

Angela Herrmann

# Lagerhaltung im Krankenhaus

Ein mehrstufiges  
Lagerhaltungsmodell für  
medizinisches Verbrauchsmaterial



Springer Gabler

---

# Lagerhaltung im Krankenhaus

---

Angela Herrmann

# Lagerhaltung im Krankenhaus

Ein mehrstufiges  
Lagerhaltungsmodell für  
medizinisches Verbrauchsmaterial

Angela Herrmann  
Halle (Saale), Deutschland

Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2015, u.d.T.: Angela Herrmann  
„Lagerhaltung im Krankenhaus. Die Entwicklung von Lagerhaltungsmodellen  
für die Krankenhauslogistik am Beispiel eines mehrstufigen Modells für die  
krankenhausinterne Versorgung mit medizinischem Verbrauchsmaterial.“

ISBN 978-3-658-15225-3                      ISBN 978-3-658-15226-0 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-658-15226-0

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Gabler

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Gabler ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Strasse 46, 65189 Wiesbaden, Germany

*„Hospitals carry large amounts of a great variety of items and since scientific inventory management has been relatively common in industry for many years, one would expect some effort to have been devoted to transferring these methods to the management of hospital stocks. There are, however, a number of problems in directly transferring the techniques developed in industry to the control of inventory in hospitals.“*

BOLDY UND O’KANE (1982) S. 5.

*„Operations Research has vast potential for use in improving the design and operation of health services and the development of suitable OR techniques is a vibrant and growing field. However, great OR is not great OR until it is used and, despite the volume of high quality research and some excellent work on the ground, it is fair to say that OR has not influenced the delivery of health care nearly as far as it could. From that perspective, the potential of OR in health is largely untapped.“*

UTLEY (2012) S. IV.

*„Despite the size and importance of this industry around the world, especially in developed countries, the area of healthcare Supply Chain Management (SCM) and inventory management has been given relatively little attention.“*

KELLE, WOOSLEY UND SCHNEIDER (2012) S. 54.

# Vorwort

Die vorliegende Dissertation ist das Ergebnis meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Produktion und Logistik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Rückblickend auf diese Jahre möchte ich die Gelegenheit nutzen, den Personen zu danken, die maßgeblich zum erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Christian Bierwirth, Inhaber des Lehrstuhls für Produktion und Logistik, für die langjährige Unterstützung, die fachlichen Anregungen sowie die stetige Motivation und die große Geduld mit der er diese Dissertation gefördert hat. Prof. Dr. Claudia Becker, Leiterin des Lehrstuhls für Statistik, danke ich für die wohlwollende Übernahme des Zweitgutachtens und die wertvollen inhaltlichen Hinweise.

Mein Dank gilt den Mitarbeitern am Universitätsklinikum Halle für die Einblicke in die Problembereiche der Krankenhauslogistik und die Kooperationsbereitschaft während des gemeinsamen Forschungsprojektes, das die Basis dieser Arbeit bildet.

Ein herzliches Dankeschön gilt meinen Kollegen an der Juristischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät, die mich über die Jahre begleitet haben. Vor allem dem Team des Lehrstuhls für Produktion und Logistik, namentlich Frank Meisel, Susanne Berger, Thomas Kirschstein, Jens Kuhpfahl, Dorota Mańkowska und Ute Lorenz danke ich für die angenehme, freundschaftliche Zusammenarbeit und die konstruktive Arbeitsatmosphäre.

Ein ganz großer Dank gebührt meiner Familie, meinen Eltern Renate und Stephan Hantschmann, meinem Mann Dirk Herrmann und meinem Sohn Mark für ihre umfassende Unterstützung, ihr Verständnis und ihre Liebe. Sie gaben mir in dieser kräftezehrenden Zeit den erforderlichen persönlichen Rückhalt. Habt vielen Dank.

