	0.000000
484	200.0000	0.000000
485	200.0000	0.000000
486	200.0000	0.000000
487	200.0000	0.000000
488	200.0000	0.000000
489	200.0000	0.000000
490	200.0000	0.000000
491	200.0000	0.000000
492	200.0000	0.000000
493	200.0000	0.000000
494	200.0000	0.000000
495	200.0000	0.000000
496	200.0000	0.000000
497	200.0000	0.000000
498	200.0000	0.000000
499	200.0000	0.000000
500	200.0000	0.000000
501	200.0000	0.000000
502	200.0000	0.000000
503	200.0000	0.000000
504	200.0000	0.000000
505	200.0000	0.000000
506	200.0000	0.000000
507	200.0000	0.000000
508	200.0000	0.000000
509	200.0000	0.000000
510	200.0000	0.000000
511	200.0000	0.000000
512	200.0000	0.000000
513	200.0000	0.000000
514	200.0000	0.000000
515	200.0000	0.000000
516	200.0000	0.000000
517	200.0000	0.000000
518	200.0000	0.000000
519	200.0000	0.000000
520	200.0000	0.000000
521	200.0000	0.000000
522	9000.000	0.000000
523	8800.000	0.000000
524	8748.000	0.000000
525	9152.000	0.000000
526	9350.000	0.000000
527	9000.000	0.000000
528	8800.000	0.000000
529	8748.000	0.000000
530	9152.000	0.000000
531	9350.000	0.000000
532	9000.000	0.000000
533	8800.000	0.000000
534	8848.000	0.000000
535	9052.000	0.000000
536	9350.000	0.000000
537	9000.000	0.000000
538	8800.000	0.000000
539	8848.000	0.000000

540	9052.000	0.000000
541	9350.000	0.000000
542	9000.000	0.000000
543	9048.000	0.000000
544	9000.000	0.000000
545	9132.000	0.000000
546	9350.000	0.000000
547	9000.000	0.000000
548	9048.000	0.000000
549	9000.000	0.000000
550	9132.000	0.000000
551	9350.000	0.000000
552	9000.000	0.000000
553	9048.000	0.000000
554	9060.000	0.000000
555	9072.000	0.000000
556	9350.000	0.000000
557	9000.000	0.000000
558	9048.000	0.000000
559	9060.000	0.000000
560	9072.000	0.000000
561	9350.000	0.000000
562	0.000000	0.1250000
563	0.000000	0.000000
564	0.000000	0.000000
565	9548.000	0.000000
566	9350.000	0.000000
567	0.000000	3.625000
568	0.000000	1.750000
569	0.000000	0.5000000
570	9648.000	0.000000
571	9450.000	0.000000
572	0.000000	0.1250000
573	0.000000	0.000000
574	0.000000	0.000000
575	9748.000	0.000000
576	9450.000	0.000000
577	0.000000	0.1250000
578	0.000000	0.000000
579	0.000000	0.5000000
580	9848.000	0.000000
581	9550.000	0.000000
582	0.000000	0.1250000
583	0.000000	0.000000
584	0.000000	0.000000
585	9716.000	0.000000
586	9498.000	0.000000
587	0.000000	1.000000
588	0.000000	2.125000
589	0.000000	0.5000000
590	9916.000	0.000000
591	9698.000	0.000000
592	0.000000	0.1250000
593	0.000000	0.000000
594	0.000000	0.000000
595	9852.000	0.000000
596	9574.000	0.000000
597	0.000000	0.1250000
598	0.000000	0.000000
599	0.000000	0.8750000
600	0.000000	0.3750000

601	9722.000	0.000000
602	9000.000	0.000000
603	8800.000	0.000000
604	8748.000	0.000000
605	8700.000	0.000000
606	8700.000	0.000000
607	9000.000	0.000000
608	8800.000	0.000000
609	8748.000	0.000000
610	8800.000	0.000000
611	8800.000	0.000000
612	9000.000	0.000000
613	8800.000	0.000000
614	8848.000	0.000000
615	8800.000	0.000000
616	8800.000	0.000000
617	9000.000	0.000000
618	8800.000	0.000000
619	8848.000	0.000000
620	8900.000	0.000000
621	8900.000	0.000000
622	9000.000	0.000000
623	9048.000	0.000000
624	9000.000	0.000000
625	8848.000	0.000000
626	8848.000	0.000000
627	9000.000	0.000000
628	9048.000	0.000000
629	9000.000	0.000000
630	9048.000	0.000000
631	9048.000	0.000000
632	9000.000	0.000000
633	9048.000	0.000000
634	9060.000	0.000000
635	8924.000	0.000000
636	8924.000	0.000000
637	9000.000	0.000000
638	9048.000	0.000000
639	9060.000	0.000000
640	9072.000	0.000000
641	9072.000	0.000000
642	9000.000	0.000000
643	8800.000	0.000000
644	8748.000	0.000000
645	8700.000	0.000000
646	8700.000	0.000000
647	9000.000	0.000000
648	8800.000	0.000000
649	8748.000	0.000000
650	8800.000	0.000000
651	8800.000	0.000000
652	9000.000	0.000000
653	8800.000	0.000000
654	8848.000	0.000000
655	8800.000	0.000000
656	8800.000	0.000000
657	9000.000	0.000000
658	8800.000	0.000000
659	8848.000	0.000000
660	8900.000	0.000000
661	8900.000	0.000000



