

Jan Christoph Meyer · Ulrich Sander ·
Philipp Wetzchewald

Bestände senken, Lieferservice steigern – Ansatzpunkt Bestandsmanagement

RHrsg.:
Günther Schuh, Volker Stich



Autoren:

Dr. Jan Christoph Meyer, LSG Sky Chefs Europe GmbH
Dr. Ulrich Sander, DR. SANDER & PARTNER MANAGEMENTBERATUNG
Philipp Wetzchewald, FIR e. V. an der RWTH Aachen

Reihenherausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh, Direktor des FIR e. V. an der RWTH Aachen
Prof. Dr.-Ing. Volker Stich, Geschäftsführer des FIR e. V. an der RWTH Aachen

© 2019, FIR e. V. an der RWTH Aachen

Campus-Boulevard 55

52074 Aachen

Telefon: +49 241 47705-0

Fax: +49 241 47705-199

E-Mail: info@fir.rwth-aachen.de

Internet: www.fir.rwth-aachen.de

Alle Rechte vorbehalten.

Gender-Erklärung:

In der vorliegenden Publikation haben wir uns entschieden, zur Vereinfachung und wegen der besseren Lesbarkeit eine generische Form, die des generischen Maskulinums, zu verwenden. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass die Verwendung dieser Form geschlechterunabhängig gilt und verstanden werden soll.

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über dnb.d-nb.de abrufbar.

Bestände senken, Lieferservice steigern – Ansatzpunkt Bestandsmanagement

FIR-Edition Praxis, Band 12, 3., durchges. u. aktualis. Auflage

ISBN: 978-3-943024-34-0

Korrektorat:

Simone Suchan M.A., FIR e. V. an der RWTH Aachen

Layout, Satz und Bildbearbeitung:

Julia Quack van Wersch, M. A., FIR e. V. an der RWTH Aachen

Druck und Bindung:

AWD Druck + Verlag GmbH

Bildnachweise:

Grafiken: © FIR e. V. an der RWTH Aachen

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	III
AUTORENINFORMATIONEN.....	IV
VORWORT	1
1 BESTANDSMANAGEMENT IM ÜBERBLICK	3
1.1 Zur Bedeutung des Bestandsmanagements.....	3
1.2 Zielsystem Bestandsmanagement	4
1.3 Einfluss des Bestandsmanagements auf den Unternehmenserfolg	5
1.4 Zielkonflikte im betrieblichen Bestandsmanagement	7
1.5 Ursachen für hohe Bestände bei geringer Lieferbereitschaft	9
1.6 Aufgaben und Ziele des Bestandsmanagements	10
1.7 Materialbedarfsarten	12
1.8 Bestandsarten	13
1.9 Bestellpolitiken bei der Bestandsführung.....	16
2 ANALYSE DISPOSITIONSRELEVANTER DATEN.....	19
2.1 Artikelklassifizierung als Grundlage der Planung.....	19
2.2 ABC-Analyse.....	20
2.3 XYZ-Analyse	21
2.4 Nutzung der Artikelklassifizierung in der Planung	22
3 BEDARFSPLANUNG	27
3.1 Verfahren der Bedarfsplanung	27
3.2 Prognoseverfahren – eine detaillierte Betrachtung.....	29
3.3 Messung der Prognosegenauigkeit.....	35
3.4 Einsatzzeignung von Prognoseverfahren.....	37
4 BESTANDSPLANUNG.....	39
4.1 Bestandsführung.....	39
4.2 Aufgaben der Bestandsplanung.....	40
4.3 Berücksichtigung von produktionsseitigen Schwankungen.....	44
5 BESCHAFFUNGSPLANUNG	47
5.1 Beschaffungsauslösung	47
5.2 Beschaffungsmengenrechnung.....	52
5.3 Bewertung der unterschiedlichen Verfahren.....	57

6	KOLLABORATIVE DISPOSITION	59
6.1	Bullwhip-Effekt	59
6.2	Koordination der Zusammenarbeit	62
6.3	Planungsschritte zur Bestandsreduzierung in Supply-Chains	66
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	68
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	69

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Bild 1	Zielsystem Bestandsmanagement	4
Bild 2	Ergebniswirksamkeit: Bestandssenkung und Umsatzsteigerung.....	5
Bild 3	Return on Investment.....	6
Bild 4	Vor- und Nachteile der Bevorratung.....	8
Bild 5	Verlauf der Bestandskosten in Abhängigkeit des Lieferbereitschaftsgrades	9
Bild 6	Aufgabenverteilung im Unternehmen	11
Bild 7	Klassisches Lagerhaltungsmodell	14
Bild 8	Reale Abweichungen von Prämissen im klassischen Lagerhaltungsmodell	14
Bild 9	Fallbeispiel: Klassifikation von Haushaltswaren	20
Bild 10	ABC-Analyse	21
Bild 11	XYZ-Analyse.....	22
Bild 12	ABC-/XYZ-Analyse.....	23
Bild 13	Planungsstrategien und -verfahren der Automotive-Industrie	25
Bild 14	Arten von Zeitreihen	29
Bild 15	Verfahrensgruppen der stochastischen Bedarfsermittlung	30
Bild 16	Exemplarische Erläuterung von Prognoseverfahren anhand der exponentiellen Glättung	34
Bild 17	Exponentielle Glättung 1. Ordnung für unterschiedliche Glättungsparameter	36
Bild 18	Einsatzzeichnung der Prognoseverfahren	38
Bild 19	Bestimmung des k-Faktors aus der Standardabweichung	42
Bild 20	(t,q)-Politik.....	48
Bild 21	(t,S)-Politik	48
Bild 22	(s,q)-Politik.....	49
Bild 23	(s, S)-Politik	49
Bild 24	(t,s,q)-Politik	50
Bild 25	(t,s,S)-Politik	50
Bild 26	Termin- und bestandsbezogene Beschaffungsauslösung.....	51
Bild 27	Optimale Beschaffungsmenge nach HARRIS-ANDLER.....	55
Bild 28	Differenzierte Ermittlung der optimalen Beschaffungsmenge	58
Bild 29	Bullwhip-Effekt.....	60
Bild 30	Die zwei Typen des Bullwhip-Effekts	61
Bild 31	Beispiele für unterschiedliche Zeitreihen mit gleicher Varianz	62
Bild 32	Lieferkettenübergreifende Dispositionsstrategien	64
Bild 33	Zentrale Push-/Pulldisposition	65
Bild 34	Dezentrale Pushdisposition.....	66
Bild 35	Dezentrale Pulldisposition	67
Bild 36	Differenzierte Disposition innerhalb einer Supply-Chain.....	67

AUTORENINFORMATIONEN



Philipp Wetzchewald, M.Sc. RWTH
FIR e. V. an der RWTH Aachen
Bereich Produktionsmanagement
Campus-Boulevard 55
52074 Aachen
Tel.: +49 241 47705-409
E-Mail: Philipp.Wetzchewald@fir.rwth-aachen.de
Internet: www.fir.rwth-aachen.de

Philipp Wetzchewald arbeitet seit 2015 als Projektmanager und wissenschaftlicher Mitarbeiter am FIR e. V. an der RWTH Aachen. Neben diversen ERP-Auswahl-Projekten begleitete er zudem Systemauswahlen im Bereich MES bei mittelständischen Unternehmen.

Am FIR leitet Herr Wetzchewald die Gruppe Produktionsplanung, welche sich forschungsseitig mit Themen rund um IT & Prozesse, Digitalisierung, ERP & MES sowie Logistik auseinandersetzt. Darüber hinaus ist er für das ERP-Innovationslabor am Cluster Smart Logistik verantwortlich, welches für den direkten Transfer von Forschungsergebnissen aus dem Bereich Produktionsmanagement und Logistik in die Praxis steht.

Zuvor studierte Herr Wetzchewald Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Maschinenbau an der RWTH Aachen.



Dr.-Ing. Jan Christoph Meyer
LSG Sky Chefs Europe GmbH
Dornhofstraße 40
63263 Neu-Isenburg
Internet: www.lsgskychefs.com

Dr. Jan Christoph Meyer verfügt über mehr als 13 Jahre Erfahrung in den Bereichen Operations, Supply-Chain-Management und Logistik.

Seit mehr als 8 Jahren arbeitet er für die LSG Group, die Catering-Tochter der LUFTHANSA Group. Dort ist er derzeit verantwortlich für die globale Leitung und strategische Ausrichtung des Bereichs *Product and Service Development* sowie der Einkaufsorganisation. Darüber hinaus bekleidet er die Funktion *Global Category Management für Food, Beverages & Catering Equipment* für den Einkauf der gesamten LUFTHANSA Group.

Zuvor trug Dr. Jan Christoph Meyer die globale Verantwortung für alle Supply-Chain- und Netzwerkprozesse innerhalb des Produktionsnetzwerks der LSG Group und der Transformation des gesamten europäischen Produktionsnetzwerks.

Er begann seine Tätigkeit bei der LSG Group als *Assistant Manager* des COO und hatte eine Reihe von Führungspositionen in den Bereichen *Product Engineering, Turnaround Management, Transformation und Lean Production* in den Regionen Nordamerika und Europa inne.

Zuvor war er fünf Jahre am FIR e. V. an der RWTH Aachen als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter tätig und promovierte an der RWTH Aachen zum Doktor der Ingenieurwissenschaften.



Dr.-Ing. Ulrich Sander
Advanced Planning Solutions . Dr. Sander GmbH
Dr. Sander & Partner Managementberatung
Am Wiesenbusch 2
45966 Gladbeck
Tel.: +49 (2043) 944-215
E-Mail: ulrich.sander@dr-sander.com
Internet: www.dr-sander.com

Dr. Ulrich Sander verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung im Bereich Advanced Planning, speziell Bestandsmanagement & -optimierung sowie Ressourcenplanung & -optimierung in Produktion und Logistik.

Dr. Ulrich Sander ist seit 1996 mit der Dr. Sander & Partner Managementberatung selbständig tätig. Consultingleistungen zum Projektcoaching für Produktion und Logistik werden flankiert durch Consulting & Services zum Einsatz von Advanced-Planning-Solutions in Produktion und Logistik. Zum Einsatz kommen komplementäre Lösungen etablierter Partner, um aufbauend auf mehr als 3.800 Installationen im Partnernetzwerk spezifische Lösungen für Anwenderunternehmen aus verschiedensten Branchen zu schaffen.

Weiterhin unterhält Dr. Sander Kooperationen zu spezialisierten Beratungsgesellschaften, zu anderen Mitgliedern der FIR-Solution-Group sowie zu Partnern im Cluster Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus.

Die Tätigkeitsschwerpunkte von Dr. Sander liegen heute in der Struktur- und Prozessoptimierung, in der Modellierung realer Produktions- und Logistiksysteme, im Customizing von Planungs- und Optimierungsverfahren, in der Gestaltung und Umsetzung von Rationalisierungsmaßnahmen sowie in der Entwicklung von Strategien zur Unternehmensentwicklung in Produktion und Logistik.

Dr. Ulrich Sander studierte an der RWTH Aachen Maschinenbau, mit dem Schwerpunkt Fertigungstechnik und Produktionssystematik, um im Anschluss als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e. V. an der RWTH Aachen erste Projekterfahrungen in der Logistik zu sammeln. Vor seiner Selbständigkeit leitete Dr. Sander den Bereich Logistik am FIR und übernahm für mehrere Jahre den Lehrauftrag der RWTH Aachen für industrielle Logistik. Er promovierte an der RWTH Aachen mit einem Verfahren zur Produktionsplanung & -optimierung mit simultaner Kapazitäts- und Reihenfolgeplanung bei Serienfertigung; ein Thema, das heute dem Bereich Advanced Planning unter Einsatz naturanaloger Optimierungsverfahren zugeordnet wird.

VORWORT

Edition Praxis | Bd. 12 Ansatzpunkt Bestandsmanagement

Um im Rahmen des Transferauftrags neue Forschungsergebnisse, innovative Methoden und Konzepte der Öffentlichkeit stärker zugänglich zu machen, wurde im FIR-Eigenverlag die Reihe „Edition Praxis“ entwickelt, in der die Ergebnisse abgeschlossener Projekte strukturiert und praxisorientiert dargestellt sind. Im Rahmen des vorliegenden Kompendiums wird ein zusammenhängendes und vollständiges Planungskonzept zur artikelklassenspezifischen Disposition vorgestellt. Auf Basis der Artikelklassifizierung werden die drei Säulen des Bestandsmanagements – Bedarfs-, Bestands- und Beschaffungsplanung – sowie die Zusammenhänge im Detail erläutert. Darauf folgt ein Ausblick auf die kollaborative Disposition. Es werden Ansätze zur Lieferkettenübergreifenden Disposition zur Reduzierung des Bullwhip-Effekts dargestellt. Die Darstellung gliedert sich daher in folgende Kapitel:

- Bestandsmanagement im Überblick
- Artikelklassifizierung
- Bedarfsplanung
- Bestandsplanung
- Beschaffungsplanung
- Kollaborative Disposition

Die dem Gesamtzusammenhang der Disposition folgende Lektion bietet einen Leitfaden für ein vollständiges Konzept zur verbrauchsgesteuerten Disposition. Dazu werden Verfahren vorgestellt, die eine stochastische Bedarfsermittlung ermöglichen. Die Ermittlung von dynamischen Sicherheitsbeständen und Bestellpunkten wird anhand erläuterter Verfahren verdeutlicht und die Bestimmung von Beschaffungsmengen anhand unterschiedlicher Methoden vorgestellt.