Angela Herrmann

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XV
Tabellenverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis	XXIII
Symbolverzeichnis	XXV
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Status quo im deutschen Gesundheitswesen . . . . .	1
1.2 Status quo in deutschen Krankenhäusern . . . . .	5
1.3 Status quo im Universitätsklinikum Halle . . . . .	9
1.4 Problemstellung und Aufbau der Arbeit . . . . .	11
<b>2 Grundlagen der Krankenhauslogistik</b>	<b>15</b>
2.1 Begriffliche Einordnung . . . . .	15
2.2 Aufgabenbereiche der Krankenhauslogistik . . . . .	18
2.2.1 Sachgüterlogistik . . . . .	18
2.2.2 Personenlogistik . . . . .	21
2.2.3 Informations- und Kommunikationslogistik . . . . .	24
2.3 Besonderheiten der Logistik im Krankenhaus . . . . .	25
2.4 Rationalisierungsansätze . . . . .	28
2.4.1 Ansatzpunkte in der Sachgüterlogistik . . . . .	28
2.4.2 Ansatzpunkte in der Personenlogistik . . . . .	33
2.4.3 Ansatzpunkte in der Informations- und Kommunikationslogistik . . . . .	36
2.4.4 Operations Research in der Krankenhauslogistik . . . . .	37

<b>3</b>	<b>Grundlagen von Lagerhaltungsmodellen</b>	<b>39</b>
3.1	Begriffsbestimmung . . . . .	39
3.2	Bestandsarten . . . . .	42
3.3	Klassifikation von Lagerhaltungsmodellen . . . . .	45
3.3.1	Dimensionen allgemeiner Lagerhaltungsmodelle . . . . .	45
3.3.2	Dimensionen mehrstufiger Lagerhaltungsmodelle . . . . .	47
3.3.3	Dimensionen einstufiger Lagerhaltungsmodelle . . . . .	51
3.4	Lagerhaltungspolitiken . . . . .	57
3.4.1	Parameter . . . . .	57
3.4.2	(t,q)-Politik . . . . .	59
3.4.3	(s,q)-Politik und (s,nq)-Politik . . . . .	61
3.4.4	(r,s,q)-Politik und (r,s,nq)-Politik . . . . .	62
3.4.5	(t,S)-Politik . . . . .	64
3.4.6	(s,S)-Politik . . . . .	66
3.4.7	(r,s,S)-Politik . . . . .	67
3.5	Kosten- und Leistungskriterien . . . . .	68
3.5.1	Kostenarten . . . . .	69
3.5.2	Servicegrade . . . . .	73
3.5.3	Zeitbezogene Kennziffern . . . . .	75
3.6	Besonderheiten von Lagerhaltungsmodellen im Krankenhaus . . . . .	77
<b>4</b>	<b>Aspekte der Versorgungslogistik</b>	<b>81</b>
4.1	Materialarten . . . . .	81
4.2	Allgemeine Versorgungsstrategien . . . . .	85
4.2.1	Versorgung mit Arzneimitteln . . . . .	85
4.2.2	Versorgung mit Blutprodukten und Transplantaten . . . . .	87
4.2.3	Versorgung mit medizinischem Verbrauchsmaterial . . . . .	91
4.2.4	Versorgung mit Wirtschafts- und Verwaltungsbedarf . . . . .	95
4.2.5	Versorgung mit Lebensmitteln . . . . .	97
4.2.6	Versorgung mit Wasser, Energie und Brennstoffen . . . . .	99
4.3	Versorgungsstruktur für medizinisches Verbrauchsmaterial . . . . .	101
4.4	Versorgungsprozesse für medizinisches Verbrauchsmaterial . . . . .	102
4.4.1	Konventionelle Stationsversorgung . . . . .	102
4.4.2	Modulare Stationsversorgung . . . . .	106
4.4.3	Zentrallagerversorgung . . . . .	108