662	9000.000	0.000000
663	0.000000	14.75000
664	9000.000	0.000000
665	8848.000	0.000000
666	8848.000	0.000000
667	9000.000	0.000000
668	0.000000	0.000000
669	9000.000	0.000000
670	9048.000	0.000000
671	9048.000	0.000000
672	9000.000	0.000000
673	0.000000	14.75000
674	0.000000	14.75000
675	8924.000	0.000000
676	8924.000	0.000000
677	9000.000	0.000000
678	0.000000	14.75000
679	0.000000	0.000000
680	9072.000	0.000000
681	9072.000	0.000000
682	0.000000	0.7500000
683	0.000000	14.75000
684	0.000000	14.75000
685	0.000000	2.000000
686	0.000000	1.250000
687	0.000000	0.000000
688	0.000000	0.000000
689	0.000000	0.000000
690	0.000000	2.000000
691	0.000000	1.250000
692	0.000000	19.25000
693	0.000000	14.75000
694	0.000000	14.75000
695	0.000000	2.000000
696	0.000000	1.250000
697	0.000000	19.25000
698	0.000000	14.75000
699	0.000000	0.000000
700	0.000000	2.000000
701	0.000000	1.250000
702	0.000000	19.25000
703	9048.000	0.000000
704	0.000000	14.75000
705	0.000000	2.000000
706	0.000000	1.250000
707	0.000000	0.000000
708	9048.000	0.000000
709	0.000000	0.000000
710	0.000000	2.000000
711	0.000000	1.250000
712	0.000000	19.25000
713	9048.000	0.000000
714	9060.000	0.000000
715	0.000000	2.000000
716	0.000000	1.250000
717	0.000000	0.000000
718	9048.000	0.000000
719	9060.000	0.000000
720	0.000000	2.000000
721	0.000000	1.250000
722	0.000000	0.000000

723	0.000000	0.000000
724	0.000000	0.000000
725	0.000000	0.000000
726	0.000000	0.000000
727	0.000000	0.000000
728	0.000000	0.000000
729	0.000000	0.000000
730	0.000000	0.000000
731	0.000000	0.000000
732	0.000000	0.000000
733	0.000000	0.000000
734	0.000000	0.000000
735	0.000000	0.000000
736	0.000000	0.000000
737	0.000000	0.000000
738	0.000000	0.000000
739	0.000000	0.000000
740	0.000000	0.000000
741	0.000000	0.000000
742	0.000000	0.000000
743	0.000000	0.000000
744	0.000000	0.000000
745	0.000000	0.000000
746	0.000000	0.000000
747	0.000000	0.000000
748	0.000000	0.000000
749	0.000000	0.000000
750	0.000000	0.000000
751	0.000000	0.000000
752	0.000000	0.000000
753	0.000000	0.000000
754	0.000000	0.000000
755	0.000000	0.000000
756	0.000000	-0.1250000
757	0.000000	0.7500000
758	0.000000	0.6250000
759	0.000000	0.5000000
760	0.000000	0.3750000
761	0.000000	0.2500000
762	0.000000	0.1250000
763	0.000000	-1.0000000
764	0.000000	-2.5000000
765	0.000000	-3.5000000
766	0.000000	-4.5000000
767	0.000000	-5.5000000
768	0.000000	-7.3750000
769	0.000000	1.0000000
770	0.000000	-0.1250000
771	0.000000	0.2500000
772	0.000000	0.1250000
773	0.000000	-0.1250000
774	0.000000	0.2500000
775	0.000000	0.1250000
776	0.000000	-0.6250000
777	0.000000	-1.7500000
778	0.000000	0.6250000
779	0.000000	-0.6250000
780	0.000000	-2.1250000
781	0.000000	0.6250000
782	0.000000	-0.1250000
783	0.000000	-0.1250000

784	0.000000	-0.1250000
785	0.000000	-0.1250000
786	0.000000	-0.6250000
787	0.000000	-0.6250000
788	0.000000	-0.6250000
789	0.000000	-0.6250000
790	0.000000	-0.2500000
791	0.000000	1.500000
792	0.000000	1.250000
793	0.000000	1.000000
794	0.000000	0.7500000
795	0.000000	0.5000000
796	0.000000	0.2500000
797	0.000000	0.000000
798	0.000000	0.000000
799	0.000000	0.000000
800	0.000000	0.000000
801	0.000000	0.000000
802	0.000000	0.000000
803	0.000000	0.000000
804	0.000000	-0.2500000
805	0.000000	0.5000000
806	0.000000	0.2500000
807	0.000000	-0.2500000
808	0.000000	0.5000000
809	0.000000	0.2500000
810	0.000000	0.000000
811	0.000000	0.000000
812	0.000000	0.000000
813	0.000000	0.000000
814	0.000000	0.000000
815	0.000000	0.000000
816	0.000000	-0.2500000
817	0.000000	-0.2500000
818	0.000000	-0.2500000
819	0.000000	-0.2500000
820	0.000000	0.000000
821	0.000000	0.000000
822	0.000000	0.000000
823	0.000000	0.000000
824	0.000000	-0.3750000
825	0.000000	2.250000
826	0.000000	1.875000
827	0.000000	1.500000
828	0.000000	1.125000
829	0.000000	0.7500000
830	0.000000	0.3750000
831	0.000000	-1.125000
832	0.000000	-14.25000
833	0.000000	-15.37500
834	0.000000	-16.50000
835	0.000000	-17.62500
836	0.000000	-15.75000
837	0.000000	1.125000
838	0.000000	-0.3750000
839	0.000000	0.7500000
840	0.000000	0.3750000
841	0.000000	-0.3750000
842	0.000000	0.7500000
843	0.000000	0.3750000
844	0.000000	-0.3750000

845	0.000000	0.7500000
846	0.000000	0.3750000
847	0.000000	-0.3750000
848	0.000000	0.7500000
849	0.000000	0.3750000
850	0.000000	-0.3750000
851	0.000000	-0.3750000
852	0.000000	-0.3750000
853	0.000000	-0.3750000
854	0.000000	-0.3750000
855	0.000000	-0.3750000
856	0.000000	-0.3750000
857	0.000000	-0.3750000
858	0.000000	0.000000
859	0.000000	-25.00000
860	0.000000	-6.500000
861	0.000000	12.00000
862	0.000000	30.50000
863	0.000000	-7.000000
864	0.000000	11.50000
865	0.000000	0.000000
866	0.000000	0.000000
867	0.000000	0.000000
868	0.000000	0.000000
869	0.000000	0.000000
870	0.000000	0.000000
871	0.000000	0.000000
872	0.000000	14.75000
873	0.000000	-29.50000
874	0.000000	-14.75000
875	0.000000	0.000000
876	0.000000	0.000000
877	0.000000	0.000000
878	0.000000	0.000000
879	0.000000	0.000000
880	0.000000	0.000000
881	0.000000	14.75000
882	0.000000	-29.50000
883	0.000000	-14.75000
884	0.000000	14.75000
885	0.000000	14.75000
886	0.000000	14.75000
887	0.000000	0.000000
888	0.000000	0.000000
889	0.000000	0.000000
890	0.000000	0.000000
891	0.000000	14.75000
892	0.000000	-0.2500000
893	0.000000	1.000000
894	0.000000	0.7500000
895	0.000000	0.5000000
896	0.000000	0.2500000
897	0.000000	0.5000000
898	0.000000	0.2500000
899	0.000000	0.000000
900	0.000000	0.000000
901	0.000000	0.000000
902	0.000000	0.000000
903	0.000000	0.000000
904	0.000000	0.000000
905	0.000000	0.000000

