

Carsten Deckert / David Rehberg / Pia Rütten

Beer Inventory Game

Entwicklung und Realisierung eines Planspiels
zur Simulation selektiver Lagerhaltungsstrategien
im Distributionsnetzwerk



03

2017

WORKING PAPER

CBS Working Paper Series, ISSN 2195-6618

Editor: Cologne Business School

E-Mail: wps@cbs.de

Copyright:

Text, tables and figures of this paper are the intellectual property of the author. They may be copied, distributed or displayed on the condition that they are attributed to him and to this publication.

Cologne Business School
Hardefuststr. 1
50677 Cologne, Germany

T: 0800 580 80 90 (Free of charge from German landlines and mobile phones)
F: +49 (221) 93 18 09 30

info@cbs.de
www.cbs.de



**Beer Inventory Game –
Entwicklung und Realisierung eines Planspiels
zur Simulation selektiver
Lagerhaltungsstrategien im
Distributionsnetzwerk**

Carsten Deckert / David Rehberg / Pia Rütten



Kurzfassung

Das vorliegende Working Paper beschreibt die Entwicklung eines Planspiels zur Simulation selektiver Lagerhaltungsstrategien im Distributionsnetzwerk. Die Gestaltung der Distributionsstruktur hat Auswirkungen auf den Lieferservice und die Kosten (Standort-, Bestands- und Transportkosten), die im Planspiel simuliert werden können. Dabei werden insbesondere Aspekte der zentralen und dezentralen Lagerung sowie der Bestandsbündelung und des Sicherheitsbestandes vermittelt. Das Planspiel wurde in MS Excel umgesetzt und in zwei Kursen getestet – in einem Bachelor- und einem MBA-Kurs. Trotz der geringen Komplexität wurde eine vertiefte Lernerfahrung der Studierenden erzielt, die sich durch das selbsttätige Ausprobieren und den Spielspaß bei der Lösungssuche ergab.

Abstract

The paper at hand describes the development of a business game to simulate selective storage strategies in distribution networks. The configuration of a distribution network influences the delivery service and the distribution cost (facility, inventory and transportation cost) which can be simulated in the business game. Thereby the aspects of central or decentralized inventory, the pooling of demand and the determination of safety stock can be conveyed. The business game was developed in MS Excel and tested in two courses – one on a Bachelor level, the other on an MBA level. Despite the low complexity of the game a thorough understanding could be achieved by the students, since they had to find the solution own their own and the game seemed to have been fun to play.



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen von Distributionsstrukturen	5
2.1. Lagerstufen	5
2.2. Zentralisierungsgrad	7
2.3. Bestandsbündelung und Bestimmung des Sicherheitsbestands	12
2.4. Selektive Lagerhaltung und Bestimmung von Produktkategorien ...	16
3. Konzeption und Realisierung des Planspiels	20
3.1. Art des Planspiels	20
3.2. Spielaufbau	23
3.3. Aufbau des Excel-Tools	26
4. Test des Planspiels	31
4.1. Erster Testlauf (MBA-Kurs)	32
4.2. Zweiter Testlauf (BA-Kurs)	33
5. Schlussfolgerung	35
6. Danksagung	37
Literaturverzeichnis	38



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lagerstufen	7
Abb. 2: Vor- und Nachteile zentraler und dezentraler Lagerhaltung	8
Abb. 3: Distributionskosten	10
Abb. 4: Sicherheitsbestand zu Anzahl Lagerstandorte	13
Abb. 5: Lagerabgangsverteilung als Gaußsche Glockenkurve	14
Abb. 6: Selektive Lagerhaltung	17
Abb. 7: ABC-/XYZ-Matrix	19
Abb. 8: Überblick über Planspielarten	22
Abb. 9: Räumliche Anordnung von Zentrallager und Auslieferungsregionen	24
Abb. 10: Eingabemaske	26
Abb. 11: Ansicht „Kosten“	27
Abb. 12: Ansicht „Rohdaten“	30
Abb. 13: Ansicht „Nachgefragte Mengen“	30

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Sicherheitsfaktor für unterschiedliche Sicherheitsgrade	16
--	----



1. Einleitung

Der downstream-gerichtete Güterfluss eines Unternehmens wird normalerweise in die drei Hauptphasen Beschaffung, Produktion und Distribution eingeteilt (siehe z.B. Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, Kummer, Grün & Jammernegg 2013, Pfohl 2010, Schulte 2009, Wannewetsch 2010, SCC 2010). Der Distribution kommt dabei als Schnittstelle zwischen Unternehmen und Kunden eine hohe Bedeutung zu. Distributionslogistik kann definiert werden als „alle Güter- und Informationsflüsse von der Fertigstellung der Güter bis zur Annahme der Güter durch die Kunden“ (Kummer, Grün & Jammernegg 2013, S. 388) bzw. „alle Aktivitäten, die in einem Zusammenhang mit der Belieferung des Kunden mit Fertigfabrikaten und Handelsware stehen“ (Pfohl 2010, S. 198). 20 % bis 30 % der Logistikkosten werden durch die Distributionslogistik verursacht. Branchen mit den höchsten Kosten der Distributionslogistik sind die Automobilindustrie, Groß- und Einzelhandel sowie die Konsumgüterindustrie (Koether 2012, S. 24 f.).

Ein wesentliches Kennzeichen der Distributionsstruktur eines Unternehmens ist die Anzahl der Lagerstufen, d.h. die Anzahl der Lager, die auf dem Weg von der Produktion zum Kunden durchlaufen werden (Kummer, Grün & Jammernegg 2013, S. 391). Die Lagerhäuser können hier neben der Zeitüberbrückung auch Funktionen der Auflösung oder Bündelung des Güterflusses wahrnehmen (Pfohl 2010, S. 6). In diesem Zusammenhang ist insbesondere der Zentralisierungsgrad von besonderer Bedeutung, also der Grad, zu dem zentrale Bestände gebündelt vorgehalten und Waren aus diesem Zentralbestand heraus ausgeliefert werden (Gleißner & Fermling 2012, S. 193). Der Zentralisierungsgrad hat sowohl Auswirkungen auf den Kundenservice als auch auf die dadurch entstehenden Kosten. Faktoren des Kundenservice, die durch die Distributionsstruktur festgelegt werden, sind Lieferzeit, Produktvielfalt und -verfügbarkeit, Kundenerlebnis, Time-to-



Market, Transparenz der Auftragsabwicklung und Möglichkeiten der Rückgabe (Retourenlogistik). Die Kosten der Distribution gliedern sich i.W. in Transport-, Bestands- und Standortkosten (Chopra & Meindl 2014, S. 104).

Die gewählte Distributionsstruktur ist abhängig von den Kostendegressionspotenzialen des jeweiligen Transport- und Lagersystems und damit von den Gegebenheiten der Branche. Generell besteht oft eine Tendenz zu zentralisierten Distributionsstrukturen, um die Lagerkosten gering zu halten (Lüpschen 2004, S. 61 ff.). Die Distributionskette in der Konsumgüterindustrie ist beispielsweise oft dadurch gekennzeichnet, dass die Hersteller aus einem zentralen Versandlager an wenige Lager und Umschlagstationen des Handels liefern, in denen die Waren neu zusammengestellt und an die Filialen versandt werden (Gudehus 2012b, S. 998). So setzt die Firma Henkel z.B. derzeit auf ein auf 90.000 Paletten ausgelegtes Zentrallager am Hauptbetriebsstandort in Düsseldorf Holthausen zur Belieferung ihrer Handelskunden im Segment Laundry & Home Care (Henkel 2014).

Durch eine dezentrale Lagerung lassen sich die Transportkosten verringern. Zusätzlich zu diesen Kostenerwägungen spielt bei der Wahl einer Distributionsstruktur ebenfalls der Kosten-Service-Trade-Off eine Rolle (Lüpschen 2004, S. 63). Eine Studie der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS (Veres-Homm et al. 2015) kommt beispielsweise u.a. zu dem Ergebnis, dass im deutschen E-Commerce derzeit eine Abkehr von der zentralen Ausrichtung und eine Regionalisierung der Lagerstrukturen stattfindet. Ein Grund für diese Entwicklung ist die hohe Bedeutung des Lieferservice und insbesondere der Lieferzeit, die sich z.B. in Same-Day-Delivery Angeboten widerspiegelt.

Durch selektive Lagerhaltung können in einer bestehenden Distributionsstruktur für unterschiedliche Produkte an die bestehenden Anforderungen angepasste



Bevorratungsorte und Auslieferungswege festgelegt werden. Dies kann insbesondere über selektive Bevorratung erreicht werden, d.h. durch die zentrale oder dezentrale Lagerung je nach Charakteristika des Produktes und Anforderungen der Kunden (Gleißner & Femerling 2012, S. 194).

Im Rahmen des Seminars „Strategisches Supply Chain Management“ des Studiengangs General Management (Jahrgang BA GM 14) wurde daher ein Unternehmensplanspiel zur Simulation selektiver Lagerhaltungsstrategien im Distributionsnetzwerk geplant und entwickelt. Das computergestützte Planspiel wurde auf Basis eines Excel-Tools realisiert. Dabei wurde explizit nicht das Ziel einer Optimierungsrechnung durch ein Operations Research-Modell verfolgt, sondern ein einfaches Werkzeug zur Simulation verschiedener Distributions-Szenarien angestrebt. Damit neben der Fach- und praktischen Methodenkompetenz auch die Sozialkompetenz verbessert werden kann, wurde das Planspiel als Gruppenspiel konzipiert. Im Rahmen der Fach- und Methodenkompetenz sollen logistische Grundwerkzeuge wie z.B. die ABC-Analyse geübt sowie die grundsätzlichen Zusammenhänge von Distributionsstrukturen vermittelt werden.

Im Spiel werden die Möglichkeiten zur Gestaltung einer Distributionsstruktur einer Brauerei simuliert. Inhaltlich sollen dabei Entscheidungen über die zentrale oder dezentrale Lagerung unterschiedlicher Produktkategorien geübt werden. Als Erkenntnisse sollen die Mechanismen der Transport- und Bestandsbündelung sowie die Auswirkungen von Lagerentscheidungen auf die Distributionskosten und den Lieferservice vermittelt werden. Die Erkenntnisse sollen dabei spielerisch durch eigenes Erproben der Spielteilnehmer am Simulationsmodell erworben werden. Der Nutzen des Planspiels liegt damit in der vertieften Erkenntnis der bereits in der Vorlesung behandelten Grundlagen der Distribution. Das Spiel wurde in Anlehnung an das bekannte „Beer Distribution Game“ der MIT Sloan Management School und das bereits mit dem Jahrgang BA GM 13 im Rahmen



des Seminars „Strategisches Supply Chain Management“ entwickelte „Beer Picking Game“ zur Simulation eines Kommissionierbereichs (Deckert et al. 2016) „Beer Inventory Game“ genannt.