---

<b>5</b>	<b>Ausgangspunkt der Modellierung</b>	<b>111</b>
5.1	Einordnung . . . . .	111
5.1.1	Einordnung des Gesamtmodells . . . . .	111
5.1.2	Einordnung der Teilmodelle . . . . .	113
5.1.3	Einbindung von Kosten- und Leistungsmaßen . . . . .	116
5.2	Literaturüberblick . . . . .	117
5.2.1	Lagerhaltungsmodelle in der Krankenhauslogistik . . . . .	117
5.2.2	Auswahl mehrstufiger Lagerhaltungsmodelle . . . . .	120
5.2.3	Auswahl einstufiger Lagerhaltungsmodelle . . . . .	126
5.3	Modellierungsansatz . . . . .	129
5.4	Datenanalyse . . . . .	132
5.4.1	Untersuchungsgegenstand . . . . .	132
5.4.2	Beispiele . . . . .	136
<b>6</b>	<b>Modell der konventionellen Stationsversorgung</b>	<b>143</b>
6.1	Abbildung der Nachfrage . . . . .	143
6.2	Belegung der Parameter . . . . .	147
6.3	Aufstellen des Modells . . . . .	151
6.3.1	Notationen . . . . .	151
6.3.2	Bestimmung der Fehlmenge im Beschaffungszyklus . . . . .	153
6.3.3	Bestimmung der Nachfragemenge im Risikozeitraum . . . . .	155
6.3.4	Bestimmung des Überwachungsintervalls . . . . .	158
6.3.5	Bestimmung des Defizits . . . . .	166
6.3.6	Bestimmung der Anzahl bestellter Behälter . . . . .	173
6.3.7	Bestimmung der Anzahl der Behälter im System . . . . .	176
6.3.8	Bestimmung des physischen Lagerbestandes . . . . .	181
6.4	Beispiel . . . . .	186
6.4.1	Anwendung des Modells . . . . .	186
6.4.2	Einordnung der Ergebnisse . . . . .	189
6.4.3	Analyse der Einflussgrößen . . . . .	191
<b>7</b>	<b>Modell der modularen Stationsversorgung</b>	<b>199</b>
7.1	Abbildung der Nachfrage . . . . .	199
7.2	Belegung der Parameter . . . . .	200
7.3	Aufstellen des Modells . . . . .	202
7.3.1	Notationen . . . . .	202
7.3.2	Bestimmung der Fehlmenge im Beschaffungszyklus . . . . .	203

7.3.3	Bestimmung der Bestellmenge . . . . .	207
7.3.4	Bestimmung des physischen Lagerbestandes . . . . .	215
7.4	Beispiel . . . . .	216
7.4.1	Anwendung des Modells . . . . .	216
7.4.2	Einordnung der Ergebnisse . . . . .	218
7.4.3	Analyse der Einflussgrößen . . . . .	220
<b>8</b>	<b>Modell der Zentrallagerversorgung</b>	<b>225</b>
8.1	Abbildung der Nachfrage . . . . .	225
8.2	Belegung der Parameter . . . . .	230
8.3	Aufstellen des Modells . . . . .	232
8.3.1	Notationen . . . . .	232
8.3.2	Bestimmung der Dauer der Lieferunfähigkeit . . . . .	235
8.3.3	Bestimmung der Nachfragemenge im reduzierten Risikozeitraum . . . . .	237
8.3.4	Bestimmung der Länge des Beschaffungszyklus . . . . .	243
8.3.5	Bestimmung der zentrallagerbedingten Wartezeit . . . . .	245
8.3.6	Berücksichtigung aufeinanderfolgender Lieferunfähigkeitszeiträume . . . . .	248
8.3.7	Berücksichtigung von Allokationsregeln . . . . .	257
8.3.8	Bestimmung des Bestellpunktes . . . . .	259
8.3.9	Bestimmung des physischen Lagerbestandes . . . . .	267
8.4	Beispiel . . . . .	271
8.4.1	Anwendung des Modells . . . . .	271
8.4.2	Einordnung der Ergebnisse . . . . .	278
8.4.3	Analyse der Einflussgrößen . . . . .	280
<b>9</b>	<b>Schlussbetrachtungen</b>	<b>285</b>
9.1	Zusammenfassung . . . . .	285
9.2	Herausforderungen . . . . .	287
9.3	Potentiale . . . . .	290
9.4	Ausblick . . . . .	291
<b>Anhang</b>		<b>297</b>
<b>A</b>	<b>Daten zum Gesundheitswesen in Deutschland</b>	<b>297</b>