906	0.000000	-0.2500000
907	0.000000	-0.2500000
908	0.000000	-0.5000000
909	0.000000	-0.2500000
910	0.000000	-0.2500000
911	0.000000	-0.5000000
912	0.000000	-0.3750000
913	0.000000	0.2500000
914	0.000000	-0.1250000
915	0.000000	-0.3750000
916	0.000000	0.6250000
917	0.000000	0.2500000
918	0.000000	0.3750000
919	0.000000	0.3750000
920	0.000000	0.3750000
921	0.000000	0.3750000
922	0.000000	0.2500000
923	0.000000	0.2500000
924	0.000000	0.2500000
925	0.000000	0.2500000
926	0.000000	-0.5000000
927	0.000000	1.5000000
928	0.000000	1.0000000
929	0.000000	0.5000000
930	0.000000	0.0000000
931	0.000000	1.0000000
932	0.000000	0.5000000
933	0.000000	-0.5000000
934	0.000000	-0.2500000
935	0.000000	-0.7500000
936	0.000000	-0.5000000
937	0.000000	-0.2500000
938	0.000000	-0.7500000
939	0.000000	0.3750000
940	0.000000	0.3750000
941	0.000000	0.3750000
942	0.000000	0.3750000
943	0.000000	-0.6250000
944	0.000000	3.0000000
945	0.000000	2.3750000
946	0.000000	1.7500000
947	0.000000	1.1250000
948	0.000000	1.2500000
949	0.000000	0.6250000
950	0.000000	0.0000000
951	0.000000	0.0000000
952	0.000000	0.0000000
953	0.000000	0.0000000
954	0.000000	0.0000000
955	0.000000	0.0000000
956	0.000000	0.0000000
957	0.000000	-0.6250000
958	0.000000	-0.7500000
959	0.000000	-1.3750000
960	0.000000	-0.6250000
961	0.000000	0.0000000
962	0.000000	-0.6250000
963	0.000000	-0.7500000
964	0.000000	4.5000000
965	0.000000	3.7500000
966	0.000000	-0.7500000

967	0.000000	-0.5000000
968	0.000000	-1.250000
969	0.000000	0.6250000
970	0.000000	0.6250000
971	0.000000	0.6250000
972	0.000000	0.6250000
973	0.000000	-1.500000
974	0.000000	-1.500000
975	0.000000	-1.500000
976	0.000000	-1.500000
977	0.000000	-18.50000
978	0.000000	0.000000
979	0.000000	0.000000
980	0.000000	0.000000
981	0.000000	0.000000
982	0.000000	0.000000
983	0.000000	0.000000
984	0.000000	-3.750000
985	0.000000	-20.00000
986	0.000000	-23.75000
987	0.000000	-3.750000
988	0.000000	-20.00000
989	0.000000	-23.75000
990	0.000000	9.750000
991	0.000000	9.750000
992	0.000000	9.750000
993	0.000000	9.750000
994	1000.000	0.000000
995	2000.000	0.000000
996	650.0000	0.000000
997	650.0000	0.000000
998	650.0000	0.000000
999	1000.000	0.000000
1000	2000.000	0.000000
1001	650.0000	0.000000
1002	650.0000	0.000000
1003	650.0000	0.000000
1004	1000.000	0.000000
1005	2000.000	0.000000
1006	650.0000	0.000000
1007	650.0000	0.000000
1008	650.0000	0.000000
1009	1000.000	0.000000
1010	2000.000	0.000000
1011	650.0000	0.000000
1012	650.0000	0.000000
1013	650.0000	0.000000
1014	1000.000	0.000000
1015	1520.000	0.000000
1016	650.0000	0.000000
1017	650.0000	0.000000
1018	650.0000	0.000000
1019	1000.000	0.000000
1020	1520.000	0.000000
1021	650.0000	0.000000
1022	650.0000	0.000000
1023	650.0000	0.000000
1024	1000.000	0.000000
1025	1520.000	0.000000
1026	650.0000	0.000000
1027	650.0000	0.000000

1028	650.0000	0.000000
1029	1000.000	0.000000
1030	1520.000	0.000000
1031	650.0000	0.000000
1032	650.0000	0.000000
1033	650.0000	0.000000
1034	0.000000	0.000000
1035	0.000000	0.000000
1036	0.000000	0.000000
1037	452.0000	0.000000
1038	650.0000	0.000000
1039	0.000000	0.000000
1040	0.000000	0.000000
1041	0.000000	0.000000
1042	352.0000	0.000000
1043	550.0000	0.000000
1044	0.000000	0.000000
1045	0.000000	0.000000
1046	0.000000	0.000000
1047	252.0000	0.000000
1048	550.0000	0.000000
1049	0.000000	0.000000
1050	0.000000	0.000000
1051	0.000000	0.000000
1052	152.0000	0.000000
1053	450.0000	0.000000
1054	0.000000	0.000000
1055	0.000000	0.000000
1056	0.000000	0.000000
1057	284.0000	0.000000
1058	502.0000	0.000000
1059	0.000000	0.000000
1060	0.000000	0.000000
1061	0.000000	0.000000
1062	84.00000	0.000000
1063	302.0000	0.000000
1064	0.000000	0.000000
1065	0.000000	0.000000
1066	0.000000	0.000000
1067	148.0000	0.000000
1068	426.0000	0.000000
1069	0.000000	0.000000
1070	0.000000	0.000000
1071	0.000000	0.000000
1072	0.000000	0.000000
1073	278.0000	0.000000
1074	1000.000	0.000000
1075	1200.000	0.000000
1076	1252.000	0.000000
1077	848.0000	0.000000
1078	650.0000	0.000000
1079	1000.000	0.000000
1080	1200.000	0.000000
1081	1252.000	0.000000
1082	848.0000	0.000000
1083	650.0000	0.000000
1084	1000.000	0.000000
1085	1200.000	0.000000
1086	1152.000	0.000000
1087	948.0000	0.000000
1088	650.0000	0.000000