Das vorliegende Working Paper beschreibt das Vorgehen und die wesentlichen Erkenntnisse bei der Planung und Entwicklung des Planspiels. In Kapitel 2 werden zunächst die Grundlagen von Distributionsstrukturen dargestellt. Dazu gehören die Beschreibung von Lagerstufen und Zentralisierungsgrad sowie die Auswirkungen von zentraler und dezentraler Lagerung auf den Kundenservice und die Distributionskosten. Hierbei werden insbesondere der Effekt der Bestandsbündelung und die Bestimmung des Sicherheitsbestands sowie die selektive Lagerhaltung und die Bestimmung von Produktkategorien behandelt. Anschließend werden in Kapitel 3 Konzeption und Realisierung des Planspiels beschrieben. Neben der Einordnung und Begründung der Art des Planspiels werden sowohl der generelle Spielaufbau als auch der Aufbau des Excel-Tools mit den zugrundeliegenden Formeln und Spieldaten erläutert. Ebenso werden die Spielszenarien mit ihren Spielabläufen und Lernzielen behandelt. In Kapitel 4 erfolgt die Beschreibung zweier Testläufe des Planspiels mit unterschiedlichen Gruppen Studierender aus den MBA- und Bachelorprogrammen der Cologne Business School (CBS) sowie die sich daraus ergebenden inhaltlichen und didaktischen Erkenntnisse. Abschließend werden im Rahmen des letzten Kapitels Nutzen, Beschränkungen und mögliche Erweiterungen des Planspiels diskutiert.



2. Grundlagen von Distributionsstrukturen

Kennzeichnend für eine Distributionsstruktur ist die Anzahl der Lagerstufen vom Produzenten zum Kunden. Dabei spielt insbesondere der Zentralisierungsgrad eine entscheidende Rolle. Im Folgenden werden daher die üblichen Lagerstufen der Distribution und der Zentralisierungsgrad dargestellt. Außerdem werden die Auswirkungen von zentralen oder dezentralen Beständen auf den Lieferservice und die Distributionskosten betrachtet. Dabei werden insbesondere der Effekt der Bestandsbündelung und die Frage nach der Bestimmung von Sicherheitsbeständen betrachtet. Abschließend wird das Konzept der selektiven Lagerhaltung beschrieben.

2.1. Lagerstufen

Das Lagermanagement umfasst alle Aktivitäten des Lagerbestands- sowie des Lagerhausmanagements. Zu den Aufgaben der Lagerhaltung (Lagerbestandsmanagement) zählen die Artikelstrukturierung sowie die Ermittlung des Bedarfes, des Sicherheitsbestandes, der optimalen Bestellmenge und des Bestellzeitpunktes (Deckert 2015, S.15). Für die Distributionsstruktur ist außerdem die Lagerstufenbestimmung von Relevanz. Bei der Bestimmung der Lagerstufen wird der Materialfluss über unterschiedliche Lager verteilt, um das Ziel der Kostenoptimierung bei angestrebtem Servicelevel zu erreichen. Die Lagerhäuser dienen hierbei nicht nur der Zeitüberbrückung und dem Ausgleich von Nachfrageschwankungen, sondern können auch Funktionen der Bündelung und Auflösung von Warenflüssen wahrnehmen (Pfohl 2010, S. 6).



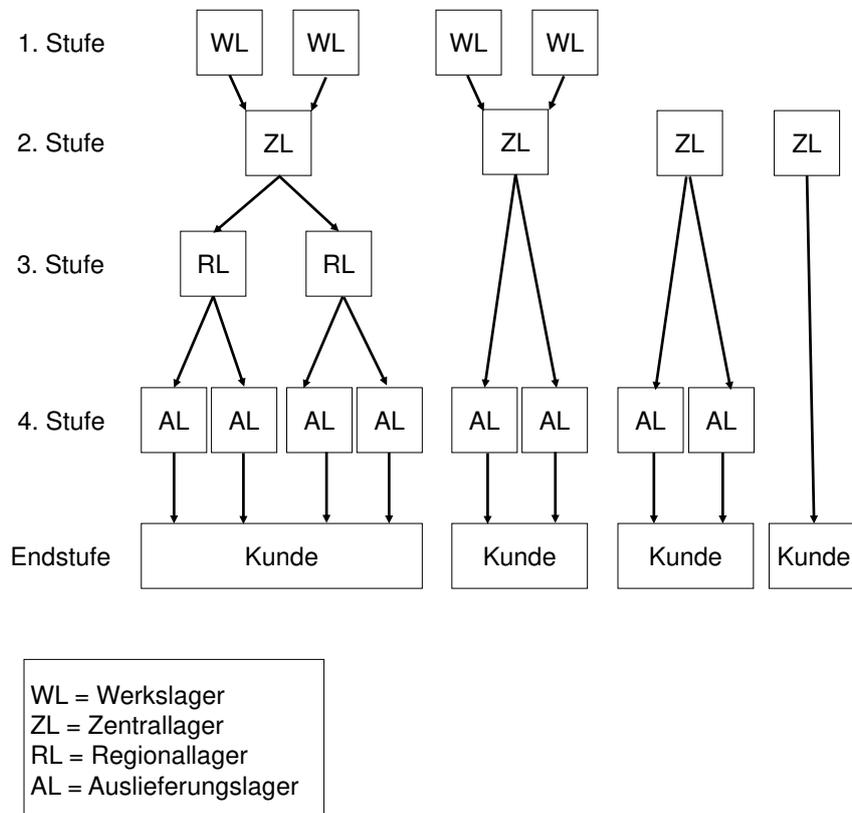
Die Lagerstufen werden in der Literatur weitgehend einstimmig in die vier Stufen Werkslager, Zentrallager, Regionallager und Auslieferungslager eingeteilt (siehe Abb. 1). Diese lassen sich wie folgt beschreiben (vgl. Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 244 f., Gleißner & Femerling, 2008, S. 170, Wannewetsch, 2010, S. 625):

- Ein *Werkslager* ist ein in der Nähe der Produktionsstätte gelegenes Fertigwarenlager, das nur die vor Ort produzierten Waren lagert und einen kurzfristigen Mengenausgleich ermöglicht.
- Ein *Zentrallager* ist ein Lager, das in seiner Anzahl begrenzt ist und eine gesamte Sortimentsbreite enthält. Seine wesentliche Aufgabe ist das Auffüllen von Beständen der nachgelagerten Lagerstufen.
- Ein *Regionallager* ist ein Lager, das die Aufgabe erfüllt, zwischen Produktion und regionalem Absatz einen Puffer zu schaffen. Es entlastet vor- und nachgelagerte Lagerstufen und enthält lediglich ein Sortiment, das dem Absatzgebiet entsprechend begrenzt ist.
- Ein *Auslieferungslager* ist ein Lager, das die unterste hierarchische Stufe der Lagerstufen besetzt und somit die Aufgabe erfüllt, die Waren für die Kundenbelieferung bereitzustellen. In Auslieferungslager sind meist nur Produkte eines Absatzgebiets gelagert, die durch eine hohe Nachfrage gekennzeichnet sind.

Bei dieser Einteilung ist zu beachten, dass nicht alle Lagerstufen vorhanden sein müssen, sondern dass je nach Branche, Produkt und Absatzmarkt unterschiedliche Kombinationen sinnvoll sein können (siehe Beispiele in Abb. 1).



Abb. 1: Lagerstufen



Quelle: Gleißner & Femerling 2012, S. 193.

2.2. Zentralisierungsgrad

Aus den Lagerstufen können einerseits die vertikale und andererseits die horizontale Distributionsstruktur abgeleitet werden. Bei der vertikalen Distributionsstruktur wird die Anzahl der unterschiedlichen Lagerstufen betrachtet und bei der horizontalen Distributionsstruktur die Anzahl der Lager der jeweiligen Lagerstufen, die Lagerstandorte sowie die Zuordnung der Lager zu ihren jeweiligen Liefergebieten (Hertel, Zentes & Schrammklein 2011, S. 170, Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 245).



Bei der Gestaltung der vertikalen Distributionsstruktur stellt sich die Frage des Zentralisierungsgrades. Dieser beschreibt, inwieweit Bestände zentral vorgehalten, z.B. in einem Zentrallager, oder dezentral in der Nähe des Kunden gelagert werden, z.B. in einem Auslieferungslager in der Region des Kunden. Es bestehen Zielkonflikte zwischen der zentralen und der dezentralen Struktur (Gleißner & Fermerling 2012, S. 193). Generell besteht häufig die Tendenz, Waren zentralisiert zu lagern, um Bestands- und Lagerhaltungskosten gering zu halten (Lübschen 2005, S. 61 ff.). Beide Strukturen weisen jedoch eine Reihe von Vor- und Nachteilen auf, die im Folgenden näher erläutert werden und in Abb. 2 zusammenfassend dargestellt sind.

Abb. 2: Vor- und Nachteile zentraler und dezentraler Lagerhaltung

	Vorteile	Nachteile
Zentrale Lagerhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenreduktion durch Bestands- und Lagerhaltungskosten und geringer Kapitalbindung • Niedrige Investitionen und in der Regel geringe laufende Kosten auf Grund des Bündelungseffektes • Gegenseitiger Ausgleich von Nachfrageschwankungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Niedrige Lieferflexibilität durch hohe Distanz zum Kunden und lange Reaktionszeit
Dezentrale Lagerhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Servicegrad durch hohe Lieferschnelligkeit wegen geringer Distanz zum Kunden • Geringe Transportkosten durch gebündelten Transport ins Auslieferungslager 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Gesamtbestände eines jeden Lagerstandortes • Wenig Transparenz und erhöhte Kosten durch Haltung von Teilsortimenten

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Chopra & Meindl 2014, S.106 ff., Giese 2012, S. 17, Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 246 und S. 329, Wannenwetsch 2010, S. 302, Werner 2013, S. 184 f.



Zu den Vorteilen der zentralen Lagerhaltung zählen die Reduktion von Bestands- und Lagerhaltungskosten, geringere Kapitalbindung durch eine geringere Anzahl Lager sowie niedrigere Investitionen und in der Regel geringere laufende Kosten, da hier eine höhere Bündelung des Bestandes entsteht. Der gegenseitige Ausgleich der Nachfrageschwankungen ist ebenfalls ein Vorteil der zentralen Lagerhaltung. Zu den Nachteilen der zentralen Lagerhaltung zählt insbesondere die niedrige Lieferflexibilität durch die höhere Distanz zum Kunden. Dadurch steigen Transportkosten an und der Servicegrad nimmt ab (Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 246, Werner 2013, S. 184 f.).