Die Autoren stehen Ihnen bei Fragen gerne zur Verfügung. Der kürzeste Weg führt über die jeweiligen Webseiten oder über XING. Zunächst aber wünschen wir Ihnen eine interessante Lektüre, im besten Fall mit nützlichen Erkenntnissen zur Umsetzung von Bestandsmanagement und -optimierung in Ihrer betrieblichen Praxis.

Konsortium dieser Edition

FIR an der RWTH Aachen

Der FIR e. V. ist ein selbständiger Forschungsdienstleister an der RWTH Aachen mit mehr als 65-jähriger Erfahrung in der Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Steigerung von Wachstum und Beschäftigung. Er ist Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und zählt rund 150 Mitgliedsunternehmen und Verbände mit mehr als 50.000 angeschlossenen Unternehmen. In den Forschungsbereichen Produktionsmanagement,

Dienstleistungsmanagement, Informationsmanagement und Business-Transformation sowie mehreren bereichsübergreifenden Practices zu Themen wie Lean Manufacturing oder Performance-Measurement gestalten – in einer Netzorganisation – 150 wissenschaftliche Mitarbeiter und studentische Hilfskräfte die Betriebsorganisation im Unternehmen der Zukunft.

Seit 1997 ist das FIR als eine der ersten Forschungseinrichtungen Deutschlands nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert. Oberster Qualitätsmaßstab des Instituts ist die Erbringung einer kompetenten und nutzbringenden Leistung für seine Partner. Dies sind Unternehmen und öffentliche Institutionen, Förder- und Forschungseinrichtungen und die Nutzer der FIR-eigenen Transfer- und Weiterbildungsaktivitäten. Als Forschungsdienstleister agiert das FIR in der vorwettbewerblichen Forschung als Interessenvertreter von Unternehmen, als Partner der Wirtschaft und als Branchenforschungsstelle von Verbänden in teils nationalen, teils internationalen Verbundprojekten. Im Rahmen der Auftragsforschung vertieft das FIR seine Forschungsarbeiten durch Projekte mit Kunden der Industrie und der Dienstleistungswirtschaft. Es kooperiert dabei mit Beratungsinstitutionen, die im Innovations- und Forschungsprozess wichtige Transferfunktionen wahrnehmen. Das FIR flankiert seine Projekte durch zahlreiche Partnerschaften mit nationalen und europäischen Forschungs- und Transfereinrichtungen.

DR. SANDER & PARTNER MANAGEMENTBERATUNG

Bei dynamischen Rahmenbedingungen geht es letztlich auch für Unternehmen um *Survival-of-the-fittest*. Erfolgreiche Unternehmen adaptieren Strategien, Strukturen und Prozesse schneller und besser, als es die Wettbewerber tun. DR. SANDER bietet Consulting & Services zur Planung und Optimierung der industriellen Produktion und Logistik. Leitbild aller Aktivitäten ist das Optimierungsprinzip der Natur: adaptives Verhalten.

Da sich die Potenziale primär über interdisziplinäre Teams und über die Verzahnung von IT-Lösungen mit passenden Beratungsansätzen erschließen lassen, hat sich das FIR gemeinsam mit Solution-Partnern entsprechend aufgestellt. Mit einem Portfolio sich komplementär ergänzender, praxiserprobter Lösungen zu Advanced Planning, Monitoring & Control lassen sich in wettbewerbsrelevanten Dimensionen signifikante Verbesserungen erreichen: Statt monatelanger Diskussion gibt es bei so (einfach) ROI in wenigen Monaten.

Ergebnis ist messbarer Nutzen in allen Dimensionen der Logistikleistung sowie die Steigerung von Produktivität und Durchsatz – mit dauerhaften Verbesserungen hinsichtlich Liquiditätsfreisetzung und laufender Kostenreduzierung.

FIR-Solution-Group

Vor dem Hintergrund des Ansatzes **Science-to-Business** haben sich das FIR und eine Reihe von Start-ups und Spin-offs zur FIR-Solution-Group zusammengeschlossen. Entsprechend dem Leitgedanken „Assess & Assist“ werden Erkenntnisse aus kooperativ betriebener Forschung und Entwicklung in Produkte transferiert, die in der industriellen Praxis zum Einsatz kommen. Relevante Fragestellungen aus der Industrie finden wiederum verallgemeinert Eingang in Aufgabenstellungen der anwendungsorientierten Forschung. Der hier betrachtete Themenbereich **Bestandsmanagement & -optimierung** wird durch das FIR und DR. SANDER, Gladbeck, bearbeitet.

1 Bestandsmanagement im Überblick

Das vorliegende Kapitel gibt einen ersten Überblick über das betriebliche Bestandsmanagement. Grundlegende Begrifflichkeiten, die Stellung der Disposition im Unternehmen sowie Problemfelder und Zielkonflikte werden erläutert. Nachdem zuerst die Bedeutung des Bestandsmanagements im Kontext der aktuellen Entwicklungen im industriellen Wettbewerb verdeutlicht wird, erfolgt die Erläuterung des ganzheitlichen Zielsystems der Disposition, determiniert durch die Zielgrößen: Lieferservice, Bestandskosten und Kapitalbindung.

In den Unterkapiteln wird die Bedeutung von Beständen im Hinblick auf den Unternehmenserfolg und der zentrale Zielkonflikt der Disposition – hohe Lieferbereitschaft bei niedrigen Beständen – dargestellt. Nach einem Exkurs über die Ziele und Aufgaben der Disposition werden das nötige Grundvokabular und die für das Verständnis der Folgekapitel nötigen Fachtermini eingeführt. Soweit die planerisch relevanten Teilbereiche adressiert sind, werden die Begriffe Bestandsmanagement und Disposition im Folgenden synonym verwendet.

1.1 Zur Bedeutung des Bestandsmanagements

Die letzten Jahre sind gekennzeichnet durch einen zunehmenden Wandel des industriellen Wettbewerbs. Das ständig wachsende Angebot hat zu einer Sättigung der Absatzmärkte geführt. Die Realisierung einer hohen logistischen Leistungsfähigkeit, wie z. B. Gewährleistung einer hohen Termintreue, kurzer Lieferzeiten oder einer hohen Flexibilität, ist daher heutzutage zu einem der entscheidenden Differenzierungskriterien im Wettbewerb geworden (s. SANDER 2001, S. 2ff.).

Der Kunde wünscht Erzeugnisse, welche so weit wie möglich seine speziellen Anforderungen erfüllen: Die Folgen sind zunehmend inhomogene Kundengruppen und eine Diversifikation der Produktprogramme mit kürzeren Entwicklungs- und Lieferzeiten für die Industrieunternehmen (s. FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 10f.). Bei dem Erzeugnisprogramm lässt sich als Konsequenz dieser Veränderungen zunehmend ein Trend zu sinkenden Stückzahlen mit steigender Anzahl der Varianten erkennen. Gleichzeitig wachsen die marktseitigen Forderungen nach kürzeren Lieferzeiten und höherer Lieferbereitschaft. Eine hohe logistische Leistungsfähigkeit ist daher unerlässlich, um trotz dieser Rahmenbedingungen eine wirtschaftliche Produktion zu ermöglichen.

Mit dem Ziel, die vom Markt geforderten Lieferzeiten zu realisieren und eine hohe Lieferbereitschaft zu gewährleisten, sind die Unternehmen in zunehmendem Maße gezwungen, eine Vielzahl von Artikeln zu bevorraten und damit notwendigerweise verbrauchsbezogen zu disponieren (S. NOACK 1993, S. 40f.). Gleichzeitig müssen Unternehmen durch den zunehmenden Kostendruck bestehende Kostensenkungspotenziale ausschöpfen, um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Aufgrund der in der Regel hohen Lagerhaltungs- und Kapitalbindungskosten stellt das Lager einen entscheidenden Rationalisierungsschwerpunkt dar (s. SANDER ET AL. 1995, S. 7).

Vor dem Hintergrund dieser Randbedingungen besteht in der Optimierung des betrieblichen Bestandsmanagements ein vielversprechender Ansatz zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Die große Bedeutung einer optimierten Materialdisposition wird deutlich, wenn berücksichtigt wird, dass in vielen Unternehmen die Materialkosten über 50 Prozent der Herstellungskosten ausmachen und gewöhnlich beträchtliches Kapital in den Lagerbeständen gebunden ist (s. ARNOLDS ET AL. 2016, S. 16; SANDER ET AL. 1995a, S. 2). Studien zeigen, dass durch eine optimierte Bestellpolitik Bestandssenkungen in Höhe von 30 Prozent – bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Lieferbereitschaft – erreichbar sind (s. ABELS 2000, S. 490f.; HAUGG 2002, S. 40ff.). Im Rahmen des Bestandsmanagements wird daher ein möglichst optimaler Ausgleich im Konflikt zwischen den zum Teil gegenläufigen Zielgrößen der Disposition – Sicherstellung der vom Markt geforderten Lieferbereitschaft bei möglichst geringer Kapitalbindung und Kosten – angestrebt (s. ABELS U. SANDER 1993, S. 82ff.).

1.2 Zielsystem Bestandsmanagement

Das Zielsystem zur wirtschaftlichen Beurteilung des Bestandsmanagements bzw. der Disposition ist durch drei messbare Dimensionen vollständig zu beschreiben – Lieferservice, Bestandskosten und Kapitalbindung (s. Bild 1). Die Dimension **Lieferservice** fasst alle relevanten Key-Performance-Indicators (KPI) für logistikbezogene Leistungskriterien zusammen, die zur Beurteilung der Kundenzufriedenheit herangezogen werden können (s. TEMPELMEIER 2015, S. 18).

So werden bei der Beurteilung des Lieferservice die Lieferfähigkeit, die Lieferbereitschaft, die Mengen- und Termintreue sowie die Anzahl der Stock-outs berücksichtigt.

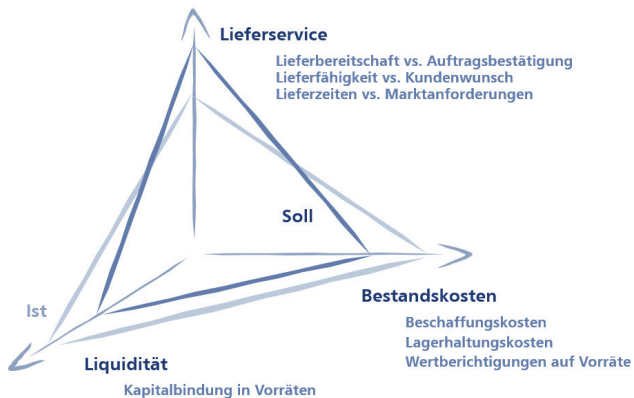


Bild 1: Zielsystem Bestandsmanagement (eigene Darstellung)

Die Kapitalbindung beschreibt die wertmäßige Bindung der Liquidität durch Vorräte bzw. Bestände. Zu den Bestandskosten gehören alle relevanten, kontinuierlich anfallenden Kosten. Dies sind Beschaffungskosten, Frachtkosten, Dispositions- und Abwicklungskosten, Lager- und Obsoleszenzkosten sowie die Kapitalbindungskosten als Verzinsung des eingesetzten Kapitals. Das Zielsystem **Bestandsmanagement** kann zu einer messbaren, wirtschaftlichen Beurteilung des Bestandsmanagements herangezogen werden. Auf der einen Seite wird die Kundenzufriedenheit indirekt durch den Lieferservice und auf der anderen Seite durch die Kosten berücksichtigt. In der Optimierung der zum Teil gegenläufigen Zieldimensionen besteht die grundlegende Aufgabe des betrieblichen Bestandsmanagements.

1.3 Einfluss des Bestandsmanagements auf den Unternehmenserfolg

Auf Basis des Zielsystems **Bestandsmanagement** kann die Optimierung desselben durchgeführt werden, um etwa gegenüber der Ausgangssituation eine Erhaltung oder Erhöhung des Lieferservice bei gleichzeitiger Reduzierung der Bestände zu erreichen (s. LUTZ 2004, S. 41ff.). Gegenüber dem Kunden führt dies zu dem gleichen oder einem verbesserten logistischen Leistungsangebot bei deutlich geringeren Beständen.

Wird das Umsatzäquivalent einer Bestandsreduzierung berücksichtigt (s. Bild 2), verdeutlicht sich die Notwendigkeit der Berücksichtigung aller Einflussfaktoren zur Effizienzsteigerung des Bestandsmanagements.