1089	1000.0000	0.000000
1090	1200.0000	0.000000
1091	1152.0000	0.000000
1092	948.0000	0.000000
1093	650.0000	0.000000
1094	1000.0000	0.000000
1095	952.0000	0.000000
1096	1000.0000	0.000000
1097	868.0000	0.000000
1098	650.0000	0.000000
1099	1000.0000	0.000000
1100	952.0000	0.000000
1101	1000.0000	0.000000
1102	868.0000	0.000000
1103	650.0000	0.000000
1104	1000.0000	0.000000
1105	952.0000	0.000000
1106	940.0000	0.000000
1107	928.0000	0.000000
1108	650.0000	0.000000
1109	1000.0000	0.000000
1110	952.0000	0.000000
1111	940.0000	0.000000
1112	928.0000	0.000000
1113	650.0000	0.000000
1114	0.000000	0.000000
1115	0.000000	0.000000
1116	0.000000	0.000000
1117	452.0000	0.000000
1118	650.0000	0.000000
1119	0.000000	0.000000
1120	0.000000	0.000000
1121	0.000000	0.000000
1122	352.0000	0.000000
1123	550.0000	0.000000
1124	0.000000	0.000000
1125	0.000000	0.000000
1126	0.000000	0.000000
1127	252.0000	0.000000
1128	550.0000	0.000000
1129	0.000000	0.000000
1130	0.000000	0.000000
1131	0.000000	0.000000
1132	152.0000	0.000000
1133	450.0000	0.000000
1134	0.000000	0.000000
1135	0.000000	0.000000
1136	0.000000	0.000000
1137	284.0000	0.000000
1138	502.0000	0.000000
1139	0.000000	0.000000
1140	0.000000	0.000000
1141	0.000000	0.000000
1142	84.00000	0.000000
1143	302.0000	0.000000
1144	0.000000	0.000000
1145	0.000000	0.000000
1146	0.000000	0.000000
1147	148.0000	0.000000
1148	426.0000	0.000000
1149	0.000000	0.000000



1150	0.000000	0.000000
1151	0.000000	0.000000
1152	0.000000	0.000000
1153	278.0000	0.000000
1154	1000.000	0.000000
1155	1200.000	0.000000
1156	1252.000	0.000000
1157	1300.000	0.000000
1158	1300.000	0.000000
1159	1000.000	0.000000
1160	1200.000	0.000000
1161	1252.000	0.000000
1162	1200.000	0.000000
1163	1200.000	0.000000
1164	1000.000	0.000000
1165	1200.000	0.000000
1166	1152.000	0.000000
1167	1200.000	0.000000
1168	1200.000	0.000000
1169	1000.000	0.000000
1170	1200.000	0.000000
1171	1152.000	0.000000
1172	1100.000	0.000000
1173	1100.000	0.000000
1174	1000.000	0.000000
1175	0.000000	0.000000
1176	1000.000	0.000000
1177	1152.000	0.000000
1178	1152.000	0.000000
1179	1000.000	0.000000
1180	0.000000	0.000000
1181	1000.000	0.000000
1182	952.0000	0.000000
1183	952.0000	0.000000
1184	1000.000	0.000000
1185	0.000000	0.000000
1186	0.000000	0.000000
1187	1076.000	0.000000
1188	1076.000	0.000000
1189	1000.000	0.000000
1190	0.000000	0.000000
1191	0.000000	0.000000
1192	928.0000	0.000000
1193	928.0000	0.000000
1194	0.000000	0.000000
1195	0.000000	0.000000
1196	0.000000	0.000000
1197	0.000000	0.000000
1198	0.000000	0.000000
1199	0.000000	0.000000
1200	0.000000	0.000000
1201	0.000000	0.000000
1202	0.000000	0.000000
1203	0.000000	0.000000
1204	0.000000	0.000000
1205	0.000000	0.000000
1206	0.000000	0.000000
1207	0.000000	0.000000
1208	0.000000	0.000000
1209	0.000000	0.000000
1210	0.000000	0.000000

1211	0.000000	0.000000
1212	0.000000	0.000000
1213	0.000000	0.000000
1214	0.000000	0.000000
1215	952.0000	0.000000
1216	0.000000	0.000000
1217	0.000000	0.000000
1218	0.000000	0.000000
1219	0.000000	0.000000
1220	952.0000	0.000000
1221	0.000000	0.000000
1222	0.000000	0.000000
1223	0.000000	0.000000
1224	0.000000	0.000000
1225	952.0000	0.000000
1226	940.0000	0.000000
1227	0.000000	0.000000
1228	0.000000	0.000000
1229	0.000000	0.000000
1230	952.0000	0.000000
1231	940.0000	0.000000
1232	0.000000	0.000000
1233	0.000000	0.000000
1234	1000.000	0.000000
1235	1200.000	0.000000
1236	1252.000	0.000000
1237	1300.000	0.000000
1238	1300.000	0.000000
1239	1000.000	0.000000
1240	1200.000	0.000000
1241	1252.000	0.000000
1242	1200.000	0.000000
1243	1200.000	0.000000
1244	1000.000	0.000000
1245	1200.000	0.000000
1246	1152.000	0.000000
1247	1200.000	0.000000
1248	1200.000	0.000000
1249	1000.000	0.000000
1250	1200.000	0.000000
1251	1152.000	0.000000
1252	1100.000	0.000000
1253	1100.000	0.000000
1254	1000.000	0.000000
1255	0.000000	0.000000
1256	1000.000	0.000000
1257	1152.000	0.000000
1258	1152.000	0.000000
1259	1000.000	0.000000
1260	0.000000	0.000000
1261	1000.000	0.000000
1262	952.0000	0.000000
1263	952.0000	0.000000
1264	1000.000	0.000000
1265	0.000000	0.000000
1266	0.000000	0.000000
1267	1076.000	0.000000
1268	1076.000	0.000000
1269	1000.000	0.000000
1270	0.000000	0.000000
1271	0.000000	0.000000