Zu den Vorteilen der dezentralen Lagerhaltung zählt die geringe Distanz zum Kunden durch eine räumliche Verteilung der Standorte. Dadurch steigen Servicegrad und Lieferflexibilität (Giese 2012, S. 17). Außerdem sinken die Transportkosten mit zunehmender Anzahl an Standorten, da länger gebündelt transportiert werden kann (Chopra & Meindl 2014, S. 106 f., Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 329). Zu den Nachteilen der dezentralen Lagerhaltung zählen hohe Gesamtbestände bzw. hohe Sicherheitsbestände je Lagerstandort (Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 329). Wenig Transparenz des gesamten Lagerprozesses ist ebenfalls ein Nachteil der zentralen Lagerhaltung (Werner 2013, S. 184 f.).

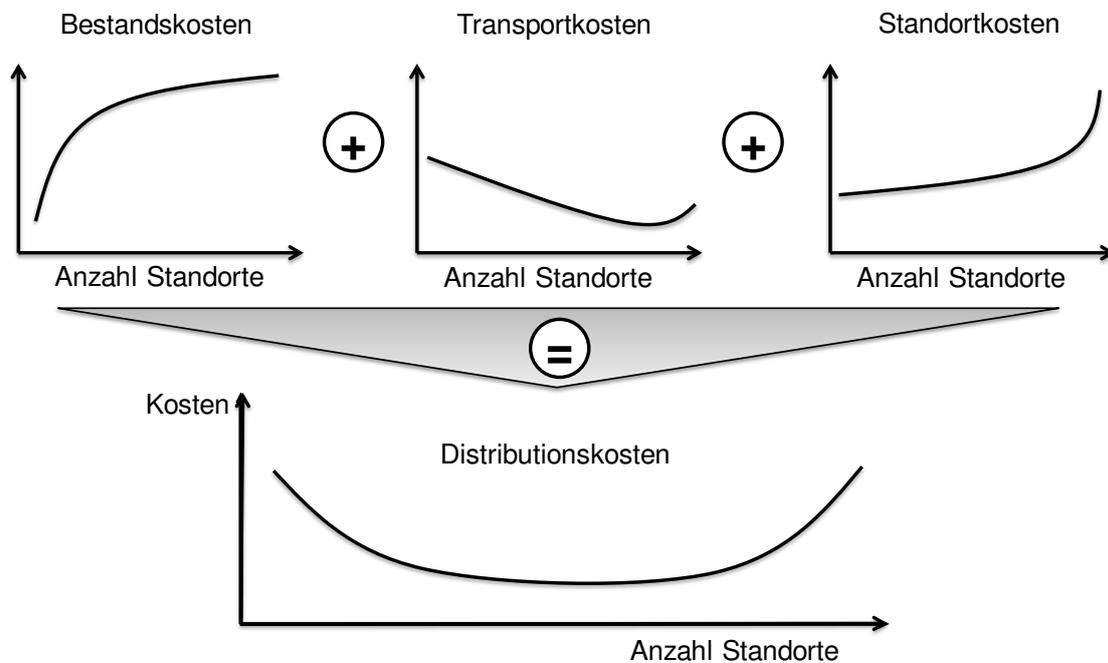
Bei der Wahl des Zentralisierungsgrades sind die folgenden Einflussgrößen von Bedeutung: Lieferzeit und Lieferbereitschaft (d.h. Kundenanforderungen im Hinblick auf den Servicegrad), Unsicherheiten (z.B. durch Schwankungen der Nachfrage), Wareneigenschaften (d.h. Charakteristika der Waren wie beispielsweise Sorte, Menge, Empfindlichkeit und Verträglichkeit untereinander), Kundeneigenschaften (d.h. Charakteristika der Kundenstrukturen wie Heterogenität oder Homogenität, geographische Streuung, Grad der individuellen Gestaltung des Kunden an der Ware) sowie Kostenstruktur (d.h. Zusammensetzung der Kosten für die operativen Vorgänge der Warenflüsse z.B. Transport, Lagerung, Umschlag,



Bestände und Informationsfluss) (Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S.245-246). Der Zentralisierungsgrad hat einen Einfluss auf den Kundenservice, d.h. auf Lieferzeit, Produktvielfalt und -verfügbarkeit, Kundenerlebnis, Time-to-Market, Transparenz der Auftragsabwicklung und Möglichkeiten der Rückgabe (Retourenlogistik). Dabei ist insbesondere die geringe Lieferzeit durch die räumliche Nähe zum Kunden hervorzuheben, die mit Anzahl der Lagerstandorte sinkt (Chopra & Meindl 2014, S. 104f.).

Die Auswirkungen des Zentralisierungsgrades kann auf die einzelnen Kostenkomponenten der Distributionskosten heruntergebrochen werden, d.h. auf die Bestands-, Standort- und Transportkosten. Dabei ergeben sich unterschiedliche Verläufe und teilweise Trade-Offs. Die Entwicklung der Distributionskosten in Abhängigkeit von der Anzahl Standorte wird in der Abbildung 3 veranschaulicht.

Abb. 3: Distributionskosten



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Chopra & Meindl 2014, S. 106 ff.



Die *Bestandskosten* sinken mit einer abnehmenden Anzahl Lager, da auf Grund eines möglichen gegenseitigen Ausgleichs von Nachfrageschwankungen verschiedener Regionen oder Kundenstrukturen der vorzuhaltende Bestand sinkt. Dieser Effekt wird Bestandsbündelung oder Bestandsaggregation genannt und im nächsten Kapitel genauer beschrieben. Ein zentral gehaltener Bestand erzielt insgesamt niedrigere Lagerhaltungskosten und Kapitalbindung (Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 245 f.).

Die *Transportkosten* lassen sich einteilen in Kosten durch Vorrats-/Lagerergänzung und Kosten durch Auslieferungen an Kunden (Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 245 f.). Kosten durch Auslieferungen an Kunden pro Einheit sind in der Regel höher als Kosten durch Vorrats-/Lagerergänzung, da die Einheiten der Transporte ins Lager meist gebündelt werden und sie somit größere Transportlosgrößen aufweisen. Durch eine zunehmende Anzahl Standorte wird zunächst die durchschnittliche Distanz zum Kunden verringert, wodurch die insgesamt zurückgelegte Distanz der Auslieferungen an den Kunden einen geringen Teil der gesamten Transportkosten darstellt. Nimmt die Anzahl an Standorten jedoch so zu, dass ebenfalls kleine Transportlosgrößen ins Lager geliefert werden, steigen die gesamten Transportkosten wieder an (Chopra & Meindl 2014, S. 106 f.).

Mit abnehmender Anzahl Standorte sinken die *Standortkosten*. Der wesentliche Grund dafür ist, dass durch eine Konsolidierung der Standorte Skaleneffekte entstehen. (Chopra & Meindl 2014, S. 108). Die drei Kostenverläufe überlagern sich bei den Gesamtkosten. Mit zunehmender Anzahl Standorte sinken die Gesamtkosten zunächst und steigen ab einer gewissen Anzahl an Standorten wieder an (Chopra & Meindl 2014, S. 108).



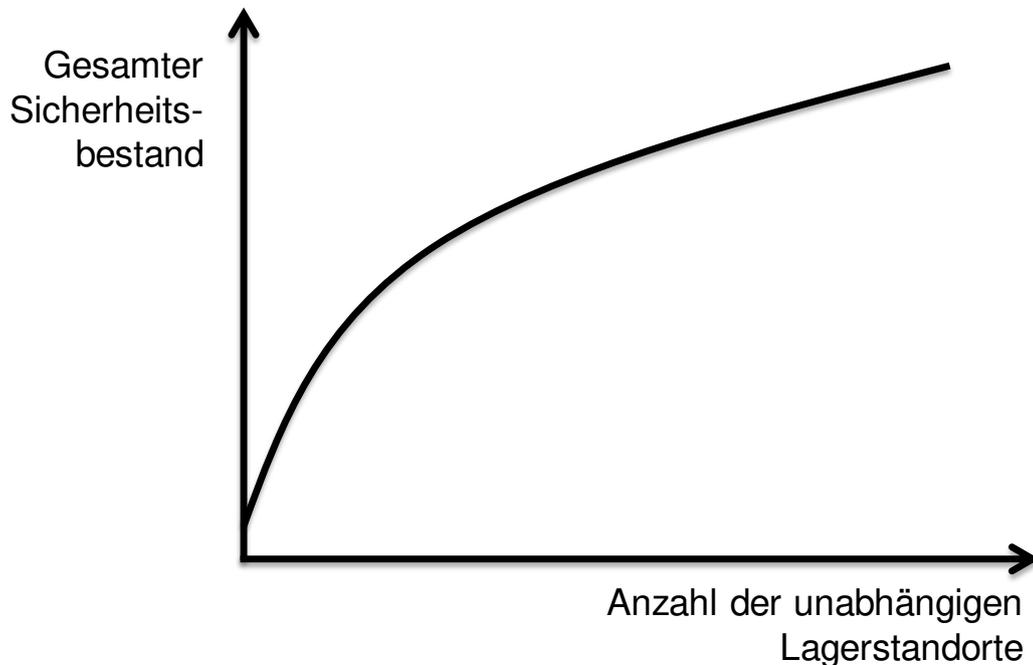
2.3. Bestandsbündelung und Bestimmung des Sicherheitsbestands

Mit zunehmender Aggregation bzw. Bündelung von Beständen werden Nachfrageunsicherheit und Sicherheitsbestand verringert. Die Aggregation bzw. Bündelung verringert den Sicherheitsbestand um die Anzahl der Bündelungsgebiete im Quadrat, wenn die Nachfrage nach einem bestimmten Produkt in verschiedenen Gebieten mehr oder weniger gleich hoch und unabhängig ist. Das heißt, der durchschnittliche Sicherheitsbestand wird um \sqrt{n} verringert, wenn die Anzahl der Lagerstandorte um n sinkt. Dieser Effekt ist als Wurzelgesetz bekannt und wird in Abbildung 4 grafisch dargestellt. Er tritt allerdings nur dann auf, wenn die Nachfrageverläufe der einzelnen Standorte unabhängig sind, d.h. wenn die Korrelation der Nachfragen nahe bei null liegt (Chopra & Meindl 2014, S. 417, Gudehus 2012a, S. 364).

Die zwei wesentlichen Nachteile, die durch Bestandsbündelung entstehen, sind die erhöhte Reaktionszeit nach Kundenbestellung und der Anstieg der Transportkosten vom Lager zum Kunden. Diese zwei Nachteile entstehen auf Grund der Erhöhung der durchschnittlichen Distanz zum Kunden mit zunehmender Bestandsaggregation. Demgegenüber stehen Vorteile wie die Verringerung von Standort- und Bestandskosten durch die Bestandsbündelung bzw. Zentralisierung (Chopra & Meindl 2014, S. 417 f.). Laut Chopra und Meindl (2014, S. 421) ist der Sicherheitsbestand ein wichtiger Faktor zur Entscheidung bezüglich der Lagerbestückung. Demnach soll ein Produkt zentral gelagert werden, wenn die Bestandsbündelung den erforderlichen Sicherheitsbestand deutlich verringert. Wirkt sich die Verringerung des erforderlichen Sicherheitsbestandes jedoch geringfügig aus, so sollte das Produkt dezentral gelagert werden, so dass Reaktionszeit und Transportkosten reduziert werden können.