Einschränkend zu dieser Betrachtung einer Bestandsreduzierung als Umsatzäquivalent ist anzumerken, dass GROCHLA ET AL. einen linearen Zusammenhang hinsichtlich Umsatzwachstum

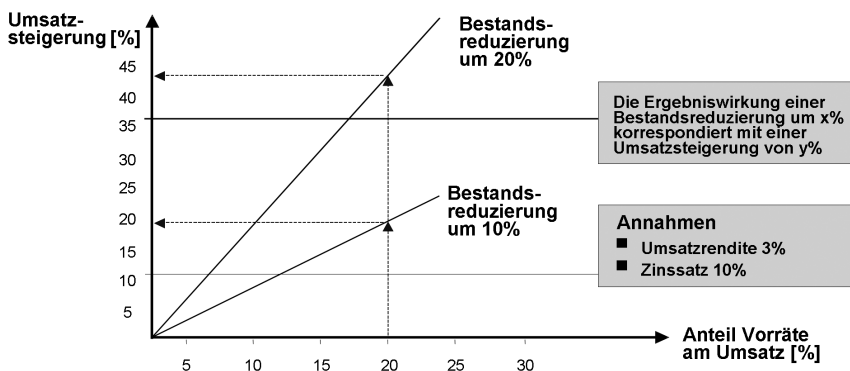


Bild 2: Ergebniswirksamkeit: Bestandssenkung und Umsatzsteigerung (GROCHLA ET AL. 1984, S. 31)

und Kostensteigerung unterstellen (s. GROCHLA ET AL. 1984, S. 31). Direkte Linearität kann jedoch nach Einschätzung der Autoren nur in erster Näherung angesetzt werden, da produzierende Unternehmen im Allgemeinen schon hinsichtlich der direkten Produktionsfaktoren nicht im Bereich der Grenzauslastung operieren. Im Bereich der Gemeinkosten ist die Betrachtung ohnehin nicht anwendbar. Diese Einschränkung relativiert zwar die absoluten Angaben zum Umsatzäquivalent – tendenziell kann aber hierüber sehr anschaulich der quantitative Ergebnisbeitrag einer Bestandsreduzierung aufgezeigt werden.

Berücksichtigt man zudem weitere direkt beeinflusste Kostenanteile, zusätzlich zu den Kapitalbindungskosten, so erhöht sich die Ergebniswirkung, und die Darstellung kann vertretbar als Näherung gelten.

Während die vorgenannte Betrachtung nach GROCHLA ET AL. über die Reduzierung der Kapitalbindungskosten rein auf die direkte Ergebniswirksamkeit abzielt (s. GROCHLA ET AL. 1084, S. 31), lässt sich zusätzlich eine Wirkung über die Reduzierung der Kapitalbindung ableiten. Da die Vorräte als wesentliche Bilanzposition dem Umlaufvermögen zuzuordnen sind, ergibt sich, dass eine Bestandsreduzierung über die Verringerung der Position Vorräte das eingesetzte Gesamtkapital reduziert.

Hintergrund ist die Auswirkung auf die Rendite, speziell auf den Return on Investment (ROI). Der ROI ergibt sich als Relation von Ergebnis zu eingesetztem Gesamtkapital. Somit liefert eine Reduzierung der Kapitalbindung ceteris paribus bei gleichem Unternehmensergebnis eine Steigerung des ROI (s. HARTMANN 2002, S. 55f.). Durch Reduzierung der ausgabewirksamen Kapitalbindungskosten – zu rechnen als Finanzierung des gebundenen Kapitals unter Ansatz des langfristigen Kapitalmarktzinses – erhöht sich die kapitalseitige Wirkung auf den ROI (s. Bild 3). Unmittelbare Folge ist eine häufig signifikante Verbesserung der Spitzenkennzahlen zur Rentabilität des Unternehmens.

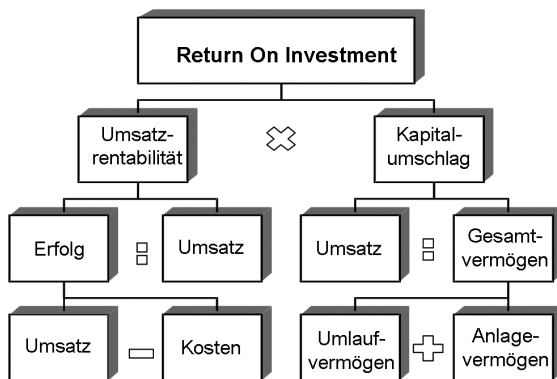


Bild 3: Return on Investment (FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 221)

Einen indirekten Einfluss auf den ROI hat zudem die Steigerung oder zumindest Aufrechterhaltung des Lieferservice. Durch die Gewährung eines hohen Lieferbereitschaftsgrades kann es nicht zu Umsatzausfällen aufgrund von Versorgungsschwierigkeiten zum Kunden kommen. Diese potenziellen Umsatzausfälle können durch ein optimiertes Bestandsmanagement vermieden werden. Damit hat ein hoher Lieferservice einen indirekten, positiven Einfluss auf den Umsatz und damit auf den ROI.

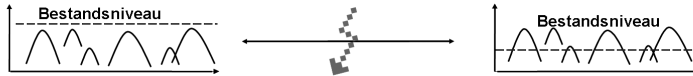
Die Ableitung über den ROI ist an sich nicht neu – erfährt jedoch angesichts der Kreditvergabe nach den Kriterien von Basel II zusätzliche Aktualität. Abhängig von der Frage der Verwendung des freigesetzten Kapitals ergibt sich damit unmittelbar eine Verbesserung der Eigenkapitalquote, die im deutschen Mittelstand in Relation zum internationalen Wettbewerb bekanntlich gering ausgeprägt ist. Mittelbar ergeben sich darüber verbesserte Voraussetzungen zur Aufnahme zusätzlichen Fremdkapitals.

1.4 Zielkonflikte im betrieblichen Bestandsmanagement

Die Vorhaltung von Beständen ist normalerweise notwendig, obwohl diese mit erheblichen Kosten verbunden ist. Lagerbestände sind die Puffer zwischen dem Wareneingang und dem Warenausgang in einem Unternehmen. Formal erfüllen Bestände die Aufgabe des Raum-, Zeit- und Mengenausgleichs. Diese Puffer entstehen, sobald sich die zeitliche und quantitative Struktur der Eingänge von den Ausgängen unterscheidet (s. FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 40). Nur durch eine vollständige Synchronisation der Warenein- und -ausgänge könnten Lagerbestände überflüssig gemacht werden. In diesem Fall wären die Produktions- und Nachfragemengen im Zeitablauf völlig identisch. Dies kann aber nur in Ausnahmefällen in der Praxis überhaupt möglich sein.

Ausgehend von einem unternehmensübergreifenden Systemdenken, wobei die Logistik als Querschnittsfunktion betrachtet wird, lassen sich Lagerbestände als teilweise unerwünschte Unterbrechungen des Warenflusses definieren (s. ARNOLD 1997, S. 147). Lagerbestände sind notwendig, um die fehlende Synchronisation der Warenein- und -ausgangs auszugleichen (s. SANDER 1992, S. 3ff.). Bestände ermöglichen eine wirtschaftliche Fertigung sowie eine Erreichung der notwendigen Lieferfähigkeit. Zum anderen verdecken Bestände Planungsmängel und sind Anlass zu ständiger Ursachenanalyse, da Bestände zu signifikanten Kosten und einer erheblichen Kapitalbindung führen können (s. Bild 4) (s. FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 40; SCHMIDT 1993, S. 115).

Organisatorische Zielkonflikte in der Disposition entstehen aufgrund von konträren und divergierenden Bereichszielen sowie meist nicht durchgängig verankerten Bestandszielen. In den Zielsystemen der Unternehmen sind Bestandsziele heutzutage nicht durchgängig verankert, sondern nur vereinzelt (z. B. in der Logistik) wiederzufinden. Dadurch entstehen einerseits Zielkonflikte zwischen den Bereichen und andererseits ist häufig eine fehlende Sensibilisierung für Bestandsziele zu erkennen.



■ Bestände sind notwendig

- **Bestände ermöglichen...**
 - Überbrückung von Störungen
 - Reibungslose Produktion
 - Sichern Lieferfähigkeit
 - Konstante Auslastung
 - Wirtschaftliche Fertigung

■ Bestände sind unerwünscht

- **Bestände verursachen Kosten**
- **Bestände binden Kapital**
- **Bestände überdecken...**
 - Ausschuss
 - Liefermängel
 - Störanfällige Prozesse

Bild 4: Vor- und Nachteile der Bevorratung (eigene Darstellung)

So hat der Einkauf heutzutage meist das Ziel, möglichst große Bestellmengen zu generieren, um aufgrund von Rabattstaffeln signifikante Preissenkungen zu erreichen. Die Produktion versucht, durch möglichst hohe Pufferbestände eine hohe Auslastung der Fertigung zu gewährleisten. Der Vertrieb verspricht seinen Kunden eine nahezu hundertprozentige Lieferbereitschaft und treibt die Sortimentsausweitung ständig voran. Dieses Vorgehen führt zu einer explosionsartigen Entwicklung hinsichtlich der Bestände. Die Logistik versucht unter den gegebenen Rahmenbedingungen diesem Dilemma – Reduzierung der Bestände bei gleichzeitiger Wahrung der Lieferbereitschaft – gerecht zu werden. Die Definition eines durchgängigen Zielsystems, in dem Bestandsziele für alle Unternehmensbereiche verankert sind, kann zu einer deutlichen Verbesserung der Situation führen. Andere Unternehmensbereiche werden hinsichtlich der Bestandsziele sensibilisiert und Entscheidungen aus logistischer Sicht hinterfragt.

Innerhalb der Unternehmen muss permanent zwischen der Sicherstellung eines hohen Lieferservice und den damit verbundenen Kosten abgewogen werden. Dabei muss grundsätzlich die direkte Abhängigkeit zwischen dem Lieferbereitschaftsgrad und den damit verbundenen Beständen beachtet werden. Durch den exponentiellen Zusammenhang zwischen den Bestandskosten und dem Lieferbereitschaftsgrad kann es leicht zu einem signifikanten Anstieg der Kosten bei einer nur geringen Erhöhung des geforderten Lieferbereitschaftsgrads kommen (s. Bild 5, S. 9) (s. HARTMANN 2002, S. 70f.). Dieser Zusammenhang sollte daher bei der Zielvorgabe für den Lieferservice berücksichtigt werden.

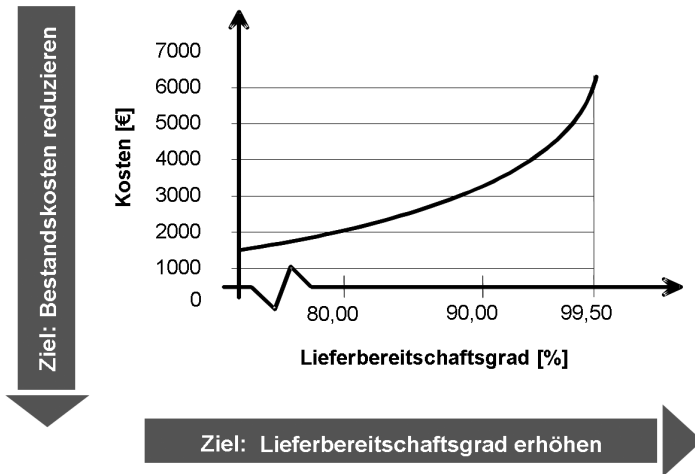


Bild 5: Verlauf der Bestandskosten in Abhängigkeit des Lieferbereitschaftsgrades (eigene Darstellung)

1.5 Ursachen für hohe Bestände bei geringer Lieferbereitschaft

In der Praxis kommt es oft zu hohen Beständen bei jedoch gleichzeitig unzureichender Lieferbereitschaft. Die Ursachen dafür sind unterschiedlicher Natur. Divergierende Bereichsziele führen zu hohen Beständen und/oder zu einem ungenügenden Lieferservice (s. Kap. 1.4). Des Weiteren führen veränderte Rahmenbedingungen des Wettbewerbs zu einer erhöhten Komplexität im betrieblichen Bestandsmanagement:

- Kürzere Produktlebenszyklen,
- Ausweitung des Sortiments,
- steigende Produktkomplexität,
- erhöhte Anforderungen der Kunden hinsichtlich der Reaktionszeit,
- längere Wiederbeschaffungszeiten aufgrund der Globalisierung,
- steigende Bedeutung von Produktionsnetzwerken,
- höhere Anzahl an Lieferanten,
- erhöhter Wettbewerbsdruck.

Die ständig kürzer werdenden Produktlebenszyklen führen zu immer häufigeren Phasen des Serienanlaufs und -auslaufs. Diese Phasen benötigen eine gesonderte Behandlung hinsichtlich der Disposition und steigern damit die Komplexität erheblich. Die ständige Ausweitung des

Artikelsortiments sowie die steigende Produktkomplexität führen zu einer erhöhten Anzahl der zu disponierenden Artikel – sowohl der Fertigfabrikate als auch der Halbfabrikate und Rohstoffe. Die zunehmende Variantenvielfalt auf allen Wertschöpfungsebenen führt zu einer in der Summe signifikanten Steigerung der Bestände und damit der Kapitalbindung in den Unternehmen.