1272	928.0000	0.000000
1273	928.0000	0.000000
1274	0.000000	0.000000
1275	0.000000	0.000000
1276	0.000000	0.000000
1277	0.000000	0.000000
1278	0.000000	0.000000
1279	0.000000	0.000000
1280	0.000000	0.000000
1281	0.000000	0.000000
1282	0.000000	0.000000
1283	0.000000	0.000000
1284	0.000000	0.000000
1285	0.000000	0.000000
1286	0.000000	0.000000
1287	0.000000	0.000000
1288	0.000000	0.000000
1289	0.000000	0.000000
1290	0.000000	0.000000
1291	0.000000	0.000000
1292	0.000000	0.000000
1293	0.000000	0.000000
1294	0.000000	0.000000
1295	952.0000	0.000000
1296	0.000000	0.000000
1297	0.000000	0.000000
1298	0.000000	0.000000
1299	0.000000	0.000000
1300	952.0000	0.000000
1301	0.000000	0.000000
1302	0.000000	0.000000
1303	0.000000	0.000000
1304	0.000000	0.000000
1305	952.0000	0.000000
1306	940.0000	0.000000
1307	0.000000	0.000000
1308	0.000000	0.000000
1309	0.000000	0.000000
1310	952.0000	0.000000
1311	940.0000	0.000000
1312	0.000000	0.000000
1313	0.000000	0.000000
1314	0.000000	0.000000
1315	800.0000	0.000000
1316	198.0000	0.000000
1317	0.000000	0.000000
1318	0.000000	0.000000
1319	0.000000	0.000000
1320	800.0000	0.000000
1321	198.0000	0.000000
1322	0.000000	0.000000
1323	0.000000	0.000000
1324	0.000000	0.000000
1325	800.0000	0.000000
1326	298.0000	0.000000
1327	0.000000	0.000000
1328	0.000000	0.000000
1329	0.000000	0.000000
1330	800.0000	0.000000
1331	298.0000	0.000000
1332	0.000000	0.000000

1333	0.000000	0.000000
1334	0.000000	0.000000
1335	568.0000	0.000000
1336	218.0000	0.000000
1337	0.000000	0.000000
1338	0.000000	0.000000
1339	0.000000	0.000000
1340	568.0000	0.000000
1341	218.0000	0.000000
1342	0.000000	0.000000
1343	0.000000	0.000000
1344	0.000000	0.000000
1345	568.0000	0.000000
1346	278.0000	0.000000
1347	0.000000	0.000000
1348	0.000000	0.000000
1349	0.000000	0.000000
1350	568.0000	0.000000
1351	278.0000	0.000000
1352	0.000000	0.000000
1353	0.000000	0.000000
1354	0.000000	0.000000
1355	0.000000	0.000000
1356	0.000000	0.000000
1357	0.000000	0.000000
1358	0.000000	0.000000
1359	0.000000	0.000000
1360	0.000000	0.000000
1361	0.000000	0.000000
1362	0.000000	0.000000
1363	0.000000	0.000000
1364	0.000000	0.000000
1365	0.000000	0.000000
1366	0.000000	0.000000
1367	0.000000	0.000000
1368	0.000000	0.000000
1369	0.000000	0.000000
1370	0.000000	0.000000
1371	0.000000	0.000000
1372	0.000000	0.000000
1373	0.000000	0.000000
1374	0.000000	0.000000
1375	0.000000	0.000000
1376	0.000000	0.000000
1377	0.000000	0.000000
1378	0.000000	0.000000
1379	0.000000	0.000000
1380	0.000000	0.000000
1381	0.000000	0.000000
1382	0.000000	0.000000
1383	0.000000	0.000000
1384	0.000000	0.000000
1385	0.000000	0.000000
1386	0.000000	0.000000
1387	0.000000	0.000000
1388	0.000000	0.000000
1389	0.000000	0.000000
1390	0.000000	0.000000
1391	0.000000	0.000000
1392	0.000000	0.000000
1393	0.000000	0.000000

1394	0.000000	0.000000
1395	0.000000	0.000000
1396	0.000000	0.000000
1397	0.000000	0.000000
1398	0.000000	0.000000
1399	0.000000	0.000000
1400	0.000000	0.000000
1401	0.000000	0.000000
1402	0.000000	0.000000
1403	0.000000	0.000000
1404	0.000000	0.000000
1405	0.000000	0.000000
1406	0.000000	0.000000
1407	0.000000	0.000000
1408	0.000000	0.000000
1409	0.000000	0.000000
1410	0.000000	0.000000
1411	0.000000	0.000000
1412	0.000000	0.000000
1413	0.000000	0.000000
1414	0.000000	0.000000
1415	0.000000	0.000000
1416	0.000000	0.000000
1417	0.000000	0.000000
1418	0.000000	0.000000
1419	0.000000	0.000000
1420	0.000000	0.000000
1421	0.000000	0.000000
1422	0.000000	0.000000
1423	0.000000	0.000000
1424	0.000000	0.000000
1425	0.000000	0.000000
1426	0.000000	0.000000
1427	0.000000	0.000000
1428	0.000000	0.000000
1429	0.000000	0.000000
1430	0.000000	0.000000
1431	0.000000	0.000000
1432	0.000000	0.000000
1433	0.000000	0.000000
1434	0.000000	0.000000
1435	0.000000	0.000000
1436	0.000000	0.000000
1437	0.000000	0.000000
1438	0.000000	0.000000
1439	0.000000	0.000000
1440	0.000000	0.000000
1441	0.000000	0.000000
1442	0.000000	0.000000
1443	0.000000	0.000000
1444	0.000000	0.000000
1445	0.000000	0.000000
1446	0.000000	0.000000
1447	0.000000	0.000000
1448	0.000000	0.000000
1449	0.000000	0.000000
1450	0.000000	0.000000
1451	0.000000	0.000000
1452	0.000000	0.000000
1453	0.000000	0.000000
1454	0.000000	0.000000