---

<b>B Datenbeispiel</b>	<b>303</b>
B.1 Versorgung mit Windeln Micro . . . . .	304
B.2 Versorgung mit Einmal-Neutralelektroden . . . . .	309
B.3 Versorgung mit Ersatzbeuteln 3,0l für das Urinmesssystem . . . . .	314
B.4 Versorgung mit Universalbinden 5 m x 15 cm . . . . .	319
<b>C Ergänzungen zu den Modellen</b>	<b>325</b>
C.1 Herleitung des Erwartungswertes der Fehlmenge im Beschaffungszyklus . . . . .	325
C.2 Alternativen im Umgang mit variablen Überwachungsintervallen . . . . .	327
C.3 Rechenvorschriften für drei ungleiche Überwachungsintervalle . . . . .	329
C.4 Herleitung der Momente der Anzahl bestellter Behälter . . . . .	332
C.5 Alternativen bei der Berechnung des physischen Lagerbestandes . . . . .	334
C.6 Herleitung der optimalen Bestellmenge beim verteilungsfreien Ansatz . . . . .	342
C.7 Korrekturen für kleine Basisbestimmungen . . . . .	344
C.8 Alternativen zur Bestimmung des Defizits . . . . .	350
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>353</b>
<b>Rechtsquellenverzeichnis</b>	<b>381</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Herausforderungen im Gesundheitswesen . . . . .	3
1.2	Entwicklung der Gesundheitsausgaben in Deutschland . . . . .	4
1.3	Entwicklung der Krankenhäuser in Deutschland . . . . .	8
1.4	Aufbau der Arbeit . . . . .	12
2.1	Organisatorische Einordnung der Krankenhauslogistik . . . . .	16
2.2	Bereiche der Krankenhauslogistik . . . . .	18
2.3	Personal der Krankenhäuser in Deutschland im Jahr 2012 . . . . .	22
2.4	Medizinischer Behandlungsprozess . . . . .	23
2.5	Planungsprobleme in der Krankenhauslogistik . . . . .	38
3.1	Bestandsarten (Teil 1) . . . . .	43
3.2	Bestandsarten (Teil 2) . . . . .	44
3.3	Strukturen mehrstufiger Lagerhaltungssysteme . . . . .	48
3.4	Bestandteile der Wiederbeschaffungszeit . . . . .	52
3.5	Lagerbestandsverlauf bei deterministischen Einflussgrößen . . . . .	59
3.6	Lagerbestandsverlauf einer (t,q)-Politik . . . . .	61
3.7	Lagerbestandsverlauf einer (s,q)-Politik . . . . .	62
3.8	Lagerbestandsverlauf einer (r,s,q)-Politik . . . . .	63
3.9	Lagerbestandsverlauf einer (t,S)-Politik . . . . .	65
3.10	Lagerbestandsverlauf einer (s,S)-Politik . . . . .	66
3.11	Lagerbestandsverlauf einer (r,s,S)-Politik . . . . .	68
3.12	Kostenarten in Lagerhaltungsmodellen . . . . .	72
4.1	Sachkosten der Krankenhäuser in Deutschland im Jahr 2012 . . . . .	82
4.2	Materialien im Krankenhaus . . . . .	84
4.3	Versorgungsstrukturen für Arzneimittel . . . . .	86
4.4	Versorgungsstrukturen für Blutprodukte . . . . .	89
4.5	Versorgungsstrukturen für Transplantate . . . . .	91