Eine weitere Problematik hinsichtlich der Disposition stellen die erhöhten Kundenanforderungen bezüglich der Reaktionszeit bei gleichzeitig aufgrund der Globalisierung immer länger werdenden Wiederbeschaffungszeiten dar. Die längeren Zeiträume zwischen Beschaffung und Distribution führen zwangsläufig zu Unsicherheiten, die durch erhöhte Bestände ausgeglichen werden müssen. Die steigende Bedeutung von Produktionsnetzwerken und die damit einhergehende größere Anzahl von Lieferanten vereinfachen die Aufgabe nicht.

Heutzutage stehen nicht mehr nur Unternehmen im Wettbewerb, sondern ganze Wertschöpfungsketten. Dies muss durch ein adäquat gestaltetes Bestandsmanagement berücksichtigt werden. Insgesamt hat sich der Wettbewerbsdruck für die Unternehmen stetig gesteigert. Die logistische Leistungsfähigkeit – und damit das Bestandsmanagement – sind zu einem wichtigen Differenzierungskriterium im Wettbewerb geworden.

Ein weiteres Phänomen führt darüber hinaus zu erhöhten Beständen oder einem ungenügenden Lieferservice. Aufgrund des auch heutzutage häufig noch unzureichenden Informationsaustauschs und mangelnder Transparenz entlang der Lieferkette kommt es zu einem Aufschaukeln der Bestände (s. TEMPELMEIER 2015, S. 231f.; ALICKE 2005, S. 100ff.). Der sogenannte **Bullwhip-Effekt** entsteht durch unzureichende Planung und Abstimmung der Unternehmen (s. Kap. 6), wodurch sich entlang der Supply-Chain rückläufig immer höhere Bestände aufbauen. Die Integration der Planungsprozesse auf allen Stufen der Lieferkette – die **Collaborative Disposition** – kann dieses Aufschaukeln verhindern und somit die Leistungsfähigkeit des Produktionsnetzwerkes erheblich erhöhen.

1.6 Aufgaben und Ziele des Bestandsmanagements

Im Rahmen unternehmerischer Tätigkeiten kommt dem betrieblichen Bestandsmanagement die Aufgabe der Materialplanung und -steuerung zu. Darunter sind alle Tätigkeiten zu verstehen, die für eine termingerechte Versorgung eines Unternehmens mit den erforderlichen Einsatzstoffen oder Waren in der richtigen Qualität und Menge verantwortlich sind (s. FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 103; SCHULTE 1996, S. 93). Die Disposition legt somit Planungsgrößen fest, wie viel Material für einen Bedarfsstandort, einen Kunden oder einen Produktionsauftrag beschafft werden muss. Die Planung erfolgt in der Regel rollierend, d. h., es wird jeweils für einen Tag, eine Woche oder einen Monat der Materialbedarf geplant.

Der Begriff **Disposition** umfasst in diesem Zusammenhang insbesondere die Materialwirtschaft oder das operative Bestandsmanagement. Literatur und Wirtschaftspraxis verwenden diese Begriffe häufig synonym, wenn als Objektumfang die Erzeugnisse bzw. Materialien des periodischen Bedarfs betrachtet werden. Diese kurzfristige Planung der Versorgung der Produktion soll dabei unter „wirtschaftlichen“ Aspekten erfolgen, was eine auf integrierte Planungsmodelle gestützte, kostenorientierte Vorgehensweise nahelegt (s. ARNOLDS ET AL. 2016, S. 3).

Die technische Aufgabe bezieht sich damit auf die Sicherstellung der Versorgung der Produktion (s. BAILY ET AL. 1990, S. 69ff.). Da in der Regel mehrere Alternativen zur Erreichung dieses Zieles zur Verfügung stehen, ist diejenige Art der Aufgabenerfüllung zu bestimmen, bei der die mit der Materialbereitstellung anfallenden Kosten reduziert werden. Damit wird die Erreichung eines materialwirtschaftlichen Optimums in der Disposition durch betriebswirtschaftliche und technische Kriterien bestimmt (s. GROCHLA 1978, S. 18). Arnold definiert in diesem Zusammenhang das materialwirtschaftliche Optimum als „die Bereitstellung des für die Gütererzeugung benötigten Materials in der erforderlichen Menge und Qualität, zeitgerecht und am rechten Ort und zu günstigen Kosten“ (s. ARNOLD 1997, S. 129).

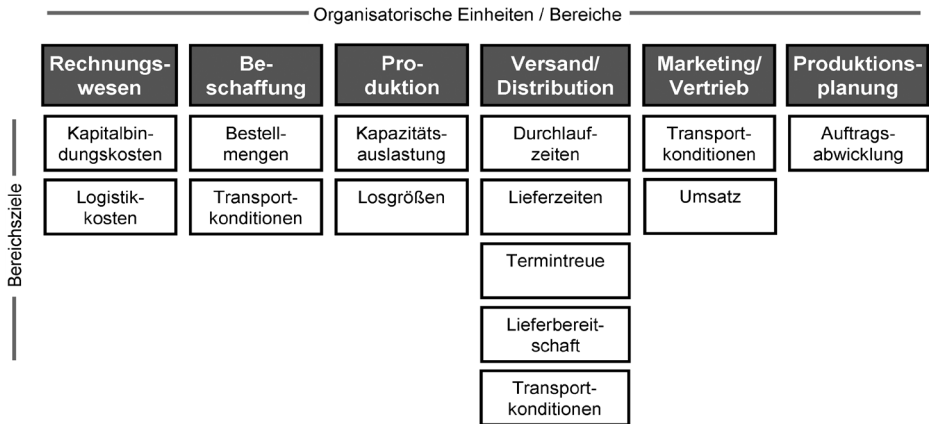


Bild 6: Aufgabenverteilung im Unternehmen (eigene Darstellung)

Unter der Materialdisposition im engeren Sinne können die Funktionen der **Bedarfsplanung**, **Bestandsplanung** und **Beschaffungsplanung** verstanden werden (s. FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 106). Die Bedarfsplanung ist die Voraussetzung einer optimalen Versorgung der Bedarfsstellen mit Material. Verfahren der Bedarfsplanung prognostizieren den zukünftigen Materialbedarf,

um zu ermitteln, wie viel Material für die Versorgung des Absatzmarktes benötigt wird. Auf Basis des prognostizierten Materialbedarfs werden im Rahmen der Bestandsplanung die nötigen Bestände ermittelt. In der Beschaffungsplanung werden die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Bedarfe unter Berücksichtigung der Bestell- und Lagerhaltungskosten zu (kostenmäßig) optimalen Bestellmengen zusammengefasst.

Da außerdem Kriterien für den Anstoß eines Dispositionsvorganges festgelegt werden müssen und bei einem Dispositionsvorgang vorhandene Lagerbestände, offene Bestellungen, Materialreservierungen und geforderte Sicherheitsbestände Berücksichtigung erfahren müssen, sind in einem vollständigen Dispositionssystem als weitere Funktionen die **Bestellauslösung** und die **Bestandsführung** enthalten (s. FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 106).

Die Auslösung eines entsprechenden Bestellauftrags an den Lieferanten erfolgt in Abhängigkeit vom angewendeten Bestellauslöseverfahren zu unterschiedlichen Zeitpunkten, wobei der aktuelle Lagerbestand berücksichtigt wird. Diese Aufgabe übernimmt die Bestandsführung und dient so zur Erfassung aller Materialbewegungen und -mengen wertmäßig zum Zweck der Ermittlung der Materialbestände. Zur Gewährleistung einer optimalen Verknüpfung der einzelnen Elemente bedarf es eines alle Funktionen unterstützenden Informationssystems, das in Dispositionssystemen als Stammdatenverwaltung bezeichnet wird.

1.7 Materialbedarfsarten

Unter Materialbedarf wird die Art und Menge des Materials verstanden, das zur Herstellung von Erzeugnissen oder zur Versorgung des Absatzmarktes in bestimmten Perioden benötigt wird. Je präziser ein Bedarf dabei ermittelt werden kann, desto genauer lässt sich eine darauf aufbauende Disposition durchführen. Die notwendige Höhe der Sicherheitsbestände ist direkt abhängig von der Genauigkeit der Bedarfsplanung, d. h., bei einer verbesserten Genauigkeit der Disposition sind niedrigere Sicherheitsbestände notwendig, um Unsicherheiten in der Planung abzufangen.

Der Begriff Materialbedarf lässt sich in fünf Arten unterteilen (s. HARTMANN 2002, S. 278):

- Bruttobedarf,
- Nettobedarf,
- Primärbedarf,
- Sekundärbedarf und
- Tertiärbedarf.

Erfolgt die Einteilung der Bedarfe unter Berücksichtigung der Lagerbestände, so wird zwischen Brutto- und Nettobedarfen unterschieden. Unter Bruttobedarf ist dabei der Bedarf pro Planungsperiode ohne Berücksichtigung etwaiger Lager- und Umlaufbestände zu verstehen – der Nettobedarf dagegen errechnet sich aus der Differenz zwischen Bruttobedarf und etwaiger Lager- und Umlaufbestände.

Erfolgt eine Einteilung nach dem Ursprung und der Erzeugnisebene, so unterscheidet man zwischen Primär-, Sekundär- und Tertiärbedarf. Die aufgrund von Absatzüberlegungen vorgegebene Anzahl an Erzeugnissen bildet den Primärbedarf. Zum Primärbedarf zählen neben den Fertigerzeugnissen auch die Ersatzteile, die für den Verkauf bestimmt sind (s. SCHULTE 1996, S. 94; HARTMANN 2002, S. 228ff.). Damit der Primärbedarf gedeckt werden kann, muss der Bedarf an Rohstoffen, Teilen und Baugruppen bekannt sein, der zur Erzeugung des Primärbedarfs erforderlich ist. Dieser Bedarf ist der Sekundärbedarf. Der Tertiärbedarf ist schließlich der erforderliche Bedarf an Hilfs- und Betriebsstoffen.

1.8 Bestandsarten

Grundbestand. Zur Veranschaulichung der folgenden Begriffsdefinition ist in Bild 7 das klassische Lagerhaltungsmodell dargestellt, welches von gleichförmigen Lagerabgängen und konstanten Wiederbeschaffungszeiten ausgeht. Der Grundbestand hat die Aufgabe, die erwartete periodische Nachfrage eines Artikels zu sättigen (s. KUNZ 1976, S. 20; TEMPELMEIER 2015, S. 38). Meist wird der Grundbestand auf die Wiederbeschaffungszeit bezogen. Er berechnet sich dann als das Produkt aus dem mittleren bzw. erwarteten Absatz eines Artikels pro Zeiteinheit und der Dauer der Wiederbeschaffungszeit in Zeiteinheiten.

Sicherheitsbestand. Während der Grundbestand die Aufgabe hat, die durchschnittliche bzw. erwartete Nachfrage eines Artikels abzudecken, dient der Sicherheitsbestand zur Erhaltung der Lieferfähigkeit eines Lagers bei eventuellen Planungsunsicherheiten (s. WIENDAHL ET AL. 2012, S. 38; TEMPELMEIER 2015, S. 39). Planungsunsicherheiten (s. Bild 4, S. 8) sind:

- Unsicherheiten bei der Bestandsermittlung,
- Unsicherheiten bei der Bedarfsermittlung,
- Unsicherheiten hinsichtlich der Wiederbeschaffungszeit.

Zu den Unsicherheiten bei der Bestandsermittlung, deren Ausmaß insbesondere von der Zuverlässigkeit und Qualität der Bestandsführung im Unternehmen abhängt, zählen vor allem Differenzen zwischen dem tatsächlichen und dem buchmäßig geführten Bestand. Da diese Differenzen kein Zufallsergebnis darstellen, sondern vom Unternehmen selbst verursacht sind, sind sie nicht durch einen Sicherheitsbestand, sondern durch geeignete organisatorische Maßnahmen aufzufangen (s. ABELS 1991, S. 4f.).

Im Gegensatz dazu sind mögliche Verbrauchsschwankungen sowie Abweichungen in der Wiederbeschaffungszeit durch einen geeigneten Sicherheitsbestand auszugleichen. Zu den Unsicherheiten bei der Bedarfsplanung zählen sowohl ein geringerer als auch ein größerer Verbrauch im Vergleich zu dem erwarteten Bedarf. Während ein geringerer Verbrauch als der prognostizierte keinen Einfluss auf die Erhaltung der Lieferbereitschaft des Lagers darstellt,

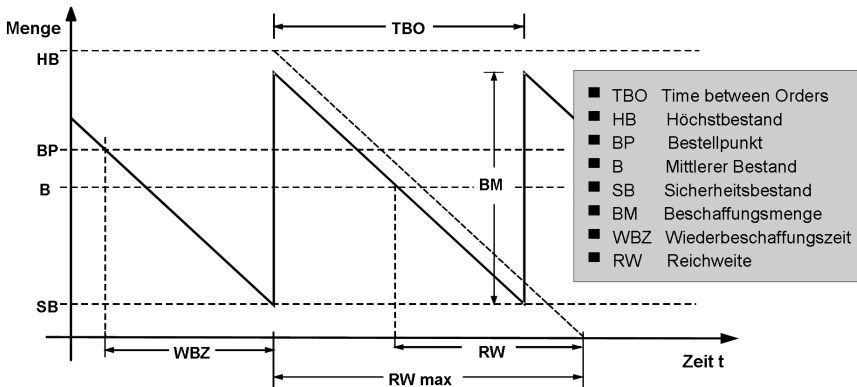


Bild 7: Klassisches Lagerhaltungsmodell (eigene Darstellung)

muss ein eventueller Mehrverbrauch bis zu einem gewissen Grad durch den Sicherheitsbestand abgedeckt werden. Bei geringeren Verbräuchen gegenüber dem Erwartungswert ist eine unnötige Kapitalbindung die Folge. Hier zeigt sich daher deutlich das Dilemma der Disposition – Reduzierung der Bestände bei gleichzeitiger Erhöhung der Lieferfähigkeit.