1455	0.000000	0.000000
1456	0.000000	0.000000
1457	0.000000	0.000000
1458	0.000000	0.000000
1459	0.000000	0.000000
1460	0.000000	0.000000
1461	0.000000	0.000000
1462	0.000000	0.000000
1463	0.000000	0.000000
1464	0.000000	0.000000
1465	0.000000	0.000000
1466	0.000000	0.000000
1467	0.000000	0.000000
1468	0.000000	0.000000
1469	0.000000	0.000000
1470	0.000000	0.000000
1471	0.000000	0.000000
1472	0.000000	0.000000
1473	0.000000	0.000000
1474	0.000000	0.000000
1475	0.000000	0.000000
1476	0.000000	0.000000
1477	0.000000	0.000000
1478	0.000000	0.000000
1479	0.000000	0.000000
1480	0.000000	0.000000
1481	0.000000	0.000000
1482	0.000000	0.000000
1483	0.000000	0.000000
1484	0.000000	0.000000
1485	0.000000	0.000000
1486	0.000000	0.000000
1487	0.000000	0.000000
1488	0.000000	0.000000
1489	0.000000	0.000000
1490	0.000000	0.000000
1491	0.000000	0.000000
1492	0.000000	0.000000
1493	0.000000	0.000000
1494	0.000000	0.000000
1495	0.000000	0.000000
1496	0.000000	0.000000
1497	0.000000	0.000000
1498	0.000000	0.000000
1499	0.000000	0.000000
1500	0.000000	0.000000
1501	0.000000	0.000000
1502	0.000000	0.000000
1503	0.000000	0.000000
1504	0.000000	0.000000
1505	0.000000	0.000000
1506	0.000000	0.000000
1507	0.000000	0.000000
1508	0.000000	0.000000
1509	0.000000	0.000000
1510	0.000000	0.000000
1511	0.000000	0.000000
1512	0.000000	0.000000
1513	0.000000	0.000000
1514	0.000000	0.000000
1515	0.000000	0.000000

---

1516	0.000000	0.000000
1517	0.000000	0.000000
1518	0.000000	0.000000
1519	0.000000	0.000000
1520	0.000000	0.000000
1521	0.000000	0.000000
1522	0.000000	0.000000
1523	0.000000	0.000000
1524	0.000000	0.000000
1525	0.000000	0.000000
1526	0.000000	0.000000
1527	0.000000	0.000000
1528	0.000000	0.000000
1529	0.000000	0.000000
1530	0.000000	0.000000
1531	0.000000	0.000000
1532	0.000000	0.000000
1533	0.000000	0.000000
1534	0.000000	0.000000
1535	0.000000	0.000000
1536	0.000000	0.000000
1537	0.000000	0.000000
1538	0.000000	0.000000
1539	0.000000	0.000000
1540	0.000000	0.000000
1541	0.000000	0.000000
1542	0.000000	0.000000
1543	0.000000	0.000000
1544	0.000000	0.000000
1545	0.000000	0.000000
1546	0.000000	0.000000
1547	0.000000	0.000000
1548	0.000000	0.000000
1549	0.000000	0.000000
1550	0.000000	0.000000
1551	0.000000	0.000000
1552	0.000000	0.000000
1553	0.000000	0.000000

## Anhang III: Daten und Lösungsstatus Beispiel 2

### Programmierung der Daten Beispiel 2

```
Prodstandort= 11 12;
Lager= 21 22;
Grosshandel= 31 32;
Kunde= 41;
Produkt= 1;
Time= 1 2 3 4 5 ;
Szenario= 1 2 3 4 5 6 7 8;
Transportmittel= 1 ;
p = 120;
ctf = 5;
cf = 30;
cp = 5 4;
PK = 1 3;
cl1 = 3 2;
cl2 = 3;
cl3 = 2 2;
KapP = 1500 1300 600 800 550
      1500 1200 450 700 450;
KapL1 = 250 250 250 250 250
      250 250 250 250 250;
KapL2 = 400 400 400 400 400
      400 400 400 400 400;
KapL3 = 400 400 400 400 400
      200 200 200 200 200;
KapT1 = 10000;
KapT2 = 10000;
KapT3 = 10000;

ctv1 = 2;
ctv2 = 3;
ctv3 = 2;

WK = 0.125;
D = 1000 1200 1252 1300 1300
    1000 1200 1252 1200 1200
    1000 1200 1152 1200 1200
    1000 1200 1152 1100 1100
    1000 952 1000 1152 1152
    1000 952 1000 952 952
    1000 952 940 1076 1076
    1000 952 940 928 928;
```



**Solver Status Beispiel 2**

The image shows a screenshot of the LINGO 11.0 Solver Status window for a model named 'Modell\_S\_2'. The window is divided into several sections displaying various solver statistics and status information.