Abb. 4: Sicherheitsbestand zu Anzahl Lagerstandorte



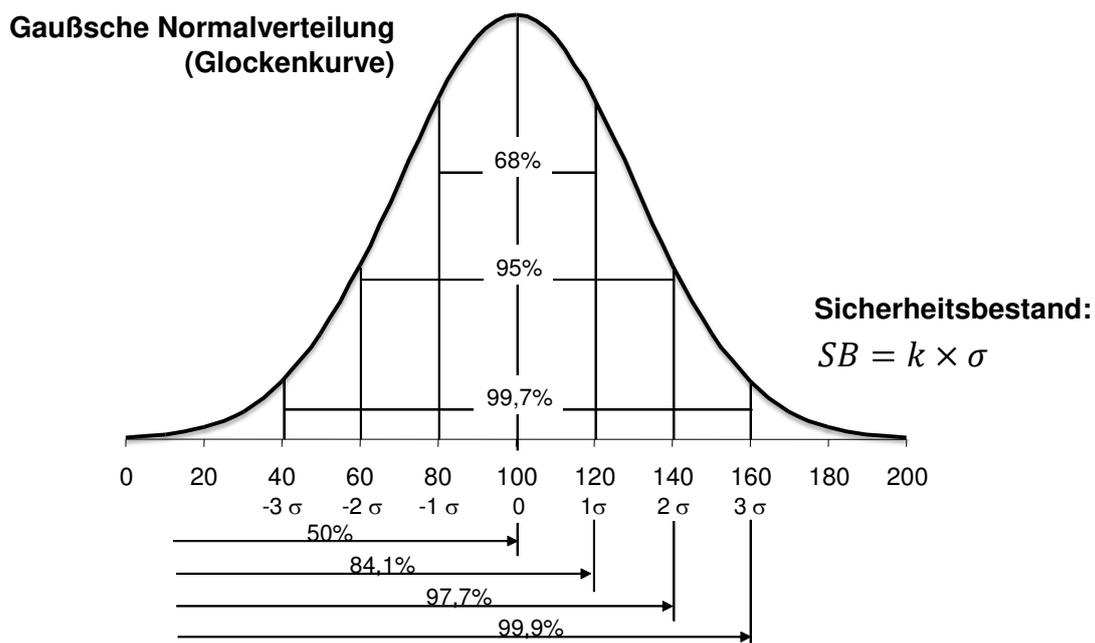
Quelle: Chopra & Meindl 2014, S. 417.

Der Sicherheitsbestand kann definiert werden als der „Teil des Lagerbestandes, der für Planabweichungen oder außergewöhnliche Ereignisse gedacht ist, für die normale Bedarfsdeckung also nicht herangezogen werden soll“ (Koether 2011, S. 96). Sicherheitsbestände kommen z.B. zum Einsatz, um Liefermengenabweichungen (Unterlieferung), Lieferterminabweichungen (verspätete Lieferung), Verbrauchsabweichungen (Mehrverbrauch) und Bestandsdatenabweichungen (inkorrekte Bestandsinformationen) auszugleichen (Heiserich, Helbig & Ullmann 2014, S. 155). Insbesondere ist er eine Schwankungsreserve, die gegen stochastische Schwankungen von Bedarf und Wiederbeschaffungszeit absichert (Gudehus 2012a, S. 347). Als Sicherheitsbestand bezeichnet man also den Bestand, der erst zum Einsatz kommt, wenn die Nachfrage den eigentlich prognostizierten Bedarf eines bestimmten Zeitraums übersteigt (Chopra & Meindl 2014, S. 392).



Die Festlegung einer angemessenen Höhe des Sicherheitsbestandes hängt von der Unsicherheit von Angebot und Nachfrage sowie dem gewünschten Grad der Produktverfügbarkeit bzw. Lieferfähigkeit ab. Mit erhöhter Unsicherheit von Angebot und Nachfrage nimmt auch die benötigte Höhe des Sicherheitsbestandes zu. Bei erhöhtem Grad der Produktverfügbarkeit bzw. Lieferfähigkeit nimmt die Höhe des benötigten Sicherheitsbestandes ebenfalls zu (Chopra & Meindl 2014, S. 394). Der Sicherheitsbestand ist von bestimmten Faktoren abhängig, unter anderem von Lieferzeit und Lieferengpässen, der Materialklassifikation (ABC-Analyse) sowie der Wiederbeschaffungszeit (Wannenwetsch 2010, S. 68 f.).

Abb. 5: Lagerabgangsverteilung als Gaußsche Glockenkurve



Quelle: Heiserich, Helbig & Ullmann 2014, S. 156.

Da die Wiederbeschaffungszeit im zu entwickelnden Planspiel eine untergeordnete Bedeutung besitzt, kann die Berechnung des Sicherheitsbestands auf Basis der Lieferfähigkeit in der Wiederbeschaffungszeit, dem α -Servicegrad, berechnet



werden (Gudehus 2012a, S. 349). Die Berechnung des Sicherheitsbestandes basiert in diesem Fall auf der Standardnormalverteilung der Lagerabgangsverteilung, die sich als Gaußsche Glockenkurve darstellen lässt (siehe Abb. 5).

Bei dieser Berechnung wird durch Vorgabe der Wahrscheinlichkeit des Nichteintretens einer Fehlmengensituation die Höhe des Sicherheitsbestandes abgeleitet. Auf Grund der Normalverteilung besteht ein Zusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit, dass der Mittelwert μ überschritten wird und dadurch eine Fehlmenge entsteht, und der Standardabweichung σ der Lagerabgangsverteilung. Wird der Sicherheitsbestand auf die Höhe einer Standardabweichung festgelegt, so liegt die Wahrscheinlichkeit bei 84,1%, dass in der Wiederbeschaffungszeit keine zusätzliche Menge benötigt wird. Wird der Sicherheitsbestand in Höhe der doppelten Standardabweichung vorgehalten, so liegt die Wahrscheinlichkeit bei 97,7%. Bei der dreifachen Höhe der Standardabweichung liegt die Wahrscheinlichkeit bei 99,9%. Der entsprechende Faktor für jede Wahrscheinlichkeit ist der sogenannte Sicherheitsfaktor k . Der Sicherheitsbestand ergibt sich aus der Multiplikation der Standardabweichung mit dem Sicherheitsfaktor (Heiserich, Helbig & Ullmann 2014, S. 156, Stich 2004, S. 224). In Tab. 1 ist der Sicherheitsfaktor für unterschiedliche Sicherheitsgrade dargestellt.



Tab. 1: Sicherheitsfaktor für unterschiedliche Sicherheitsgrade

Sicherheitsgrad	Sicherheitsfaktor
50,0 %	0,00
80,0 %	0,84
85,0 %	1,04
90,0 %	1,28
95,0 %	1,64
98,0 %	2,05
99,0 %	2,33
99,9 %	3,09

Quelle: Gudehus 2012a, S. 349.

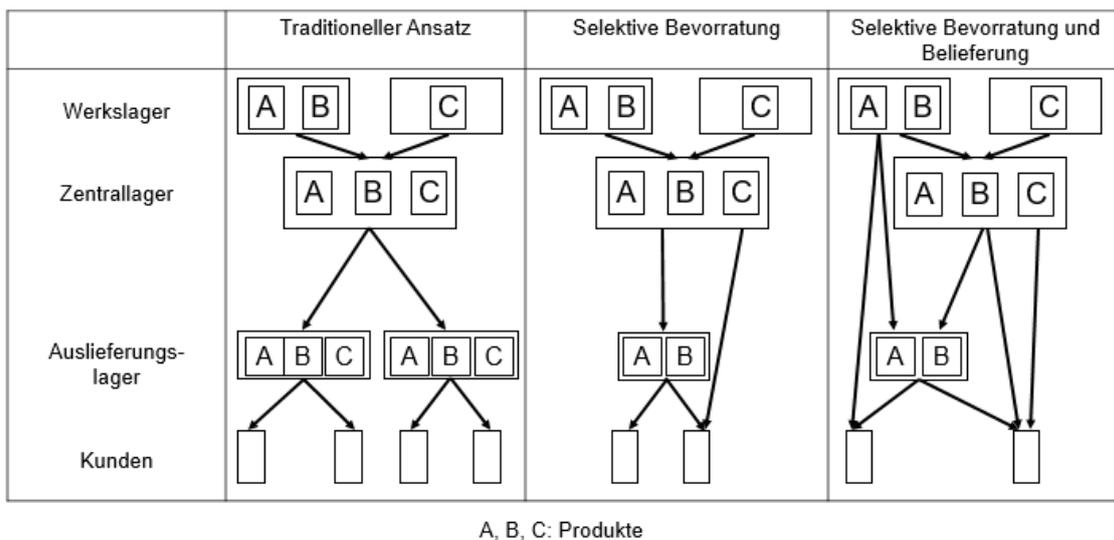
2.4. Selektive Lagerhaltung und Bestimmung von Produktkategorien

Ein in der Praxis häufig vorgefundenes Prinzip der Lagerhaltung ist das der selektiven Lagerhaltung. Die selektive Lagerhaltung kombiniert zentrale und dezentrale Bevorratung und Belieferung miteinander. Hierbei wird versucht, die Bevorratung und Belieferung an den Merkmalen des auszuliefernden Produktes auszurichten (siehe Abb. 6). Genauer gesagt handelt es sich bei der selektiven Lagerhaltung „um eine zweistufige Lagerstruktur, bei der Waren mit geringem Prognoserisiko, z.B. bedingt durch ihre Gängigkeit (Schnelldreher), aus Lieferservice- und Transportkostengründen in teilsortimentierten, dezentralen Regional- und Auslieferungslagern bevorratet werden“ (Gleißner & Femerling 2012, S. 194). Das heißt, dass bei dieser gemischten Struktur sogenannte „Schnelldreher“, also gängige Teile/Produkte, eher dezentral und hochwertige und weniger gängige Teile/Produkte, sogenannte „Langsamdreher“, zentral gelagert werden (Heiserich, Helbig & Ullmann 2011, S. 330). Die selektive Lagerhaltung versucht



also, die Vorteile der zentralen Lagerung mit denen der dezentralen Lagerung zu kombinieren, indem unterschiedliche Produktkategorien gebildet werden.

Abb. 6: Selektive Lagerhaltung



Quelle: Gleißner & Femerling 2012, S. 194.