Die Lieferbereitschaft wird – je nach Fremdleistungsanteil bzw. Fertigungstiefe und damit in Abhängigkeit von den Beschaffungsmärkten – von der Wiederbeschaffungszeit beeinflusst (s. SCHMIDT 1993, S. 23).

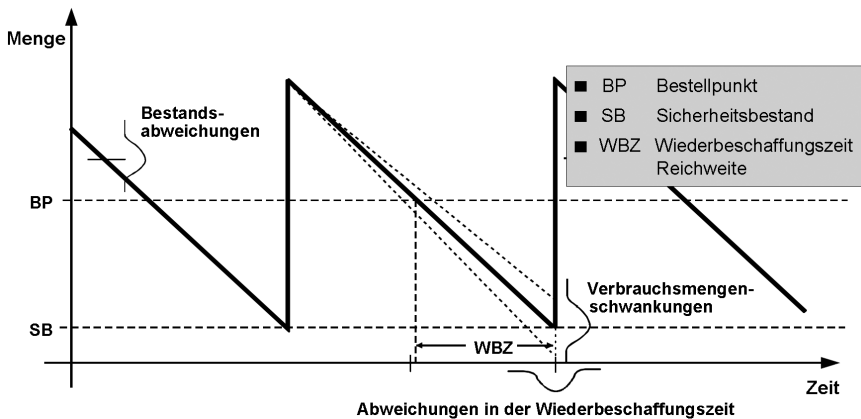


Bild 8: Reale Abweichungen von Prämissen im klassischen Lagerhaltungsmodell (eigene Darstellung)

Die Wiederbeschaffungszeit oder auch Beschaffungszeit, welche eine elementare Planungsgröße im Rahmen der Lagerhaltung darstellt, umfasst den Zeitraum von der Bedarfsfeststellung bis zur Verfügbarkeit der Materialien im Lager (s. GROCHLA 1978, S. 96). Dabei ist zu unterscheiden zwischen

- der innerbetrieblichen Wiederbeschaffungszeit, die für die Beschaffungsvorbereitung und die nach dem Materialeingang erfolgende Prüfung und Einlagerung benötigt wird, und
- der außerbetrieblichen Wiederbeschaffungszeit, die Auftragsübermittlungs-, Liefer- und Transportzeit umfasst.

Auftretende Abweichungen von der planungsseitig angesetzten Wiederbeschaffungszeit müssen ebenfalls in den Sicherheitsbeständen berücksichtigt werden. Der terminliche Verzug bei der Wiederbeschaffung kann ansonsten zu Schwierigkeiten bei der Teileverfügbarkeit innerhalb der eigenen Produktion und damit zu Problemen bei der Aufrechterhaltung des Lieferservice zum Kunden führen. Zu früh eingegangene Ware führt zu einer unnötigen Kapitalbindung durch erhöhte Bestände.

Die Höhe des Sicherheitsbestands beeinflusst direkt die Lieferbereitschaft eines Lagers. Bei der Festlegung des Sicherheitsbestands bzw. des Servicegrades müssen sowohl die durch den Sicherheitsbestand verursachten Lager- und Kapitalbindungskosten als auch evtl. Fehlmengenkosten für Sonderaktionen (Überstunden, Zusatzschichten etc.) oder Verzugsstrafen berücksichtigt werden. Sicherheitsbestände können aufgrund von Erfahrungswerten festgelegt oder mithilfe von mathematischen Verfahren berechnet werden. Als Grundlage zahlreicher mathematischer Verfahren dient die Ermittlung der Lagerabgangsverteilung.

Hierbei werden die Lagerabgänge aus vergangenen Perioden, die z. B. in Form einer Zeitreihe vorliegen, nach der Größe geordnet und in eine Häufigkeitsverteilung (Lagerabgangsverteilung) umgesetzt. Mögliche Verteilungstypen sind z. B. die Normalverteilung, die Exponentialverteilung oder die logarithmische Verteilung (s. REFA 1985, S. 105).

Bestellauslösebestand. Der Bestellauslösebestand (BAB), der auch häufig als Bestellpunkt, Meldebestand oder Bestellgrenze bezeichnet wird, ergibt sich aus dem durchschnittlichen bzw. erwarteten Bedarf während der Wiederbeschaffungszeit zuzüglich eines, unter Berücksichtigung des geforderten Lieferbereitschaftsgrades, ermittelten Sicherheitsbestands (s. HARTMANN 2002, S. 312).

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Definitionen von Grundbestand (GB) und Sicherheitsbestand (SB) berechnet sich der Bestellauslösebestand somit wie folgt:

$$\text{BAB} = \text{GB} + \text{SB}$$

Lieferbereitschaftsgrad. Der Lieferbereitschaftsgrad gibt allgemein das Verhältnis der Anzahl von Ereignissen mit Lieferbereitschaft zur Gesamtzahl der betrachteten Ereignisse an (s. SCHÖNSLEBEN 2016, S. 46). Jede Bedarfsvorhersage ist in der Regel zu einem gewissen Grad fehlerhaft, da Vergangenheitswerte zugrunde liegen. Ohne Sicherheitsbestand kann ein Teil der Bedarfsanforderung möglicherweise nicht gedeckt werden.

Ein hoher Lieferbereitschaftsgrad wird durch hohe Sicherheitsbestände erreicht. Fehlmengenkosten, die aufgrund von Stock-outs (Artikel haben keinen Bestand und sind daher nicht verfügbar) entstehen, da Kundenwünsche nicht befriedigt werden können, werden reduziert oder ganz vermieden.

Gegen einen hohen Lieferbereitschaftsgrad sprechen die Bestandskosten, die bei Vorhaltung eines hohen Sicherheitsbestands ansteigen (s. BICHLER U. SCHRÖTER 1995, S. 32f.). Das definierte Ziel des Lieferbereitschaftsgrades muss daher im Zusammenspiel mit den dadurch entstehenden Kosten gesehen werden. Eine 99,9-prozentige Lieferbereitschaft kann beispielsweise nur durch extrem hohe Sicherheitsbestände erreicht werden. Daher ist die Festlegung des notwendigen Lieferbereitschaftsgrades ursächlich zusammenhängend mit den resultierenden Kosten. Der Lieferbereitschaftsgrad (LBG) definiert sich nach Auftragspositionen oder Menge wie folgt:

$$\text{LBG} = \frac{\text{Termin- und mengengerecht gelieferte Artikelstückzahl}}{\text{Beauftragte Gesamtstückzahl pro Periode}}$$

$$\text{LBG} = \frac{\text{Anzahl der vollständig bediente Artikelpositionen}}{\text{Gesamtzahl der Auftragspositionen pro Periode}}$$

Die Bedeutung und die Zielvorgabe der Kennzahl Lieferbereitschaftsgrad können von den Unternehmen in ihren Kunden- und Marktbeziehungen mit den bekannten Vergleichswerten der internen oder externen Konkurrenten betrachtet werden. Die Abweichungen zwischen der Lieferbereitschaft eines Lagers, eines spezifischen Absatzmarktes und der eigenen Lieferbereitschaft kennzeichnen zum jeweiligen Stand die Stellung am Markt und können so Signale für die Einleitung von Maßnahmen zur Sicherstellung marktgerechter Lieferzeiten liefern (s. SCHMIDT 1993, S. 243).

1.9 Bestellpolitiken bei der Bestandsführung

Die Bestellpolitik eines Lagers bestimmt die Disposition des erforderlichen Bestands hinsichtlich Liefermenge und Termin mit dem Ziel, den erwarteten Bedarf abzudecken. Bezüglich der Festlegung der Bestellauslösung kann im Fall regelmäßig auftretender Nachfrage zwischen

folgenden Strategien unterschieden werden (s. FRIEMUTH u. STICH 1998, S. 135):

- bedarfsbezogen,
- terminbezogen und
- bestandsbezogen.

Bei der bedarfsbezogenen Bestellauslösung wird ein zugrundeliegender Auftrag herangezogen und die entsprechenden Mengen der jeweiligen Materialien bestellt. Da bei dieser Art der Beschaffungsauslösung nur Material für bereits vorliegende Aufträge bestellt wird, erfolgt in der Regel keine Lagerung. Die bedarfsbezogene Bestellauslösung wird überwiegend für teure Teile und Teile mit stark schwankendem Bedarf angewendet (s. OELDORF u. OLFERT 2004, S. 193ff.; HARTMANN 2002, S. 132).

Da eine auftragsbezogene Bestellauslösung nur dann in Frage kommt, wenn die vom Kunden akzeptierte Lieferzeit größer als die Wiederbeschaffungszeiten der Produkte inklusive der Vorlaufzeiten für Zukaufteile ist, kommt diese reine Form der auftragsbezogenen Bestellauslösung in der Praxis nur selten zum Tragen. Häufig kommt demgegenüber die Alternative der bedarfsbezogenen Bestellauslösung auf Basis der Ergebnisse der Absatzplanung zum Einsatz, welche dann als Erwartungswerte für die periodenbezogenen Bedarfe herangezogen werden. Anders als bei der rein deterministischen Bestellpolitik auf Basis vorliegender Aufträge fallen hier entweder Bestände und/oder Fehlmengen an.

Die allein terminbezogene Bestellauslösung wird als Bestellrhythmusverfahren bezeichnet, bei dem in festen Zeitabständen die Beschaffung veranlasst wird. Der Beschaffungsrhythmus wird unter Berücksichtigung des Produktions-, Fertigungs- oder des Werkstattprogramms festgelegt. Die aktuelle Bestandshöhe wird dabei in der Entscheidung vernachlässigt. Der Vorteil dieses Verfahrens, welches für Materialien mit relativ konstantem Bedarf und geringem Wert angewendet werden kann, liegt in dem niedrigen Aufwand für die Lagerbestandsführung (s. ARNOLD 1997, S. 155 ff.).

Das bestandsbezogene Bestellpunktverfahren dagegen löst eine Beschaffung bei Erreichung oder gar Unterschreitung des Bestellauslösebestands aus. Angewendet wird dieses Verfahren für Materialien mit schwankendem Bedarf, die im Unternehmen gelagert werden, und zählt dabei zur verbrauchsbezogenen Bestandsergänzung. Das Bestellpunktverfahren kann in zwei Arten praktiziert werden (s. OELDORF u. OLFERT 2004, S. 187f.):

- sofortige Lagerergänzung oder
- langfristige Lagerergänzung.

Die sofortige Lagerergänzung wird bei Materialien angewendet, deren Wiederbeschaffung zwischen zwei Lagerabgängen vorgenommen werden kann, weil die Beschaffungszeiten entsprechend kurz sind. Bei der langfristigen Lagerergänzung wird davon ausgegangen, dass zwischen der aufgrund des erreichten Bestellauslösebestands erfolgten Bestellauslösung und dem Eintreffen der Materialien dem Lager nochmals Materialien entnommen werden. Da bei jeder Materialentnahme geprüft wird, ob der Meldebestand erreicht ist, würden mehrere weitere Bestellungen ausgelöst. Die notwendige Bestellung ist aber bereits erfolgt, wegen der langen Wiederbeschaffungszeit der Materialien nur noch nicht eingetroffen (s. FRIEMUTH u. STICH 1998, S. 138).

Deshalb muss außer den bereits genannten drei Faktoren, von denen der Bestellpunkt abhängig ist,

- dem Materialbedarf,
- der Wiederbeschaffungszeit und
- der Größe des Vorhersagefehlers,

als weiterer Aspekt die Berücksichtigung bereits laufender Bestellungen hinzugefügt werden. Das Bestellpunktverfahren nimmt eine kontinuierliche Überwachung der Bestände an. Dies ist aufgrund der heutigen IT-Systeme möglich und stellt in der betrieblichen Praxis in der Regel kein Problem dar. Wird allerdings aus organisatorischen Gründen oder aufgrund fehlender IT-Unterstützung auf eine kontinuierliche Überwachung verzichtet und stattdessen nur eine zyklische Bestandskontrolle vollzogen, so spricht man von einem Kontrollrhythmusverfahren. Dieses Verfahren stellt im Grunde eine Sonderform des Bestellpunktverfahrens dar – mit dem Unterschied, dass keine dauerhafte, sondern eine zyklische/in konstanten Abständen durchgeführte Bestandskontrolle erfolgt. (s. SCHUH ET AL. 2014, S. 253)

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die klassischen Bestellpolitiken eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Festlegung der Entscheidungsparameter bieten. Jedoch weist die Anwendung des Bestellrhythmusverfahrens hinsichtlich einer optimierten Disposition signifikante Defizite auf. Durch die zyklische Beschaffung innerhalb fester Zeitintervalle unter gleichzeitiger Vernachlässigung der tatsächlichen Bestandshöhe entstehen entweder erhebliche Überbestände oder die Lieferbereitschaft des Unternehmens ist unzureichend.