Solver Status	
Model Class:	ILP
State:	Global Opt
Objective:	575724
Infeasibility:	2.41045e-013
Iterations:	507653294

Variables	
Total:	1000
Nonlinear:	0
Integers:	240

Constraints	
Total:	1958
Nonlinear:	0

Nonzeros	
Total:	4818
Nonlinear:	0

Extended Solver Status	
Solver Type	B-and-B
Best Obj:	575724
Obj Bound:	575725
Steps:	115711379
Active:	47245

Generator Memory Used (K)	
	419

Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
	99:55:47

Update Interval:

**Abbildung 8: Solver Status Beispiel 2**

## Literaturverzeichnis

- ADAM, DIETRICH (2000): Investitionscontrolling, 3., völlig neu bearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage, München et al. 2000.
- ADAM, DIETRICH (1996): Planung und Entscheidung, 4. Auflage, Wiesbaden 1996.
- ADAM, DIETRICH; WITTE, TH. (1975): Betriebswirtschaftliche Modelle: Aufgabe, Aufbau, Eignung, in: WISU, 75. Jahrgang 1975, S. 369 – 371.
- ADAM, DIETRICH; WITTE, TH. (1976): Typen betriebswirtschaftlicher Modelle, in: WISU, 76. Jahrgang 1976, S. 1 - 5.
- ALMEDER, CHRISTIAN; PREUSSER, MARGARETHA; HARTL, RICHARD F. (2009): Simulation and optimization of supply chains: alternative or complementary approaches?, in: OR Spectrum, Vol. 31 (2009), S. 95 – 119.
- ALVAREZ, M.; CUEVAS, C.M.; ESCUERDO, L.F.; DE LA FUENTE, J.L.; GARCIA, C.; PRIETO, F.J. (1994): Network Planning Under Uncertainty with an Application to Hydro-power Generation, in: TOP, Vol. 2 (1994), S. 25 – 58.
- AXSÄTER, SVEN (2010): A capacity constrained production-inventory system with stochastic demand and production times, in: International Journal of Production Research, Vol. 48 (2010), S. 6203 – 6209.
- BAMBERG, GÜNTER; COENENBERG, ADOLF GERHARD; KRAPP, MICHAEL (2008): Betriebliche Entscheidungslehre, 14., überarbeitete Auflage, München 2008.
- BRANDIMARTE, PAOLO (2006): Multi-item capacitated lot-sizing with demand uncertainty, in: International Journal of Production Research, Vol. 44 (2006), S. 2997 – 3022.
- BISWAS, S.; NARAHARI, Y. (2004): Object oriented modeling and decision support for supply chains, in: European Journal of Operational Research, Vol. 153 (2004), S. 704 – 726.
- BÜHLER, WOLFGANG; DICK, REINER (1973): Stochastische lineare Optimierung Chance-Constrained-Modell und Kompensationsmodell, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Vol. 43 (1973), S. 101 – 120.

- CHEN, KEBING; XIAO, TIAOJUN (2009): Demand disruption and coordination of the supply chain with a dominant retailer, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 191 (2009), S. 225 – 234.
- CHEUNG, RAYMOND K.-M.; POWELL, WARREN B. (1996): Models and Algorithms for Distribution Problems with Uncertain Demands, in: *Transportation Science*, Vol. 30 (1996), S. 43 – 59.
- COHEN, MORRIS A.; LEE, HAU L. (1988): Strategic Analysis Of Integrated Production-Distribution Systems: Models And Methods, in: *Operations Research*, Vol. 30 (1988), S. 216 – 228.
- CORSTEN, HANS; GÖSSINGER, RALF (2001): *Einführung in das Supply Chain Management*, München et al. 2001.
- DANTZIG, GEORGE B. (1955): Linear Programming Under Uncertainty, in: *Management Science*, Vol. 1 (1955), S. 197 – 206.
- DATTA, PARTHA PRIYA; CHRISTOPHER, MARTIN G. (2011): Information sharing and coordination mechanisms for managing uncertainty in supply chains: a simulation study, in: *International Journal of Production Research*, Vol. 49 (2011), S. 765 – 803.
- DOMSCHKE, WOLFGANG; DREXL, ANDREAS (1995): *Einführung in Operations Research*, 3., verbesserte und erweiterte Auflage, Berlin et al. 1995.
- DOMSCHKE, WOLFGANG; SCHOLL, ARMIN (2005): *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht*, 3. Auflage, Berlin et al. 2005.
- DUDEK, GREGOR; STADTLER, HARTMUT (2005): Negotiation-based collaborative planning between supply chain partners, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 163 (2005), S. 668 – 687.
- ESCUERDO, L.F.; GALINDO, E.; CARCIA, G.; GÓMEZ, E.; SABAU, V. (1999): Schumann, a modeling framework for supply chain management under uncertainty, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 119 (1999), S. 14 – 34.

- FISHER, M.; HAMMOND, J.; OBERMEYER, W.; RAMAN, A. (1997): Configuring A Supply Chain To Reduce The Cost Of Demand Uncertainty, in: *Production and Operations Management*, Vol. 6 (1997), S. 211 – 225.
- FRASCATORE, MARK R.; MAHMOODI, FARZAD (2008): Long-term penalty contracts in a two-stage supply chain with stochastic demand, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 184 (2008), S. 147 – 156.
- GALASSO, F.; MERCÉ, C.; GRABOT, B. (2009): Decision support framework for supply chain planning with flexible demand, in: *International Journal of Production Research*, Vol. 47 (2009), S. 455 – 478.
- GEOFFRION, A.M.; GRAVES, G.W. (1974): Multicommodity Distribution Systems Design By Benders Decomposition, in: *Management Science*, Vol. 20 (1974), S. 822 – 844.
- GRAVES, STEPHEN C.; TOMLIN, BRIAN T. (2003): Process Flexibility in Supply Chains, in: *Management Science*, Vol. 49 (2003), S. 907 – 919.
- GUPTA, ANSHUMAN; MARANAS, COSTAS D. (2003): Managing demand uncertainty in supply chain planning, in: *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 27 (2003), S. 1219 – 1227.
- GUPTA, ANSHUMAN; MARANAS, COSTAS D. (2000): A Two-Stage Modeling and Solution Framework for Multisite Midterm Planning under Demand Uncertainty, in: *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 39 (2000), S. 3799 – 3813.
- HILLIER, FREDERICK S.; LIEBERMANN, GERALD J. (2002): *Operations Research*, 5. Auflage, München et al. 2002.
- HSIEH, CHUNG-CHI; WU, CHENG-HAN (2009): Coordinated decisions for substitutable products in a common retailer supply chain, in: *European Journal of Operational Research*, Vol. 196 (2009), S. 273 – 288.
- IVANOV, DMITRY (2010): An adaptive framework for aligning (re)planning decisions on supply chain strategy, design, tactics, and operations, in: *International Journal of Production Research*, Vol. 48 (2010), S. 3999 – 4017.