Die beiden wesentlichen Faktoren, die einer Entscheidung über selektive Lagerhaltung zu Grunde liegen, sind die Nachfrageschwankungen bzw. Vorhersagegenauigkeit des Artikels und der Wert bzw. genauer das Wert-Gewicht-Verhältnis eines Artikels. Ein Produkt, das einer niedrigen Nachfrageschwankung unterliegt, hat eine hohe Vorhersagegenauigkeit. Bei einer hohen Vorhersagegenauigkeit hat eine Bestandsbündelung nur eine geringe Auswirkung. Ein Produkt, das eine hohe Nachfrageschwankung aufweist, hat eine niedrige Vorhersagegenauigkeit. Bei einem derartigen Produkt verbessert eine Bestandsbündelung deutlich die Bestandskosten (Chopra & Meindl 2014, S. 421). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich eine Bestandsbündelung besonders für Produkte mit hohem Wert (insbesondere mit großem Wert-Gewicht-Verhältnis) und großer Nachfrageunsicherheit eignet (Chopra & Meindl 2014, S. 511).



Die Standardverfahren, die im Rahmen der Bedarfsplanung zur Artikelstrukturierung eingesetzt werden, verwenden normalerweise den Wert und die Vorhersagegenauigkeit als Kriterien. Die Einteilung nach Wert heißt ABC-Analyse, die Einteilung nach Vorhersagegenauigkeit XYZ-Analyse.

Bei der ABC-Analyse werden die Produkte in folgende Kategorien eingeteilt (Koether 2012, S. 38 f., Kummer, Grün & Jammerneegg 2013, S. 128, Schulte 2009, S. 311 f., Stich 2004, S. 190 ff.):

- *A-Produkte* haben einen hohen Anteil am Wert (60-80 %) und einen niedrigen Anteil an der Gesamtzahl der Artikel (ca. 20 %). Bei ihnen liegt die höchste Priorität der Materialdisposition.
- *B-Produkte* haben einen mittelhohen Anteil am Wert (10-30 %) und einen höheren Anteil an der Gesamtzahl der Artikel als die A-Produkte (ca. 30 %). Sie haben eine geringere Priorität bei der Materialdisposition als die A-Produkte und eine höhere Priorität als die C-Produkte.
- *C-Produkte* haben den niedrigsten Anteil am Wert (<10 %) und einen hohen Anteil an der Gesamtzahl (ca. 50 %). Sie haben die geringste Priorität, weswegen der Aufwand der Materialdisposition niedrig gehalten werden sollte.

Für die Wertigkeit eines Produktes können je nach Fragestellung unterschiedliche Kenngrößen verwendet werden, z.B. Einkaufspreis, Fertigungskosten, Umsatz oder Deckungsbeitrag. Bei der Lagerung von Fertigprodukten werden normalerweise die Fertigungskosten herangezogen.

Bei der XYZ-Analyse werden die Produkte in folgende Kategorien eingeteilt (Koether 2012, S. 38 f., Kummer, Grün & Jammerneegg 2013, S. 128, Schulte 2009, S. 311 f., Stich 2004, S. 192 ff.):

- *X-Produkte* haben eine hohe Vorhersagegenauigkeit und weisen einen stetigen Verbrauch auf.



- *Y-Produkte* haben eine mittlere Vorhersagegenauigkeit und weisen einen schwankenden, meist saisonalen Verbrauch auf.
- *Z-Produkte* haben eine niedrige Vorhersagegenauigkeit und weisen einen unregelmäßigen, sporadischen Verbrauch auf.

Als Wert für die Vorhersagegenauigkeit eines Artikels wird in der Regel der Variationskoeffizient des Nachfrageverlaufs verwendet. Der Variationskoeffizient ist ein relatives Streuungsmaß, das als Quotient aus Standardabweichung und Mittelwert berechnet wird (Benesch 2013, S. 46 f.). In der Regel werden beide Analysen miteinander verknüpft, so dass sich die in Abbildung 7 dargestellte Neun-Felder-Matrix ergibt.

Abb. 7: ABC-/XYZ-Matrix

Vorhersagegenauigkeit	X	hoher Wert konstanter Verbrauch	mittlerer Wert konstanter Verbrauch	niedriger Wert konstanter Verbrauch
	Y	hoher Wert schwankender Verbrauch	mittlerer Wert schwankender Verbrauch	niedriger Wert schwankender Verbrauch
	Z	hoher Wert unregelmäßiger Verbrauch	mittlerer Wert unregelmäßiger Verbrauch	niedriger Wert unregelmäßiger Verbrauch
		A	B	C
		Wertigkeit		

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Koether 2012, S. 39 und Schulte 2009, S. 311 f.

Aus den vorangegangenen Kapiteln ergibt sich, dass AZ-Produkte für die zentralisierte Lagerung besonders geeignet sind. Dagegen erweisen sich CX-Produkte



für die dezentrale Lagerung als besonders geeignet. Die Felder zwischen den Feldern AZ und CX werden je nach Ausprägung der Kosten- und physischen Distributionsstruktur der einen oder der anderen Gruppe zugordnet, wobei die Grenze in etwa in einer Diagonalen von links oben nach rechts unten verläuft.

3. Konzeption und Realisierung des Planspiels

Aufbauend auf den theoretischen Überlegungen aus Kap. 2 werden in diesem Kapitel die Konzeption und Umsetzung des Planspiels zur Simulation selektiver Lagerhaltungsstrategien im Distributionsnetzwerk beschrieben. Zunächst wird die Art des Planspiels beschrieben und begründet. Danach wird der Spielaufbau mit der Aufgabenstellung und den Spielszenarien dargestellt, bevor abschließend die genaue Umsetzung des Planspiels als Excel-Tool beschrieben wird.

3.1. Art des Planspiels

Planspiele bzw. Unternehmensplanspiele sind eine spezielle Form der Simulation, die gewisse (Teil-)Zusammenhänge von Unternehmen vereinfacht abbilden. Durch Manipulation dieser Simulation können für die Spielteilnehmer unterschiedliche Lerneffekte entstehen. So werden z.B. Unternehmenszusammenhänge vermittelt, verschiedene Unternehmenssituationen nachgestellt (z.B. unterschiedliche Interessenlagen) sowie unterschiedliche Entscheidungs- und Handlungsoptionen erprobt und bewertet (Bäck 2008, S. 36, Hartung 1999, S. 49, Reich 2007, S. 5). Planspiele können nach Art der Handlungen in die drei Kategorien computergestützte Planspiele, haptische und Brettplanspiele sowie Verhaltensplanspiele und Live Simulationen eingeteilt werden (Blötz 200, S. 14, Blötz, Ballin & Gust 2008, S. 28).



Bei computergestützten Planspielen werden die Entscheidungsvariablen als Computerprogramm formuliert. Dadurch lassen sich auch komplexe Zusammenhänge darstellen, und Eingabedaten werden direkt in Ergebnisse umgewandelt, so dass die Spielteilnehmer direkt ein Feedback über ihre Entscheidungen erhalten. Ein Beispiel für ein computergestütztes Planspiel aus dem Bereich Logistik/Supply Chain Management ist das Spiel TOPSIM Logistics. Bei haptischen Planspielen bzw. Brettplanspielen interagieren die Planspieler mittels physischer Objekte (z.B. Spielsteine auf ein Spielbrett). Dabei werden die getroffenen Entscheidungen durch diese Objekte zum Ausdruck gebracht. Ein Beispiel aus dem Bereich Logistik/Supply Chain Management ist das von der MIT Sloan Management School entwickelte Beer Distribution Game¹, bei dem die zu versendenden Bierkästen durch Spielchips dargestellt werden. Verhaltensplanspiele versuchen, Unternehmensabläufe oder -situationen (z.B. Gespräche) möglichst realitätsnah nachzubilden. Dabei werden von den Teilnehmern insbesondere Kommunikation und fachliches Verhalten praktiziert. Beispiele sind die in der Lean Management-Weiterbildung gebräuchlichen Spiele Airplane Game und Box Game sowie das bereits entwickelte „Beer Picking Game“ (Deckert et al. 2016, S. 7 ff.). Einen Überblick über die verschiedenen Planspielarten gibt Abbildung 8.

¹ Gemeint ist hier die ursprüngliche Brettspiel-Variante (vgl. SIMCON 2015). Das Beer Distribution Game existiert mittlerweile auch als Online-Game (vgl. Duits 2001), als Software-Spiel (vgl. Riemer 2012) und als App (vgl. AT Kearney 2017, Mediadefine 2016).



Abb. 8: Überblick über Planspielarten

Art	Beschreibung	Fokus Kompetenzen	Beispiele Logistik/SCM
Computergestützte Planspiele	<ul style="list-style-type: none"> Entscheidungsvariablen und Modelle werden als Computerprogramm formuliert. Eingabedaten werden direkt in Ergebnisse umgewandelt. 	<ul style="list-style-type: none"> Fachkompetenz Praktische Methodenkompetenz Sozialkompetenz* 	<ul style="list-style-type: none"> TOPSIM Logistics Beer Distribution Game App, Software & Online-Game
Haptische Planspiele & Brettplanspiele	<ul style="list-style-type: none"> Planspieler interagieren mittels physischer Objekte. Entscheidungen werden durch diese Objekte zum Ausdruck gebracht. 	<ul style="list-style-type: none"> Fachkompetenz Praktische Methodenkompetenz Sozialkompetenz 	<ul style="list-style-type: none"> MARITIME Beer Distribution Game
Verhaltensplanspiele & Live Simulationen	<ul style="list-style-type: none"> Verhaltensplanspiele simulieren Gesprächssituationen und/oder Unternehmensabläufe. Kommunikatives und fachliches Verhalten wird praktiziert. 	<ul style="list-style-type: none"> Praktische Methodenkompetenz Problemlösungskompetenz Sozialkompetenz/ Teamfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Airplane Game Box Game

* Für den Fall eines Gruppenspiels.

Quelle: Deckert et al. 2016, S. 12.

Das vorliegende Planspiel wurde als computergestütztes Planspiel auf Basis von MS Excel konzipiert. Dadurch lassen sich die komplexen Trade-offs zwischen Bestands-, Transport- und Standortkosten formelmäßig darstellen, insbesondere die Effekte auf den Sicherheitsbestand durch die Bestandsbündelung. So haben die Teilnehmer die Möglichkeit, unterschiedliche Strategien der Distribution mit Hinblick auf zentrale oder dezentrale Lagerung durchzuspielen und bekommen direkt ein Feedback, wie sich ihre Entscheidungen auf die Distributionskosten auswirken.



3.2. Spielaufbau

Das Planspiel „Beer Inventory Game“ simuliert eine Distributionsstruktur mit einem Zentrallager (in Kassel) und drei Auslieferungsregionen (Hamburg, Aachen und München). Die räumliche Verteilung von Zentrallager und Auslieferungsregionen ist in Abb. 9 dargestellt.