Eine systematische Behebung dieser Mängel ist bei Anwendung des Bestellrhythmusverfahrens nicht möglich. Dies zeigt sich auch in der unternehmerischen Praxis. Im Gegensatz zum weit verbreiteten Bestellpunktverfahren wird das Bestellrhythmusverfahren kaum angewandt. Das Bestellpunktverfahren berücksichtigt in der Entscheidung über die Beschaffung das tatsächliche Bestandsniveau und kann daher diese Zielgröße auch bewusst steuern.

2 ANALYSE DISPOSITIONSRELEVANTER DATEN

Im Rahmen dieses Kapitels wird das Konzept der artikelklassenspezifischen Disposition vorgestellt. Dazu wird zuerst die Notwendigkeit einer Klassifizierung des Artikelsortiments erläutert und anhand eines Beispiels verdeutlicht. Darauf folgend werden die ABC- und XYZ-Analyse sowie deren Kombination zu einer 9-Felder-Matrix vorgestellt und eine mögliche Zuordnung von Planungsstrategien erarbeitet.

2.1 Artikelklassifizierung als Grundlage der Planung

Basis einer differenzierten Disposition ist die Artikelklassifizierung, welche als Vorlage für die Steuerung und Planung der logistischen Leistungen dient. Im Rahmen der Klassifizierung nach unterschiedlichen Merkmalen und Merkmalsausprägungen wird eine Menge von Objekten durch eine mehrwertige Sortierung in eine geringe Anzahl von Klassen gruppiert. Wird diese Methodik auf das Artikelsortiment angewandt, können entsprechende Planungsverfahren zu den ermittelten Klassen zugeordnet werden. Nur durch diese anforderungsgerechte Verfahrens- und Methodenauswahl und die Selektion von Parametern und Stellgrößen lässt sich eine Dispositionsstrategie für ein Unternehmen hinreichend optimieren. Mögliche Charakteristika zur Klassifizierung von Artikeln sind beispielsweise:

- Umsatzanteil und Kundengruppe – bestimmen die Relevanz des Artikels,
- Stückpreis – beeinflusst Kapitalbindung und Lagerhaltungskosten,
- Gewicht und Volumen – führen zu unterschiedlichen Lagerkosten,
- Haltbarkeit – beeinflusst Obsoleszenzkosten,
- Volatilität der Nachfrage – ermöglicht eine unterschiedliche Prognosegenauigkeit.

Fallbeispiel

Ein Produzent der Haushaltswarenbranche vertreibt unter anderem Spülautomaten und Wassersiebe. Obwohl die Artikel kaum unterschiedlicher sein könnten (s. Bild 9), weisen sie einen vergleichbaren Bedarfsverlauf auf. Aufgrund der unterschiedlichen Charakteristika der Artikel (Stückpreis, Gewicht, Kunde etc.) muss allerdings im Detail überprüft werden, welches Planungsverfahren angewandt werden muss. Allein aufgrund der unterschiedlichen Wertigkeit ist die Optimierung der Disposition – und damit der Bestände – der Spülautomaten von größerer Wichtigkeit als die der Wassersiebe. Eine artikelklassenspezifische Disposition führt in diesem Falle zu einer unterschiedlichen Behandlung der Artikel. Das Beispiel verdeutlicht, dass eine ausschließliche Betrachtung von Bedarfsverläufen keine Rückschlüsse auf die Charakteristika des Artikels zulässt. Daher muss zusätzlich eine systematisierte Artikelklassifizierung durchgeführt werden, um auf dieser Basis den Artikeln relevante Planungsstrategien und -verfahren zuordnen zu können.

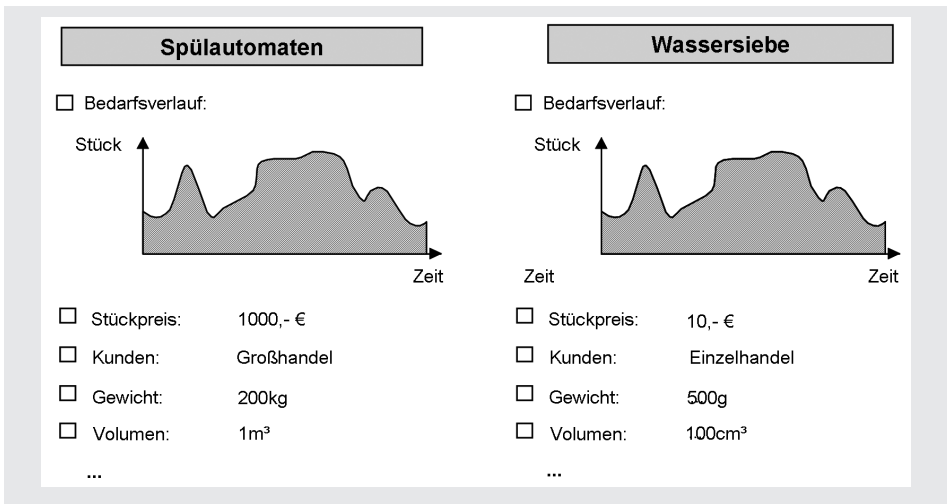


Bild 9: Fallbeispiel: Klassifikation von Haushaltswaren (eigene Darstellung)

2.2 ABC-Analyse

In aller Regel kann in der betrieblichen Praxis festgestellt werden, dass ein kleiner Anteil des Sortiments für einen großen Anteil des Umsatzes verantwortlich ist (s. ALICKE 2005, S. 29ff.; SCHÖNSLEBEN 2016, S. 453ff.). Trägt man den kumulierten Umsatzanteil über den kumulierten Artikelanteil ab, so erhält man eine Lorenzkurve (s. Bild 10, S. 21). Die wichtigsten Produkte – also die A-Teile – machen dabei nur einen geringen Anteil aller Artikel, jedoch den Großteil des Umsatzes aus – zum Beispiel 20 Prozent aller Artikel, aber 80 Prozent des Umsatzes. B-Teile, kumuliert mit den A-Teilen, repräsentieren 95 Prozent des Umsatzes. Alle weiteren Artikel werden folglich den C-Teilen zugeordnet.

Es sei darauf hingewiesen, dass diese Klassengrenzen in der Praxis selten genau eingehalten werden können und somit nicht dogmatisch, sondern eher als Richtwert zur Einteilung benutzt werden sollten. Durch die Unterteilung nach dem Kriterium des Umsatzes kann das Sortiment hinsichtlich der Wichtigkeit der Produkte klassifiziert werden. Die Klasse der A-Teile umfasst äußerst wichtige Artikel, die Umsatztreiber. B-Teile sind dagegen weniger wichtige Artikel und unter C-Teilen sind die restlichen Artikel zusammengefasst.

Nach der Klassifikation des Sortiments sollten die Daten regelmäßig erneut untersucht werden, um Verschiebungen der Artikel innerhalb der Klassen zu erfassen und diese bei der Planung berücksichtigen zu können.

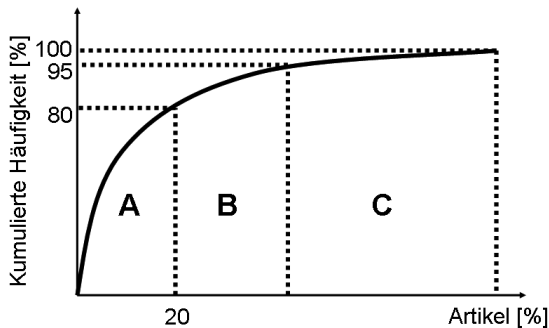


Bild 10: ABC-Analyse (HERING ET AL. 2012, S.404)

2.3 XYZ-Analyse

Dennoch ist eine Einteilung allein nach A-, B- und C-Teilen kein hinreichendes Verfahren, um die unterschiedlichen Planungsstrategien und -verfahren den Artikeln zuordnen zu können (s. HARTMANN 2002, S. 181). Zusätzlich ist eine Klassifikation nach der Prognostizierbarkeit der Artikel notwendig (s. ALICKE 2005, S. 31f.):

- X Stabile Verbrauchsrate, die einfach prognostizierbar ist,
- Y schwankende Nachfrage, die Saisoneinflüsse und Trends aufweist, aber gut prognostizierbar ist,
- Z der Bedarf schwankt stark und ist schwer prognostizierbar.

Des Weiteren kann noch zusätzlich die Klasse S definiert werden, welche Artikel mit sporadischen Bedarfen (z. B. Langsamdreher, Ersatzteile) zusammenfasst. Bedarfe mit sporadischem Verbrauchsverhalten weisen in der Mehrzahl Nullbedarfe auf (s. Kap. 3.2).

Die Schwankungen des Bedarfs werden mithilfe des Variationskoeffizienten $v(x)$ gemessen:

$$v(x) = \frac{\sigma(x)}{\bar{x}}$$

Mit

$\sigma(x)$ = Standardabweichung von x

\bar{x} = Arithmetisches Mittel von x

Die Standardabweichung $\sigma(x)$ einer Zeitreihe von n Werten x_1, \dots, x_n wird mit folgender Formel berechnet:

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}$$

Der arithmetische Mittelwert \bar{x} einer Zeitreihe von n Wert ergibt sich aus:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

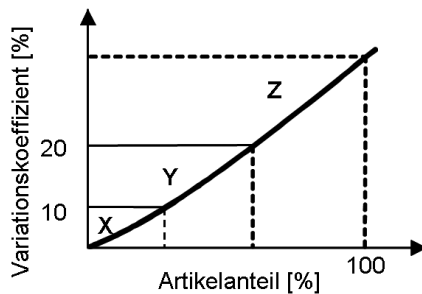


Bild 11: XYZ-Analyse (HERING ET AL. 2012, S.404)

Die Strukturierungsgrenzen sind in der Literatur nicht eindeutig festgelegt. Alicke schlägt beispielsweise vor, den Variationskoeffizienten aus dem Bereich $(0; 0,2)$ der Klasse X, $(0,2; 0,5)$ der Klasse Y und $(>0,5)$ der Klasse Z zu zuordnen (s. ALICKE 2005, S. 31). Die Klassifizierung nach der XYZ-Analyse kann ähnlich wie bei der ABC-Analyse grafisch dargestellt werden (s. Bild 11).

2.4 Nutzung der Artikelklassifizierung in der Planung

Werden die Ergebnisse der ABC- und XYZ-Analyse kombiniert betrachtet (ABC-/XYZ-Analyse), ergibt sich eine 9-Feldermatrix, anhand derer sich Planungsstrategien und -verfahren zuordnen

lassen (s. Bild 12). Grundsätzlich ist eine zunehmende Bevorratung von Sicherheitsbeständen mit abnehmendem Umsatzanteil und steigendem Variationskoeffizient akzeptabel. Allerdings sollten dabei nicht die auch durch B- und C-Teile verursachten Lagerhaltungskosten vernachlässigt werden, da eine Sicherheitsbestandspolitik mit signifikant zu hoch definierten Beständen nicht zielführend ist.

Auch hier müssen sinnvolle Strategien angewandt werden (s. Kap. 4). Die Zuordnung von Planungsstrategien ist abhängig von der Branche und den Rahmenbedingungen. In der Automotive-Industrie sollten A-Teile direkt durch den Disponenten geplant werden und einer permanenten Bestandskontrolle unterstehen (s. SCHÖNSLEBEN 2016, S. 454).

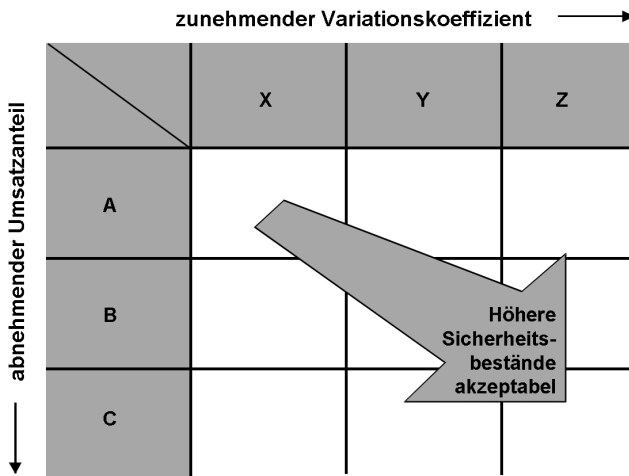


Bild 12: ABC-/XYZ-Analyse (eigene Darstellung)

Bei AX- und AY- Artikeln bietet sich die Anlieferung der Produkte nach Just-in-Time (JIT), also eine Lieferung direkt zur Verarbeitung ans Fließband oder sequenzgerecht nach Just-in-Sequence (JiS), an. Die Z-Artikel sind hinsichtlich ihrer Prognostizierbarkeit zu prüfen.