- KAHLE, EGBERT (1997): Betriebliche Entscheidungen. Lehrbuch zur Einführung in die betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage, R. München et al. 1997.
- KLINGELHÖFER, HEINZ ECKART (2003): Investitionsbewertung auf unvollkommenen Kapitalmärkten unter Unsicherheit, in: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 55. Jahrgang 2003, S. 279 – 305.
- LAUX, HELMUT (2007): Entscheidungstheorie, 7., überarbeitete und erweiterte Auflage, Berlin et al. 2007.
- LEE, HAU L.; BILLINGTON, COREY (1993): Material Management In Decentralized Supply Chains, in: Operations Research, Vol. 41 (1993), S. 835 – 847.
- LIANG, TIEN-FU (2007): Applying fuzzy goal programming to production/transportation planning decisions in a supply chain, in: International Journal of Systems Science, Vol. 38 (2007), S. 293 – 304.
- LINDO SYSTEMS INC. (2010): Lingo user's guide, Chicago 2010.
- LINDO SYSTEMS INC. (2008): Lingo user's guide, Chicago 2008.
- MARTIN, HEINRICH (2007): Transport- und Lagerlogistik, 7., erweiterte und aktualisierte Auflage, Wiesbaden 2009.
- ÖZDAMAR, LINET; YAZGAÇ, TÜLIN (1999), A hierachical planning approach for a production-distribution system, in: International Journal of Production Research, Vol. 37 (1999), S. 3759 – 3772.
- PERRIDON, LOUIS; STEINER, MANFRED; RATHGEBER, ANDREAS (2009): Finanzwirtschaft der Unternehmung, München 2009.
- PETKOV, SPAS B.; MARANAS, COSTAS D. (1997): Multiperiod Planning and Scheduling of Multiproduct Batch Plants under Demand Uncertainty, in: Industrial and Engineering Chemistry Research, Vol. 36 (1997), S. 4864 – 4881.
- PETROVIC, DOBRILA; ROY, RAJAT; PETROVIC, RADIVOJ (1998): Modelling and simulation of a supply chain in uncertain environment, in: European Journal of Operational Research, Vol. 109 (1998), S. 299 – 309.

- QUANTE, RAINER; MEYR, HERBERT; FLEISCHMANN, MORITZ (2009): Revenue management and demand fulfillment: matching applications, models, and software, in: OR Spectrum, Vol. 31 (2009), S. 31 – 62.
- RIEPER, BERND (1992): Betriebswirtschaftliche Entscheidungsmodelle. Grundlagen, Herne et al. 1992.
- ROHDE, JENS; MEYR, HERBERT; WAGNER, MICHAEL (2000): Die Supply Chain Planning Matrix, in: PPS-Management, Vol. 5 (2000), S. 10 – 15.
- ROLLBERG, ROLAND (2001): Integrierte Unternehmensplanung, 1. Auflage, Wiesbaden 2001.
- SAHINIDIS, NIKOLAOS V. (2004): Optimization under uncertainty: stat-of-the-art and opportunities, in: Computers and Chemical Engineering, Vol. 28 (2004), S. 971 – 983.
- SANTOSO, T.; AHMED, S.; GOETSCHALCKX, M.; SHAPIRO, A. (2005): A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty, in: European Journal of Operational Research, Vol. 167 (2005), S. 96 – 115.
- STADTLER, HARTMUT (2010): Supply Chain Management – Ein Überblick, in: STADTLER, HARTMUT; KILGER, CHRISTOPH; MEYR, HERBERT (Hrsg.): Supply Chain Management und Advanced Planning, Berlin et al. 2010.
- STEGER, JOHANN (2006): Kosten und Leistungsrechnung, 4., überarbeitete Auflage, München 2006.
- STEINRÜCKE, MARTIN (2011): Integrierte Produktions-, Distributions- und Terminplanung in globalen Supply Chains, in: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Vol. 63 (2011), S. 19 – 47.
- STERMAN, JOHN D. (1989): Modeling Managerial Behavior: Misperceptions Of Feedback In A Dynamic Decision Making Experiment, in: Management Science, Vol. 35 (1989), S. 321 – 339.
- SUCKY, ERIC (2004): Coordinated order and production policies in supply chains, in: OR Spectrum, Vol. 26 (2004), S. 493 – 520.

- TEMPLEMEIER, HORST; HERPERS, SASCHA (2010):  $ABC_\beta$  – a heuristic for dynamic capacitated lot sizing with random demand under a fill rate constraint, in: International Journal of Production Research, Vol. 48 (2010), S. 5181 – 5193.
- THORN, JENS (2002): Taktisches Supply Chain Planning: Planungsunterstützung durch deterministische und stochastische Optimierungsmodelle, Frankfurt a.M. 2002.
- VAN KAMPEN, TIM J.; VAN DONK, DIRK PIETER; VAN DER ZEE, DURK-JOUKE (2010): Safety stock or safety lead time: coping with unreliability in demand and supply, in: International Journal of Production Research, Vol. 48 (2010), S. 7463 – 7481.
- VON LANZENAUER, CHRISTOPH HAELING; PILZ-GLOMBIK, KARSTEN (2002): Coordinating supply chain decisions: an optimization model, in: OR Spectrum, Vol. 24 (2002), S. 59 – 78.
- WERNERS, BRIGITTE; THORN, JENS (2002): Supply Chain Planning bei Nachfrageunsicherheit, in: PPS Management, Vol. 7 (2002), S. 51 – 54.
- YANG, B.; BURNS, N. D.; BACKHOUSE, C. J. (2004): Management of uncertainty through postponement, in: International Journal of Production Research, Vol. 42 (2004), S. 1049 – 1064.
- ZANJANI, MASOUMEH K.; NOURELFATH, MUSTAPHA, AIT-KADI, DAOUD (2010): A multi-stage stochastic programming approach for production planning with uncertainty in the quality of raw materials and demand, in International Journal of Production Research, Vol. 48 (2010), S. 4701 – 4723.