Es werden drei Produktkategorien ausgeliefert: ein Produkt mit hohem Wert (A-Produkt), ein Produkt mit mittleren Wert (B-Produkt) und ein Produkt mit geringem Wert (C-Produkt). Der Wert des Produktes schlägt sich in unterschiedlich hohen Lagerhaltungskosten für Bestände nieder. Die Produkte laufen in den drei Regionen in unterschiedlichen Nachfrageverläufen. Das Planspiel ist so konzipiert, dass jedes Produkt in einer Region einen regelmäßigen (X-Produkt), einen fluktuierenden (Y-Produkt) und einen sporadischen (Z-Produkt) Verlauf hat. Damit sind alle neun Möglichkeiten der Kombination aus ABC- und XYZ-Analyse einmal vorhanden.



Abb. 9: Räumliche Anordnung von Zentrallager und Auslieferungsregionen



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Produkte können entweder direkt aus dem Zentrallager an die Kunden ausgeliefert werden oder sie werden erst in ein Auslieferungslager geschickt und dann von dort aus ausgeliefert. Die Entscheidung darüber hat Auswirkungen auf die Transportkosten. Wenn ein Auslieferungslager eröffnet wird, fallen zusätzliche Standortkosten an. Die Mengen, die dezentral gelagert werden, werden aus dem Zentrallager abgezogen, was Auswirkungen auf die Bestandsbündelung im Zentrallager und damit die Bestandskosten hat.

Der genaue Wortlaut der Aufgabenstellung des „Beer Inventory Game“ ist im Folgenden wiedergegeben:

Eine Brauerei stellt drei Sorten Bier her: ein geringwertiges Bier (P1), ein mittelwertiges Bier (P2) und ein hochwertiges Bier (P3).



Das Zentrallager der Brauerei befindet sich in Kassel. Die drei Biersorten werden in den drei Regionen Hamburg, Aachen und München in unterschiedlichen Nachfragen verkauft.

Die Brauerei hat nun bei der Distributionsstruktur für jede Biersorte und Region die Wahl:

- *Entweder sie liefert das Bier aus dem Zentrallager.*
- *Oder sie eröffnet in der Region ein Auslieferungslager und liefert vom Zentrallager gebündelt ins Auslieferungslager und dann zum Kunden.*

Die Entscheidung hat Auswirkungen auf die Standort-, Bestands- und Transportkosten sowie auf die Lieferzeit.

Ihre Aufgabe ist es nun, eine kostenoptimale Lagerstruktur für die Brauerei auszuwählen.

Als Basis-Spielszenario ist für die Ausgangslage eine kostenoptimale Lagerstruktur zu entwickeln. Dabei ist für jedes der drei Produkte und für jede der drei Regionen eine Entscheidung über zentrale oder dezentrale Lagerung zu fällen. Die Auswirkungen der Entscheidungen auf die Bestandsmengen und die Distributionskosten sind direkt im Tool ersichtlich. Das Planspiel ist als Gruppenspiel konzipiert.

Bei Bedarf können danach folgende weitere Szenarien durchgespielt werden:

- *Die neue Lieferzeitvorgabe für Produkt P1 in Hamburg ist 1 Tag. Wie verändert sich Ihre Distributionsstruktur?*
- *Die Lieferbereitschaft ändert sich von 95,0% auf 99,0%. Was verändert sich? Müssen Sie Ihre Distributionsstruktur anpassen?*
- *Die Nachfrageverläufe der Standorte Hamburg und Aachen ändern sich; sie haben nun denselben Nachfrageverlauf. Was beobachten Sie bei den Beständen?*



Dadurch wird in den ersten beiden Szenarien der Einfluss des Lieferservice auf die Distributionsstruktur aufgezeigt. Im letzten Szenario wird gezeigt, dass eine Bestandsbündelung im Zentrallager nur dann auftritt, wenn die Nachfrageverläufe der einzelnen Regionen unabhängig voneinander sind.

3.3. Aufbau des Excel-Tools

Für das Planspiel wurde ein Excel-Tool entwickelt, damit die einzelnen Kosten für Lagerung, Transport und Standorte nicht manuell errechnet werden müssen und die Spielteilnehmer direkt ein Feedback über die Güte ihrer Entscheidung erhalten. Über eine Eingabemaske wird in einer Matrix mit Drop down-Menü eine Entscheidung über die zentrale oder dezentrale Lagerung der drei Produkte für die drei Standorte getroffen. Die Auswirkungen auf Nachfrage- und Sicherheitsbestand werden direkt angezeigt (siehe Abb. 10). Der Sicherheitsbestand wird über die Lagerabgangsverteilung berechnet, wie in Kap. 2.3 beschrieben.

Abb. 10: Eingabemaske

Zentral / Dezentrale Lagerung				Nachfragebestand				Sicherheitsbestand			
	P1	P2	P3		P1	P2	P3		P1	P2	P3
Hamburg	zentral	dezentral	dezentral	Hamburg	0	1935	660	Hamburg	0	52	38
München	zentral	zentral	dezentral	München	0	0	775	München	0	0	55
Aachen	zentral	zentral	dezentral	Aachen	0	0	2120	Aachen	0	0	52
				ZL Kassel:	3315	1290	0	ZL Kassel:	88	58	0

Quelle: Eigene Darstellung.



In der Ansicht „Kosten“ können die Bestands-, Transport- und Standortkosten einzeln sowie die Gesamtkosten abgelesen werden (siehe Abb. 11). Die Gesamtkosten ergeben sich dabei als Summe der Bestands-, Transport- und Standortkosten über alle Produkt und Standorte.

Abb. 11: Ansicht „Kosten“

Bestandskosten				Transportkosten				
Gesamte Bestandskosten	P1	P2	P3	Gesamte Transportkosten	ZL	Hamburg	München	Aachen
25.886,50 €	13.579,86 €	8.787,63 €	3.519,01 €	14.700,00 €	9.210,00 €	2.595,00 €	775,00 €	2.120,00 €
Standortkosten				Gesamtkosten				
ZL	Hamburg	München	Aachen	40.886,50 €				
konstant	100,00 €	100,00 €	100,00 €					

Quelle: Eigene Darstellung.

Die gesamten Transportkosten K_T setzen sich zusammen aus den Transportkosten der Nachfrage (N_{ZL}), die aus dem Zentrallager (ZL) bedient wird, und der Summe der Transportkosten der Nachfrage (N_{AL}), die aus den drei Auslieferungslagern (AL) bedient wird:

$$K_T = N_{ZL} \times K_{T,ZL} + \sum_{i=1}^3 N_{AL,i} \times K_{T,AL}$$



Im Spiel betragen die Transportkosten vom Zentrallager zum Kunden 2 € pro Produkt und die Transportkosten vom Zentrallager über das Auslieferungslager zum Kunden 1 € pro Produkt. Die Transportkosten über das Auslieferungslager wurden auf Grund der Transportbündelung zum Lager und der räumlichen Nähe des Auslieferungslagers zu den Endkunden niedriger angesetzt.

Die Bestandskosten K_B errechnen sich aus der Summe der Kosten für den Nachfragebestand (NB) und den Sicherheitsbestand (SB). Für den Nachfragebestand wird eine Sägezahnkurve unterstellt. Damit ist der mittlere Lagerbestand gleich der halben Bestellmenge (vgl. z.B. Stich 2004, S. 225), die in diesem Fall der Nachfragemenge entspricht. Der Sicherheitsbestand errechnet sich über die Lagerabgangsverteilung (siehe Kap. 2.3). Die Bestandskosten für die drei Produkt P_i über die zwölf Perioden berechnen sich damit wie folgt:

$$K_B = \sum_{i=1}^3 \left(\sum_{j=1}^{12} \frac{NB_{ji}}{2} + 12 \times SB_i \right) \times K_{B,i}$$

Im Planspiel werden drei Produkte mit unterschiedlicher Wertigkeit unterschieden. Damit unterscheiden sich auch die von der Wertigkeit abhängenden Bestandskosten. Für das Spiel wurden Bestandskosten $K_{B,i}$ von 5 €, 3 € und 1 € pro Stück und Periode für die Produkte 1 bis 3 festgelegt.

Die Standortkosten lassen sich berechnen als Produkt aus der Anzahl der eröffneten Standorte in den Regionen mit den Kosten für einen Standort. Im Spiel sind die Kosten für einen Standort als Fixkosten angelegt und betragen unabhängig von der Region und der gelagerten Menge 100 €. Die Kosten des Zentrallagers werden nicht gesondert betrachtet, da sie für alle Entscheidungen anfallen und damit für die Entscheidung über die Distributionsstruktur in diesem Fall irrelevant sind.



In der Ansicht „Rohdaten“ sind die einzelnen Kostendaten sowie der Lieferbereitschaftsgrad und der sich daraus ergebende Sicherheitsfaktor zur Berechnung des Sicherheitsbestands hinterlegt und können von den Spielteilnehmern eingesehen werden (siehe Abb. 12).

In der Ansicht „Nachgefragte Mengen“ sind die Nachfrageverläufe der einzelnen Regionen dargestellt (siehe Abb. 13). Für die Nachfrageverläufe sind der Mittelwert, die Standardabweichung und der Variationskoeffizient angeben. Außerdem werden im unteren Teil des Tabellenblattes die dezentral gelagerten Nachfragen angezeigt. Diese Ansicht dient also den Teilnehmern zur Analyse und Entscheidungsfindung.



Abb. 12: Ansicht „Rohdaten“

	Zentrallager Kassel	RL Hamburg	RL Aachen	RL München
2 Lieferzeit zum Kunden	2	1	1	1
3 Direkte Transportkosten zum Kunden	2	1	1	1
4 Standortkosten		100,00 €	100,00 €	100,00 €
5 Lieferbereitschaftsgrad	95%	95%	95%	95%
6	1,64	1,64	1,64	1,64
7 Bestandskosten Produkt 1 / Stück	5,00 €			
8 Bestandskosten Produkt 2 / Stück	3,00 €			
9 Bestandskosten Produkt 3 / Stück	1,00 €			
11 Transportkosten:				
12 ZL -> Kunde	2,00 €			
13 ZL -> AL -> Kunde	1,00 €			
16 zentral				
17 dezentral				

Quelle: Eigene Darstellung.