Erweist sich diese als unmöglich, können die Teile erst bei Bedarfsanfall bestellt werden. Voraussetzung dafür ist eine hohe Flexibilität und gute Anbindung der Zulieferer sowie möglichst geringe Wiederbeschaffungszeiten. Andernfalls lohnt es sich, in die Verfahren zur Prognose dieser AZ-Produkte zu investieren, um die Beschaffungsstrategie in Richtung der AX- und AY-Strategie zu lenken (s. ALICKE 2005, S. 32) oder eine Reorganisation der

Prozesse durchzuführen, um die Flexibilität zu erhöhen. B- und C-Teile sollten dagegen weitestgehend automatisch unter Nutzung von quantitativen Verfahren und IT-Unterstützung disponiert werden. Die Einrichtung von Warnmeldungen im IT-System kann den Disponenten weiterhin in Ausnahmesituationen auf Probleme aufmerksam machen; in der Regel sollte die Bestandsführung automatisch ablaufen.

Durch diese systematische Vorgehensweise können die Planer und Disponenten sich auf die wesentlichen A-Teile konzentrieren. C-Teile, die aufgrund ihres Wertes nicht im Vordergrund stehen, werden bei der Disposition nicht vergessen oder in zu geringer Menge beschafft. Die Gefahr für das Fehlen von wertmäßig günstigen C-Teilen wird reduziert. Das Fallbeispiel verdeutlicht die katastrophalen Folgen eines Automobilkonzerns bei einem Lieferengpass von C-Teilen.

Ein weiterer Nutzen, der sich aus der Artikelstrukturierung ableiten lässt, ist die Auswahl des Automatisierungsgrades. Die B- und C- Artikel können weitestgehend vollautomatisch disponiert werden (s. Bild 13, S. 25). Manuell müssen insbesondere AZ-Artikel aufgrund der nahezu unmöglichen Prognostizierbarkeit und hohen Wertmäßigkeit gehandhabt werden.

Fallbeispiel

Kleines Ding, große Wirkung: Der Produktionsausfall im Kölner Ford-Werk aufgrund des Lieferstopps des Türschlossherstellers Kiekert AG hat dem Autobauer einen Umsatzverlust von mindestens 100 Millionen DM beschert. „Seit Mittwochabend 20 Uhr laufen die Produktionsbänder aber wieder“, sagte ein Ford-Sprecher der Berliner Morgenpost. Kiekert liefere bis auf weiteres die Türschlösser für die Modelle Fiesta und Puma. Mit der angekündigten Menge könne die Produktion aber nur maximal drei Schichten aufrechterhalten werden, so Ford. Möglicherweise müssten am Freitag die Bänder wieder angehalten werden. Durch den Ausfall wurden rund 4000 Autos weniger gebaut als geplant.

Der Sprecher von *FORD*: „Für die Kunden gibt es aber deswegen keine Verzögerungen.“ Auch im britischen Werk Dagenham bei London war es zu Produktionsausfällen gekommen, wo täglich 1200 Fiestas gebaut werden. Grund für die Abhängigkeit (s. Bild 13, S. 25) des Autobauers zu seinem Zulieferer ist der Konkurrenzdruck in der Autobranche, der zur Umstellung der Produktion auf das Prinzip Just-in-Time geführt hat. Fast alle Hersteller lassen inzwischen die Teile erst knapp vor ihrem Einbau liefern, um Lagerkosten zu sparen (Berliner Morgenpost vom 18. Juni 1998).

Ob der Lieferengpass des Schlossherstellers tatsächlich auf einem Softwareproblem beruhte, wie der Zulieferer angab, oder ob man den Automobilbauer durch diese missliche Situation zu besseren Konditionen zwingen wollte, bleibt unbekannt.



Bild 13: Planungsstrategien und -verfahren der Automotive-Industrie (s. ALICKE 2005, S. 32)

3 Bedarfsplanung

In diesem Kapitel werden zuerst die unterschiedlichen Verfahren der Bedarfsplanung vorgestellt. Anhand der unterschiedlichen Verbrauchsmodelle werden dafür geeignete Prognoseverfahren im Detail erläutert. Die Wichtigkeit der richtigen Parametrierung von Prognoseverfahren wird am Beispiel eines Prognoseverfahrens verdeutlicht sowie das Fehlermaß zur Messung der Prognosegüte eingeführt. Anschließend wird die Einsetzeignung der vorgestellten Prognoseverfahren zusammenfassend beschrieben.

3.1 Verfahren der Bedarfsplanung

Die Bedarfsplanung umfasst die Sortimentsplanung und die Mengenplanung. Die Mengenplanung ist dabei bei Massen- oder Serienfertigung in zwei prinzipielle Verfahren zu unterscheiden (s. HARTMANN 2002, S. 231; SCHMIDT 1993, S. 31):

- programmgebundene Bedarfsplanung und
- verbrauchsgebundene Bedarfsplanung.

Voraussetzung für die programmgesteuerte Bedarfsplanung ist entweder das Vorliegen konkreter Kundenaufträge oder eines definierten Absatz-/Produktionsprogramms. Auf dieser Basis werden die Bedarfe mithilfe von Stücklisten exakt nach Menge und Termin aufgelöst. Die programmgebundene Bedarfsplanung wird häufig auch als deterministische Bedarfsermittlung bezeichnet.

Die deterministische Bedarfsermittlung kann eingesetzt werden, wenn die Beschaffungs- und Durchlaufzeit für einen Kundenauftrag kleiner ist als die vom Kunden geforderte Lieferzeit (Make-to-Order-Prinzip). Bei der Planung nach dem auf einem Absatzplan basierenden Produktionsprogramm ist dies zu vernachlässigen. Allerdings gilt hier die Prämisse, dass bei der Erstellung eines Absatzplans die Annahme getroffen wird, Kenntnis über die Zukunft zu besitzen. Die Kenntnis über zukünftige Ereignisse kann aber ohne Widerspruch als nicht gegeben angenommen werden. Daher kann eine exakte Auflösung eines Produktionsprogramms – erstellt auf Basis unsicherer Vermutungen über die Zukunft – nicht zu hinreichend befriedigenden Ergebnissen führen.

Alternativ kann für die Bedarfsplanung die verbrauchsgebundene Bedarfsplanung genutzt werden. Eine Vorhersage des zukünftigen Bedarfs (Bedarfvorhersage oder Bedarfsprognose) wird bei diesem Verfahren aufgrund des periodisierten Verbrauchs in der Vergangenheit getätigt. Die historischen Verbräuche werden anhand von stochastischen Verfahren ausgewertet und auf dieser Basis eine Bedarfsprognose für die nächste zukünftige Periode ermittelt. Dieses Verfahren setzt keine Kenntnis über die Zukunft voraus, sondern es werden nur tatsächliche bekannte Daten

verwandt. Der Vorteil der verbrauchsgebundenen Bedarfsplanung liegt zum einen in der Nutzung der Vergangenheitsdaten und zum anderen in der Objektivität und Reproduzierbarkeit der Bedarfsprognose. Subjektive Wahrnehmungen erhalten keinen Einfluss auf die Bedarfsprognose.

Um die zukünftige Nachfrage mit der verbrauchsgebundenen Bedarfsplanung zu ermitteln, werden Prognoseverfahren angewendet, auf Basis derer eine Bedarfsplanung stattfindet. Diese stochastischen Verfahren objektivieren den Prozess der Bedarfsplanung. Sie beruhen auf historischen Zeitreihen von Verbrauchsdaten (s. Alické 2005, S. 37). Im Gegensatz zu heuristischen Verfahren zur Ermittlung der Bedarfsprognose aufgrund von persönlichen Einschätzungen, die stark von subjektiven Einflüssen geprägt sind, führen die systematische Nutzung und quantitative Auswertung historischer Zeitreihen im Rahmen der stochastischen Verfahren zu objektiveren Ergebnissen.

Grundsätzlich lassen sich vier verschiedene Arten von Verbrauchsmodellen unterscheiden (s. Bild 14, S. 29) (s. TEMPELMEIER 2015, S. 59ff.; HANKE ET AL. 2001, S. 55; NAHMIA 2015, S. 59):

- stationäres Verbrauchsmodell,
- sporadisches Verbrauchsmodell,
- trendförmiges Verbrauchsmodell,
- saisonales Verbrauchsmodell.

Zeitreihen mit einem horizontalen Verlauf werden als stationär bezeichnet. Trendförmige Verläufe dagegen beinhalten zumindest langfristig ein kontinuierlich positives oder negatives Wachstum über eine gewisse Zeitspanne. Saisonale Zeitreihen kennzeichnen sich durch immer wiederkehrende Kurvenabschnitte innerhalb derselben Zeitspanne (wöchentlich, monatlich, jährlich etc.). Sporadische Zeitreihen weisen eine größere Anzahl von Nullwerten sowie unregelmäßige Verbräuche auf (s. HANKE ET AL. 2001, S. 54ff.). Anhand der Zeitreihen kann auf Basis der Vergangenheitsdaten eine Prognose für die Zukunft berechnet werden. Dazu existiert eine Vielzahl von Prognoseverfahren, die unterschiedlichste Eigenschaften aufweisen.

Die bekanntesten Prognoseverfahren zur stochastischen Bedarfsermittlung sind die Verfahren *Regressionsanalyse*, *Gleitender Mittelwert*, *Exponentielle Glättung 1. Ordnung*, *Exponentielle Glättung 2. Ordnung* sowie *Exponentielle Glättung 3. Ordnung*. Während die *Regressionsanalyse* insbesondere für die Prognose von Zeitreihen mit einem trendförmigen Verlauf geeignet ist, sollten die Verfahren *Gleitender Mittelwert* sowie *Exponentielle Glättung 1. Ordnung* bei stationären Zeitreihen angewandt werden. Die Erweiterungen der *exponentiellen Glättung* liefern dagegen auch gute Ergebnisse bei trendförmigen Verbrauchsmodellen (*Exponentielle Glättung 2. Ordnung*) sowie bei saisonalem Charakter der Zeitreihe (*Exponentielle Glättung 3. Ordnung*).

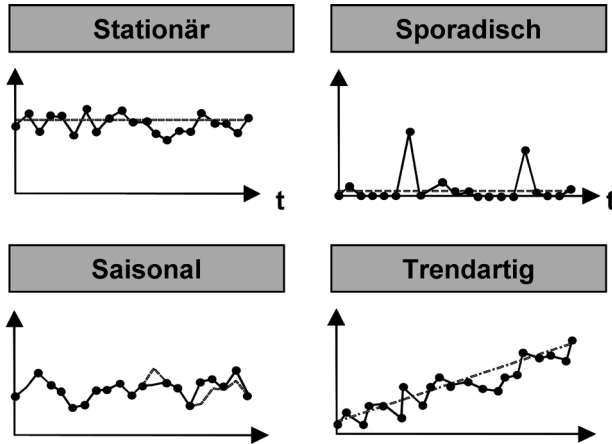


Bild 14: Arten von Zeitreihen (eigene Darstellung)

3.2 Prognoseverfahren – eine detaillierte Betrachtung

Bei der Auswahl eines adäquaten Prognoseverfahrens muss zunächst festgestellt werden, wozu die Prognose benötigt und von wem die Prognose genutzt werden soll. Des Weiteren müssen die Eigenschaften und Charakteristika der zur Verfügung stehenden Daten analysiert und der Zeithorizont der Prognose definiert werden (s. ARMSTRONG ET AL. 2001, S. 450). Es ist zu analysieren, wie viele Vergangenheitsdaten minimal für ein Prognoseverfahren benötigt und ob diese in der Anwendung zur Verfügung stehen werden.

Zur Beantwortung dieser Fragen schlagen TEMPELMEIER und MAKRIDAKIS folgende fünf Schritte vor, um von der Problemstellung zu einem passenden Prognoseverfahren zu gelangen (s. TEMPELMEIER 2008, S. 33ff.; MAKRIDAKIS 1998, S. 13f.):

- Problemdefinition,
- Sammlung von Informationen/Daten,
- Voranalyse,
- Vorauswahl von passenden Prognoseverfahren,
- Evaluation der Prognoseverfahren.

Im Rahmen der Problemdefinition muss festgestellt werden, wofür die Prognose genutzt werden soll, wer sie benötigt und wie sie in die Prozesse des Unternehmens eingegliedert werden soll. Der zweite Schritt umfasst die Sammlung von für die Prognose benötigten

Informationen bzw. Daten. Dies können statistische oder numerische Daten sein, aber auch Informationen aus dem Erfahrungsschatz von Mitarbeitern des Unternehmens. Darauf folgt eine Voranalyse der gesammelten Daten, bei der ein „Gefühl“ für diese erlangt werden soll. Dazu ist eine Visualisierung der Daten beispielsweise durch Diagramme ratsam. Die Voranalyse soll es ermöglichen, Eigenschaften der Daten bzw. Zeitreihen festzustellen, um dann im vierten Schritt eine Vorauswahl über in Frage kommende Prognoseverfahren durchführen zu können. Diese Prognoseverfahren werden schließlich anhand von quantitativen Messverfahren auf ihre Qualität geprüft und miteinander verglichen (s. MAKRIDAKIS 1998, S. 15, 515ff.; TEMPELMEIER 2008, S. 33f.).