4.6	Versorgungsstrukturen für medizinisches Verbrauchsmaterial . . .	93
4.7	Versorgungsstrukturen für Wirtschafts- und Verwaltungsbedarf .	96
4.8	Versorgungsstrukturen für Lebensmittel . . . . .	99
4.9	Versorgungsstrukturen für Wasser, Energie und Brennstoffe . . .	100
4.10	Lagerhaltungssystem . . . . .	101
4.11	Ablauf und organisatorische Einbindung der Stationsversorgung .	108
4.12	Ablauf und organisatorische Einbindung der Zentrallagerversorgung	109
5.1	Aufbau der modellbezogenen Kapitel . . . . .	132
5.2	Artikel und Stationen des UKH im Untersuchungszeitraum . . .	133
5.3	Artikelzahlen auf den Stationen des UKH im Untersuchungszeit- raum . . . . .	134
5.4	Stationszuordnungen der Artikel des UKH im Untersuchungszeit- raum . . . . .	134
5.5	Buchungszahlen der Artikel-Stationen-Kombinationen des UKH im Untersuchungszeitraum . . . . .	136
5.6	Beziehungen zwischen den verschiedenen Mengeneinheiten . . . .	138
5.7	Bestellungen von Universalbinden durch Station D06 im Untersu- chungszeitraum . . . . .	139
5.8	Bestellungen von Universalbinden durch Station D17 im Untersu- chungszeitraum . . . . .	140
5.9	Bestellungen von Universalbinden durch Station D14 im Untersu- chungszeitraum . . . . .	141
6.1	Dichtefunktion der Gammaverteilung . . . . .	145
6.2	Notationen des Modells der konventionellen Stationsversorgung .	152
6.3	Dichtefunktion von $\tau$ am Beispiel . . . . .	162
6.4	Algorithmus zur Bestimmung der Anzahl der Behälter im System	180
6.5	Lagerbestände zu definierten Zeitpunkten . . . . .	182
6.6	Zusammenhänge zwischen verschiedenen Zeit- und Bestandsgrößen	185
6.7	Entwicklung des optimalen Bestellpunktes bei unterschiedlichen Wiederbeschaffungszeiten am Beispiel der Station D06 . . . . .	193
6.8	Entwicklung des durchschnittlichen physischen Bestandes bei un- terschiedlichen Wiederbeschaffungszeiten am Beispiel der Station D06 . . . . .	194
6.9	Entwicklung des optimalen Bestellpunktes bei unterschiedlichen Servicegraden am Beispiel der Station B08 . . . . .	196

---

6.10	Entwicklung des durchschnittlichen physischen Bestandes bei unterschiedlichen Servicegraden am Beispiel der Station B08 . . . . .	196
7.1	Notationen des Modells der modularen Stationsversorgung . . . . .	203
7.2	Algorithmus zur Bestimmung der Bestellmenge bei gammaverteilter Nachfrage . . . . .	210
7.3	Algorithmus zur Bestimmung der Bestellmenge bei verteilungsfreiem Ansatz . . . . .	214
7.4	Entwicklung des durchschnittlichen physischen Bestandes bei unterschiedlichen Servicegraden für verschiedene Ansätze der Fehlmengenberechnung . . . . .	216
7.5	Entwicklung des optimalen Bestellpunktes bei unterschiedlichen Wiederbeschaffungszeiten am Beispiel der Station A10 . . . . .	221
7.6	Entwicklung des durchschnittlichen physischen Bestandes bei unterschiedlichen Wiederbeschaffungszeiten am Beispiel der Station A10 . . . . .	222
7.7	Entwicklung des optimalen Bestellpunktes bei unterschiedlichen Servicegraden am Beispiel der Station A10 . . . . .	223
7.8	Entwicklung des durchschnittlichen physischen Bestandes bei unterschiedlichen Servicegraden am Beispiel der Station A10 . . . . .	224
8.1	Notationen des Modells der Zentrallagerversorgung . . . . .	233
8.2	Bestandteile eines Beschaffungszyklus . . . . .	243
8.3	Überschneidung von Lieferunfähigkeitszeiträumen . . . . .	250
8.4	Algorithmus zur Bestimmung geeigneter Parameterkombinationen (Teil 1) . . . . .	262
8.5	Algorithmus zur Bestimmung geeigneter Parameterkombinationen (Teil 2) . . . . .	263
8.6	Überschneidungszeitraum bei der Überlappung von Lieferunfähigkeiten . . . . .	269
8.7	Entwicklung der Bestellpunkte der Stationen in Abhängigkeit vom Bestellpunkt des Zentrallagers . . . . .	277
8.8	Entwicklung des durchschnittlichen physischen Bestandes in Abhängigkeit vom Bestellpunkt des Zentrallagers . . . . .	278
8.9	Entwicklung des tatsächlichen physischen Zentrallager-Bestandes im Untersuchungszeitraum . . . . .	279

8.10	Grundlegende Beziehungen zwischen den einzelnen Größen des Zentrallagers . . . . .	281
9.1	Vorteile des Lagerhaltungsmodells . . . . .	295
C.1	Abweichungen vom durchschnittlichen physischen Bestand im Überblick . . . . .	341
C.2	Abweichungen vom durchschnittlichen physischen Bestand im Detail	342