Abb. 13: Ansicht „Nachgefragte Mengen“

Monat	Produkt 1			Zentrallager	Monat	Produkt 2			Zentrallager	Monat
	München	Aachen	Hamburg			München	Aachen	Hamburg		
1										
2	1	100	35	60	195	1	70	30	200	300
3	2	120	60	100	280	2	50	100	150	300
4	3	100	110	100	310	3	100	100	120	320
5	4	150	30	80	260	4	20	80	200	300
6	5	180	60	70	310	5	50	70	180	300
7	6	175	90	20	285	6	80	20	200	300
8	7	160	80	30	270	7	70	30	200	300
9	8	150	60	50	260	8	50	50	150	250
10	9	145	75	15	235	9	50	50	150	250
11	10	125	45	20	190	10	20	60	140	220
12	11	200	75	55	330	11	35	20	125	180
13	12	190	135	65	390	12	55	30	120	205
15 Mittelwert	149,583333	71,25	55,4166667	276,25		Mittelwert	54,1666667	53,3333333	161,25	268,75
16 Standardabweichung	31,9803542	29,0204669	28,4647687	53,623883		Standardabweichung	22,4381867	27,7888867	31,4990079	44,2589445
17 Variationskoeffizient	0,21379624	0,4073048	0,51364996	0,1941136		Variationskoeffizient	0,41424345	0,52104163	0,19534268	0,16468444

Quelle: Eigene Darstellung.



Bei den im Planspiel eingestellten Werten ergibt sich das Optimum der Gesamtkosten dann, wenn das günstigste Produkt (P3) in allen Regionen und das mittelwertige Produkt (P2) in der Region mit dem geringsten Variationskoeffizienten (Region Hamburg) dezentral gelagert werden und wenn alle anderen Produkte (das teure Produkt P1 in allen Regionen und das mittelwertige Produkt P2 in den Regionen mit hohem Variationskoeffizienten) zentral gelagert werden. Diese Lösung ergibt sich durch die beiden zu Grunde liegenden Kosten-Mechanismen des Planspiels. Zum einen entstehen bei der Eröffnung eines Auslieferungslagers Fixkosten, durch die eine Fixkostendegression für weitere Lagerbestände anderer Produkte in der Region erzeugt wird. Zum anderen wird bei dezentraler Lagerung ein Teil des Bestands aus dem Zentralbestand herausgelöst, was den Bestandsbündelungseffekt für dieses Produkt verringert. Dadurch verschiebt sich der Trade-Off zwischen Bestands- und Transportbündelung in Richtung Transportbündelung ins Auslieferungslager und damit ggf. zu weiteren dezentralen Beständen des Produktes in anderen Regionen. Damit spiegelt das Planspiel die im Theorieteil dieser Arbeit (Kap. 2) beschriebenen, zu erwartenden Tendenzen wider.

4. Test des Planspiels

Das Planspiel „Beer Inventory Game“ wurde in zwei Kursen der Cologne Business School (CBS) auf seine Tauglichkeit getestet. Ein Kurs fand im Bachelor-Programm der CBS statt, der andere im Executive Education-Programm. Damit wurden unterschiedliche Bildungsniveaus im Rahmen der Higher Education-Programme einer Hochschule getestet.



4.1. Erster Testlauf (MBA-Kurs)

Der erste Testlauf des Planspiels fand im Kurs „Global Supply Chain Management“ des Master-Studiengangs „MBA International Management“ aus dem Executive Education-Programm der Cologne Business School (CSB) statt. Im SS 2017 wurde dieser Kurs von 18 Studierenden aus Deutschland, Russland, der Türkei, dem Irak, China, Pakistan, Indien, Nigeria, Südafrika, Mexiko und den USA besucht. Damit das Planspiel in diesem Kurs zum Einsatz kommen konnte, wurde das Excel-Tool auf Englisch übersetzt.

Die Studierenden wurden in drei Gruppen eingeteilt und sollten in Gruppenarbeit die Distributionsstruktur mit den minimalen Kosten herausfinden. Ihnen wurden das grundlegende Spielszenario und die Aufgabenstellung erklärt (siehe Kap. 3.2). Die weiteren Szenarien zu Lieferzeitvorgabe, Lieferbereitschaft und Korrelation der Nachfrageverläufe (siehe Kap. 3.2) wurden anschließend in der Diskussion mit dem Dozenten bearbeitet. Die Auswirkungen einer strengeren Lieferzeitvorgabe, einer höheren Lieferbereitschaft und korrelierender Nachfragen wurden dabei von den Studierenden im Excel-Tool nachvollzogen. Im Anschluss wurde den Studierenden die relevante Theorie präsentiert.

Alle drei Gruppen fanden die Distributionsstruktur mit den minimalen Kosten. Sie benötigten dazu zwischen etwa 10 Minuten und 20 Minuten. In der Diskussion stellte sich heraus, dass zwei Gruppen Suchstrategien in der Diskussion erarbeitet hatten, die sich an der Fluktuation der Nachfrage und der Wertigkeit der Produkte orientierten, wie es in 2.4 beschrieben wird. Lediglich eine Gruppe – die Gruppe mit der längsten Zeit – ging eher nach dem Verfahren „Versuch und Irrtum“ vor.

Die Tatsache, dass alle Gruppen die optimale Lösung gefunden haben, und die Schnelligkeit, mit der die Lösung gefunden wurde, sind ein Hinweis, dass das



Spiel für den MBA-Level etwas zu einfach ist. Durch eine erhöhte Komplexität (z.B. größere Anzahl von Produkten und Standorten, weitere Entscheidungsvariablen) könnte das Spiel für diesen Level noch interessanter gestaltet werden. Als weiterer Verbesserungsvorschlag wurde von den Studierenden angegeben, dass die Nachfrageszenarien und die Bestände grafisch dargestellt werden sollten. Außerdem sollte bei der Darstellung der Verteilung der Bestände die Summe aller Bestände dargestellt werden. Schließlich sollten die mit Formeln belegten Felder in der Eingabemaske gegen versehentliches Löschen gesichert werden (ein Studierender löschte ein mit Formeln belegtes Feld unabsichtlich, was zu Irritationen bei der Lösungsfindung in der betreffenden Gruppe führte).

Trotz dieser Einschränkungen bestätigten alle teilnehmenden Studierenden, dass sie das Spiel als Bereicherung der Vorlesung erlebt haben: Zum einen hat es zu einer vertieften Lernerfahrung geführt, da die Studierenden sich die Lösung selbst erarbeiten mussten und ihnen keine vorgefertigte Lösung präsentiert wurde. Zum anderen hat ihnen das Spiel offensichtlich Spaß bereitet, und sie konnten dabei durch Interaktion soziale Kompetenzen stärken.

4.2. Zweiter Testlauf (BA-Kurs)

Der zweite Testlauf des Planspiels fand im Kurs „Distributionsmanagement“ im 6. Semester des Schwerpunktes „Supply Chain Management“ des deutschsprachigen Bachelor-Studiengangs „General Management“ der Cologne Business School (CSB) statt. Im SS 2017 wurde dieser Kurs von zehn Studierenden aus Deutschland besucht.

Die Studierenden wurden wiederum in drei Gruppen eingeteilt und sollten in Gruppenarbeit die Distributionsstruktur mit den minimalen Kosten herausfinden.



Die Erklärung des grundlegenden Spielszenarios und der Aufgabenstellung sowie die Behandlung der Theorie erfolgten analog zum ersten Testlauf. Ebenso erfolgte die Behandlung der weiteren Szenarien wieder in der Diskussion und durch selbständiges Nachvollziehen im Excel-Tool durch die Studierenden.

Auch im Bachelor-Kurs fanden alle drei Gruppen die Distributionsstruktur mit den minimalen Kosten. Sie benötigten dazu zwischen etwa 15 Minuten und 20 Minuten und damit im Durchschnitt etwas länger als die Gruppen im MBA-Kurs, was zu erwarten war. Trotzdem zeigt sich auch im Bachelor-Kurs, dass das Spiel durch erhöhte Komplexität der Spielszenarien und der Entscheidungsvariablen für diesen Level ebenfalls herausfordernder gestaltet werden könnte. Im Bachelor-Kurs arbeiteten alle drei Gruppen mit Suchstrategien, die sich an der Fluktuation der Nachfrage und der Wertigkeit der Produkte orientierten, wie es in 2.4 beschrieben wird. Dabei ging eine Gruppe zusätzlich nach dem Verfahren „Versuch und Irrtum“ vor. Eine weitere Gruppe achtete zusätzlich auf den Servicelevel. Die gezielte Lösungssuche des Bachelor-Studierenden lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass die Studierenden seit dem 3. Semester den Schwerpunkt „Supply Chain Management“ besuchen und daher bereits für logistische Fragestellungen sensibilisiert sind.

Als weiterer Verbesserungsvorschlag wurde von den Studierenden angegeben, Echt Daten als Basisdaten zu verwenden, damit die Effekte deutlicher zu erkennen sind, da schwierig zu erkennen war, welche Einflüsse die verschiedenen Werte auf Bestand und Variationskoeffizient hatten. Außerdem sollten zur besseren Übersicht die Basisdaten zusammen mit den Daten der Nachfrage in einen Reiter dargestellt werden. Auch hier gaben alle Gruppen trotz allem an, dass das Spiel durch eigenes Ausprobieren zu einer vertieften Lernerfahrung geführt habe und als Bereicherung des theoretischen Vorlesungsstoffes empfunden wurde.



5. Schlussfolgerung

Das vorliegende Working Paper beschreibt die Planung und Umsetzung eines Planspiels zur computerbasierten Simulation selektiver Lagerhaltungsstrategien im Distributionsnetzwerk. Es werden im Wesentlichen die Auswirkungen von zentraler und dezentraler Lagerung unterschiedlicher Produktkategorien auf die Distributionskosten und den Lieferservice simuliert. Insbesondere werden die Mechanismen der Bestandsbündelung dargestellt. Methodisch kommen dabei die ABC/XYZ-Analyse zur Artikelstrukturierung und statistische Kenngrößen zur Analyse von Nachfrageverläufen zum Einsatz (z.B. Variationskoeffizient).

Im Spiel werden die Möglichkeiten zur Gestaltung einer Distributionsstruktur eines Bierherstellers simuliert. Dabei sollen folgende inhaltliche Erkenntnisse erzielt werden:

1. Eine selektive Lagerhaltung kann zu einer Reduzierung der Kosten der Distributionsstruktur führen.
2. Produkte mit hohem Wert und geringer Vorhersagegenauigkeit sind eher zentral zu lagern; Produkte mit geringem Wert und hoher Vorhersagegenauigkeit können dezentral gelagert werden.
3. Eine geringere Lieferzeit erfordert idR dezentrale Lagerung in der Region und führt zu einer Änderung der Distributionsstruktur.
4. Eine erhöhte Lieferbereitschaft führt zu erhöhten Bestandskosten aufgrund von erhöhtem Sicherheitsbestand.
5. Der Effekt der Bestandsbündelung (d.h. ein reduzierter Sicherheitsbestand im Zentrallager) tritt nur dann ein, wenn die Nachfrageverläufe in den Regionen nicht korrelieren (d.h. der Korrelationskoeffizient ist nahe bei null).

Da das computerbasierte Planspiel als Gruppenspiel konzipiert wurde, wird neben der Fachkompetenz und der praktischen Methodenkompetenz auch die Sozialkompetenz der Teilnehmer geschult.



Die beiden Testläufe haben gezeigt, dass das Planspiel zu einer vertieften Lernerfahrung bei den Studierenden führt, da sie sich die Lösung selbst erarbeiten müssen. Außerdem wurde das Spiel durchweg als Bereicherung empfunden, und es machte den Studierenden offensichtlich Spaß, in der Gruppe Lösungsstrategien für die Lagerung zu erarbeiten. Trotzdem bleibt festzuhalten, dass das Spiel aufgrund der geringen Komplexität keine allzu große Herausforderung zu bieten schien – zumindest bei den gewählten Kursen für die Testläufe, hier jedoch sowohl auf dem Bachelor- als auch auf dem MBA-Level. Bevor jedoch eine grundlegende Überarbeitung des Tools erfolgt, soll es noch in weiteren Kursen erprobt werden, um den Weiterentwicklungsbedarf genauer zu ermitteln.

Die Beschränkungen des Planspiels ergeben sich im Wesentlichen aus den Vereinfachungen der Simulation: Es werden lediglich drei Produkte in drei Regionen und nur zwei Lagerstufen betrachtet. Die Standortkosten sind als Fixkosten angelegt und unabhängig von Region und Lagermenge. Es wird keine Bestellmengenrechnung für die Auslieferungslager durchgeführt, sondern es werden einfach die Nachfragemengen in die Lager geliefert. Diese Beschränkungen können bei Bedarf durch Erweiterungen am Excel-Modell aufgehoben werden. Der Vorteil wäre, dass das Planspiel dadurch komplexere und vermutlich realitätsnähere Sachverhalte abbildete. Ein Nachteil wäre, dass der Effekt des Trade-Offs zwischen Transport- und Bestandsbündelung vermutlich nicht mehr so klar zutage träte und damit der Lerneffekt eingeschränkt wäre. Weitere Verbesserungsmöglichkeiten des Planspiels, die in den Testläufen ermittelt wurden, sind die grafische Darstellung der Nachfrageszenarien und Bestände, eine verbesserte Darstellung der Daten (Basisdaten und Nachfragedaten auf einem Tabellenblatt; Darstellung der Summe der Bestände) sowie eine bessere Bedienbarkeit des Excel-Tools (z.B. Sperrung belegter Felder).



Insgesamt kann festgehalten werden – wie auch bereits im Working Paper zum „Beer Picking Game“ (Deckert et al. 2016, S. 38) – dass Planspiele eine sinnvolle Ergänzung der Lehre darstellen. Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden dadurch gefestigt, das Verständnis der Sachverhalte wird vertieft und die praktische Anwendung der theoretischen Konzepte wird vermittelt. Insbesondere ein computerbasiertes Planspiel, das als Gruppenspiel konzipiert wird, verknüpft dabei die Vorteile des Computers mit denen des Verhaltensplanspiels: Komplexe Sachverhalte werden durch direktes Feedback der Ergebnisse erlebbar gemacht, während durch die Diskussion der Teilnehmer das Team- und Sozialverhalten gestärkt wird. Dies lässt sich, wie gezeigt, bereits durch eine relativ einfache Abbildung in MS Excel erzielen.

6. Danksagung

Die Autoren danken den Studierenden des Kurses „Strategisches Supply Chain Management“ des Studiengangs General Management (Jahrgang BA GM 14), insbesondere Philipp Bauß, Laura Brüß, Max Delmes, Julia Joy Juergens und Claus Werhahn, für die Unterstützung bei der Entwicklung des „Beer Inventory Game“. Außerdem danken die Autoren den Studierenden der beiden Kurse, die sich als „Versuchskaninchen“ für die Testläufe zur Verfügung gestellt haben.



Literaturverzeichnis

AT Kearney (2017). *The Beer Distribution Game*. Zugriff am 23.02.2017 unter <https://www.atkearney.com/web/beer-distribution-game>.

Bäck, A. (2008). Spielerische Optimierung der Logistik. In C. Engelhardt-Nowitzki, O. Nowitzki, B. Krenn (Hrsg.), *Praktische Anwendung der Simulation im Materialflussmanagement: Erfolgsfaktoren und Implementierungsszenarien* (S. 35-49). Wiesbaden: Gabler.

Benesch, T. (2013). *Schlüsselkonzepte zur Statistik. Die wichtigsten Methoden, Verteilungen, Tests anschaulich erklärt*. Berlin: Springer Spektrum.

Blötz, U. (2000). Planspieltraining in der Aufstiegsfortbildung. *BiBB BWP*. 1/2000, S. 10-14.

Blötz, U., Ballin, D., Gust, M. (2008). Planspiele im Vergleich zu anderen Trainingsmethoden. In U. Blötz (Hrsg.), *Planspiele in der beruflichen Bildung: Auswahl, Konzepte, Lernarrangements, Erfahrungen - Aktueller Planspielkatalog 2008* (S. 28-38). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

Chopra, S., Meindl, P. (2014). *Supply Chain Management. Strategie, Planung und Umsetzung*. Hallbergmoos: Pearson.

Deckert, C. (2015). *CSR und Logistik. Spannungsfelder Green Logistics und City-Logistik*. Heidelberg: Gabler.

Deckert, C., Buß, M., Hasenclever, S., Mäckel, F., Nyssen Guillén, V.I., Silverio, I., Wegner, E. (2016). *Beer Picking Game. Entwicklung und Realisierung eines Planspiels zur Simulation eines Kommissionierbereichs*. Working Paper No. 2/2016. CBS Working Paper Series (ISSN 2195-6618). Köln: CBS.

Duijts, C. (2001). *Demonstration der Dynamik in Logistik- und Produktionsnetzwerken anhand des Beer Distribution Game in einer Online-Version*. Diplomarbeit ETH Zürich. Zugriff am 23.02.2017 unter http://www.beer-game.lim.ethz.ch/DA_Beer_Distribution_Game_online.pdf

Giese, A. (2012). *Differenziertes Performance Measurement in Supply Chains*. Wiesbaden: Gabler.



Gleißner, H., Femerling, J.C. (2012). *Logistik. Grundlagen – Übungen – Fallbeispiele* (2. Aufl.). Berlin u.a.: Springer.

Gudehus, T. (2012a). *Logistik 1. Grundlagen, Verfahren und Strategien* (4. Aufl.). Berlin u.a.: Springer Vieweg.

Gudehus, T. (2012b). *Logistik 2. Netzwerke, Systeme und Lieferketten* (4. Aufl.). Berlin u.a.: Springer Vieweg.

Hartung, S. (1999). *Förderung der Lerneffizienz beim Einsatz von Unternehmensplanspielen*. Dissertation der Universität Göttingen. Zugriff am 23.01.2017 unter <https://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0022-5D69-D/hartung.pdf?sequence=>.

Heiserich, O.-E., Helbig, K., Ullmann, W. (2011). *Logistik. Eine praxisorientierte Einführung* (4. Aufl.). Wiesbaden: Gabler.

Henkel (2014). *35 Millionen für neues Hochregal-Lager. Henkel eröffnet sein weltweit größtes vollautomatisches Lager*. Presseinformation vom 14.10.2014. Zugriff am 14.12.2016 unter <http://www.henkel.de/blob/197870/13538cc6e567a3643ba89264cd52d6d7/data/2014-09-10-presseinformation-35-millionen-fuer-neues-hochregal-lager.pdf>

Hertel, J., Zentes, J., Schramm-Klein, H. (2011). *Supply-Chain-Management und Warenwirtschaftssysteme im Handel* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer.

Koether, R. (2011). *Taschenbuch der Logistik* (4. Aufl.). München: Hanser.

Koether, R. (2012). *Distributionslogistik. Effiziente Absicherung der Lieferfähigkeit*. Wiesbaden: Springer Gabler.

Kummer, S., Grün, O., Jammernegg, W. (2013). *Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik* (3. Aufl.). München: Pearson.

Lüpschen, B. (2004). *Kostendegressionspotenziale in Logistiksystemen. Theoretische Aufarbeitung und Ableitung von Gestaltungsempfehlungen für Transport- und Lagersysteme*. Arbeitsbericht Nr. 105. Arbeitsberichte des Seminars für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Betriebswirtschaftliche Planung und Logistik der Universität zu Köln.



Mediadefine (2016). *Supply Chain: Mit „Beer Distribution Game“-App Lieferketten spielerisch kennenlernen*. Zugriff am 23.02.2017 unter <http://www.mediadefine.com/page,aktuelle-nachrichten-marketing-kommunikation-werbung,beer-distribution-game-app-supply-chain-lieferketten-kennenlernen,0,0,40,0,de.htm>.

Reich, K. (2007). *Planspiel*. Zugriff am 23.02.2017 unter <http://methodenpool.uni-koeln.de/download/planspiel.pdf>.

Pfohl, H.-C. (2010). *Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen (8. Aufl.)*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Riemer, K. (2012). *The Beergame Software*. Zugriff am 26.02.2016 unter <http://www.beergame.org/software>.

SCC = Supply Chain Council (2010). *Supply Chain Operations Reference (SCOR®) model. Overview - Version 10*. Cypress.

Schulte, C. (2009). *Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain (5. Aufl.)*. München: Vahlen.

Stich, V. (2004). *Industrielle Logistik (8. Aufl.)*. Aachen: Wissenschaftsverlag Mainz.

Veres-Homm, U., **Kübler**, A., **Weber**, N., **Cäsar**, E. (2015). *Logistikimmobilien – Markt und Standorte 2015*. Frankfurt: Fraunhofer Verlag.

Wannenwetsch, H. (2010). *Integrierte Materialwirtschaft und Logistik (4. Aufl.)*. Berlin u.a.: Springer.

Werner, H. (2013). *Supply Chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling (5. Aufl.)*. Wiesbaden: Gabler.



Autoren

Prof. Dr. Carsten Deckert war bis Juni 2017 Professor für Logistik und Supply Chain Management an der Cologne Business School (CBS) und ist seit Juli 2017 Professor für Innovations- und Produktionsmanagement an der Hochschule Düsseldorf (HSD).

David Rehberg und Pia Rütten waren bis zum SS 2017 Studierende des Schwerpunktes Supply Chain Management im Bachelor-Studiengang General Management der Cologne Business School (CBS) und haben ihr Studium an der CBS mittlerweile erfolgreich abgeschlossen.

Kontakt

Prof. Dr. Carsten Deckert
Hochschule Düsseldorf (HSD)
Münsterstraße 156
40476 Düsseldorf
Telefon: +49 (0) 211 4351- 3030
E-Mail: [carsten.deckert\(at\)hs-duesseldorf.de](mailto:carsten.deckert(at)hs-duesseldorf.de)