In dem Prozess von der Problemdefinition bis zur Feststellung eines adäquaten Prognoseverfahrens zur stochastischen Bedarfsermittlung sind die Voranalyse und Vorauswahl besonders wichtig. Es ist die Anzahl der im Rahmen der Evaluation genauer zu untersuchenden Prognoseverfahren auf die für das Problem relevanten Modelle zu reduzieren. Dazu ist in der Voranalyse festzustellen, welche Eigenschaften die Daten und die darauf basierenden Zeitreihen besitzen, um Aussagen über die Art der Zeitreihen (s. Kap. 3.1) treffen sowie andere bei der Vorauswahl zu beachtenden Faktoren feststellen zu können (s. MAKRIDAKIS 1998, S. 14f.).

Häufig sinnvoll einsetzbare und in den ERP-Systemen vorhandene Prognoseverfahren gehören unter anderem den Verfahrensgruppen des Gleitenden Mittelwerts, der Exponentiellen Glättung oder der Linearen Regression an (s. Bild 15). So existiert das Prognoseverfahren des Gleitenden Mittelwerts oder die Exponentielle Glättung 1. Ordnung, 2. Ordnung und 3. Ordnung. Im Rahmen der Regressionsanalysen können sowohl lineare Ansätze (Lineare Regression) als auch nicht lineare Ansätze (Nichtlineare Regression) angewandt werden.

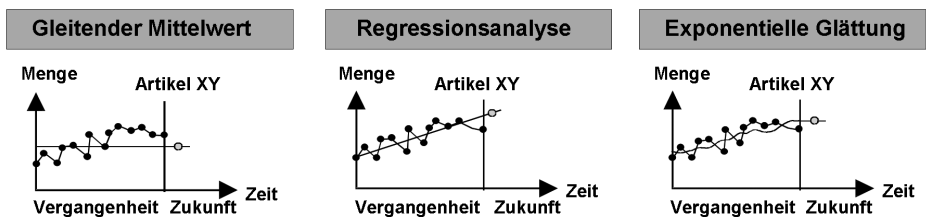


Bild 15: Verfahrensgruppen der stochastischen Bedarfsermittlung (eigene Darstellung)

Das Verfahren des *Gleitenden Mittelwerts* bildet die Prognose durch die Berechnung von Mittelwerten der vorliegenden Verbrauchsdaten. Es handelt sich um ein leicht verständliches und in der Praxis weit verbreitetes Verfahren. Die Anwendung dieses Prognoseverfahrens führt zu einer weitgehenden Ausschaltung von zufallsbedingten Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Zeitreihen. Die betrachtete historische Zeitreihe verschiebt sich rollierend, d. h., bei Vorliegen eines aktuellen Verbrauchswerts wird der jeweils älteste Verbrauchswert durch den aktuellen substituiert.

Im Gegensatz dazu ermittelt die Regressionsanalyse eine Funktion, deren Lage zu den vorliegenden Verbräuchen durch die Minimierung der Fehlerquadrate ermittelt wird. Dadurch wird die zukünftige Verbrauchsentwicklung angenähert und die Zukunft extrapoliert. Die Verfahren der Regressionsanalyse sind in der Regel nur bei einem stationären Verlauf der Zeitreihen oder einem stabilen Trend anwendbar. Bei großer Volatilität oder starken Strukturbrüchen haben Ausreißer dagegen einen zu starken Einfluss auf die ermittelte Funktion.

Die Exponentielle Glättung wiederum führt eine exponentielle Gewichtung der Prognosefehler durch, um den Prognosewert zu bestimmen. Vereinfacht bedeutet dies, dass das Gewicht der Werte mit zunehmenden „Alter“ abnimmt. Der jeweils neue Prognosewert wird um den gewichteten Prognosefehler des letzten Prognosewerts korrigiert. Die Verfahren der Exponentiellen Glättung sind sehr leistungsfähig und liefern in der Regel gute Ergebnisse. Daher sollen die einzelnen Verfahren der Exponentiellen Glättung im Folgenden detailliert vorgestellt werden.

Exponentielle Glättung 1. Ordnung. Bei dem Verfahren der Exponentiellen Glättung 1. Ordnung wird der Prognosewert für die nächste Periode als ein gewogenes arithmetisches Mittel aus dem tatsächlichen Wert der aktuellen Periode (gewichtet mit dem Parameter α) und der letzten Prognose für die aktuelle Periode (gewichtet mit dem Parameter $(1-\alpha)$) errechnet (s. TEMPELMEIER 2008, S. 43f.; MAKRIDAKIS 1998, S. 137, 147ff.; ALICKE 2005, S. 39).

Der Parameter α beeinflusst dabei, wie stark der aktuell beobachtete Wert (Y_t) in die Prognose für die nächste Periode eingeht. Wenn α relativ groß gewählt wird, dann wird die Prognose sehr stark auf Veränderungen im Verlauf reagieren. Bei einem kleinen α dagegen wird sich der neue Prognosewert im Vergleich zum letzten nur geringfügig verändern (s. SCHÖNSLEBEN 2016, S. 415; ALICKE 2005, S. 39). Durch die Einbeziehung der letzten Prognose in die Berechnung für die Prognose der nächsten Periode müssen bei diesem Verfahren nur die Prognosewerte gespeichert werden, aber nicht alle historischen Daten. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, dass durch den Glättungsparameter α die exponentielle Gewichtung der vergangenen Werte leicht angepasst werden kann (s. NAHMIA 2015, S. 74).

$$P_{(t+1)} = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot P_t$$

mit

P_{t+1} = Prognosewert für t+1

Y_t = Realer Wert zum Zeitpunkt t

α = Glättungsparameter ($0 < \alpha < 1$)

P_t = Prognosewert für t.

Exponentielle Glättung 2. Ordnung: Verfahren nach HOLT. Das Prognoseverfahren von HOLT ist eine Erweiterung des Exponentiellen Glättens um die Einbeziehung von linearen Trendverläufen in der Zeitreihe (s. ALICKE 2005, S. 39). Dazu wird zum einen der Achsenabschnitt (L_t) der Prognosefunktion (P_t) berechnet, wobei das Verfahren des Exponentiellen Glättens 1. Ordnung sowohl auf den beobachteten Wert der aktuellen Periode (Y_t) als auch auf die Differenz zwischen dem letzten Achsenabschnitt ($L_{(t-1)}$) und der letzten Steigung ($T_{(t-1)}$) angewandt wird. Zum anderen wird die aktuelle Steigung ($T_{(t-1)}$) der Prognosefunktion wiederum durch Exponentielles Glätten ermittelt. Dabei wird die Differenz zwischen dem Achsenabschnitt der letzten und der aktuellen Periode mit β gewichtet sowie die Steigung der letzten Periode durch den Parameter $(1-\beta)$ mit einbezogen. Die Summe der berechneten Werte (Achsenabschnitt, Steigung) ergibt schließlich den Prognosewert ($P_{(t+1)}$) für die nächste Periode (s. ALICKE 2005, S. 39f.; TEMPELMEIER 2008, S. 68; MAKRIDAKIS 1998, S. 158f.). Im Gegensatz zu anderen Verfahren, die lineare Trends in die Prognose mit einbeziehen, hat das Verfahren von Holt den Vorteil, dass neue Prognosewerte sehr einfach zu berechnen sind, da nur der neue beobachtete Wert der aktuellen Periode sowie die Zwischenergebnisse der Prognose der letzten Periode dazu notwendig sind (s. MAKRIDAKIS 1998, S. 158f.).

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot (L_{(t-1)} + T_{(t-1)})$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{(t-1)}) + (1-\beta) \cdot T_{(t-1)}$$

$$P_{(t+1)} = L_t + T_t$$

mit

L_t = geglätteter Wert für t

T_t = Trendschätzung für t

α = Glättungsparameter für Bedarfsprognose

Y_t = realer Wert zum Zeitpunkt t

$P_{(t+1)}$ = Prognosewert für t+1

β = Glättungsparameter für Trendschätzung.

Exponentielle Glättung 3. Ordnung: Verfahren nach WINTERS. Bei dem Verfahren nach WINTERS handelt es sich um eine Erweiterung von HOLT'S exponentiellem Glätten. WINTERS' dient zur Vorhersage bei saisonalen Verläufen der Zeitreihen. Dazu wird zusätzlich zu HOLT'S Verfahren ein saisonaler Index (S_t) berechnet. Die Schätzung des saisonalen Index wird dabei mit dem Parameter γ gewichtet sowie die letzte Schätzung dieser Periode innerhalb der Saison (S_{t-s}) mit dem Gewicht $(1-\gamma)$ mit einbezogen. Während die Berechnung der Steigung (T_t) durch WINTERS von HOLT ohne Veränderung übernommen wurde, ist die Berechnung des Achsenabschnitts (L_t) leicht modifiziert.

Im Verfahren nach WINTERS wird der beobachtete Wert der aktuellen Periode (Y_t) durch die Division mit dem saisonalen Index dieser Periode in dem letzten saisonalen Abschnitt (T_{t-s}) angepasst, in dem durch diese Saisonbereinigung die saisonalen Effekte aus diesem Wert (Y_t) herausgerechnet werden (s. MAKRIDAKIS 1998, S. 161f.; ALICKE 2005, S. 40; TEMPELMEIER 2008, S. 77).

$$L_t = \alpha \cdot \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta) \cdot T_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \cdot \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma) \cdot S_{t-s}$$

$$P_{t+1} = (L_t + T_t) \cdot S_{t+1-s}$$

mit

L_t = geglätteter Wert für t

S_t = Saisonschätzung für t

α = Glättungsparameter für Bedarfsprognose

γ = Glättungsparameter für Saisonschätzung

Y_t = realer Wert zum Zeitpunkt t

T_t = Trendschätzung für t

s = Länge einer Saison

β = Glättungsparameter für Trendschätzung

P_{t+1} = Prognosewert für t+1.

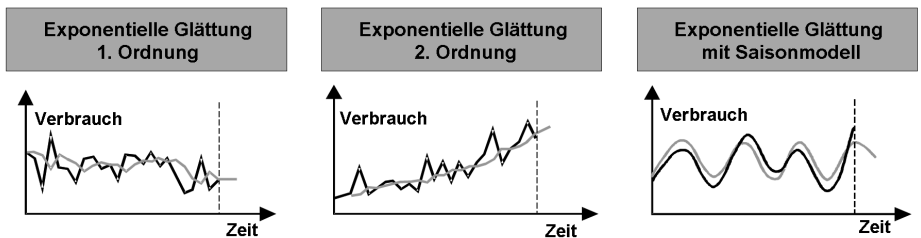


Bild 16: Exemplarische Erläuterung von Prognoseverfahren anhand der exponentiellen Glättung (eigene Darstellung)

Prognoseverfahren für sporadische Bedarfe – Methode nach CROSTON. Ersatzteile oder seltener nachgefragte Artikel (Langsamdreher) können Perioden mit Nullbedarfen aufweisen, d. h., es besteht keine Nachfrage für das Produkt in einer Periode. Die Methode nach CROSTON versucht, solche Nullbedarfe in der Prognose nicht zu beachten, um Fehler bzw. eine Unterschätzung des Bedarfs der nächsten Periode zu verhindern. Dazu wird das Verfahren des Exponentiellen Glättens 1. Ordnung sowohl zur Berechnung des Prognosewerts (Y_{t+1}) als auch zur Berechnung der Zwischenankunftszeit der Bedarfsereignisse (E_t) angewandt. Im Falle eines Bedarfs wird der Prognosewert aus diesen beiden Werten errechnet (s. ALICKE 2005, S. 41). Die Methode nach Croston zur Prognose von sporadischen Bedarfen wird durch folgenden Pseudo-Algorithmus beschrieben:

```

1: q = 1
2: if  $Y_t = 0$  then
3:  $P_t = P_{t-1}$ 
4:  $E_t = E_{t-1}$ 
5: q = q+1
6: else
7:  $P_t = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot P_{t-1}$ 
8:  $E_t = \alpha \cdot q + (1-\alpha) \cdot E_{t-1}$ 
9: q = 1
10: end if
11:  $P_{t+1} = \frac{P_t}{E_t}$ 

```

mit

q = vergangene Zeit in Perioden seit letztem Bedarf

Y_t = realer Wert zum Zeitpunkt t

α = Glättungsparameter für Bedarfsprognose

E_t = Zwischenankunftszeit des nächsten Bedarfs

P_{t+1} = Prognose des Bedarfs in t+1.

Parametrierung der Prognoseverfahren. Im Rahmen der Optimierung der Bedarfsprognose ist nicht nur die artikelspezifische Auswahl eines geeigneten Prognoseverfahrens, sondern auch deren Parametrierung von entscheidender Bedeutung. Die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Prognoseverfahren ist stark abhängig von der Parameterwahl. Beispielhaft sollen die Auswirkungen der Parameterwahl anhand des Verfahrens der Exponentiellen Glättung 1. Ordnung aufgezeigt werden, welches die Basis der meisten vorgestellten Verfahren darstellt.

Die Wahl der Größe des Parameters α ($0 < \alpha < 1$) kann zu deutlich unterschiedlichen Prognosewerten und damit Prognosefehlern führen (vgl. Bild 17, S. 35). Ein niedrig gewähltes α (z. B. $\alpha = 0,1$) führt dazu, dass die Prognose sich verhältnismäßig langsam an Abweichungen

anpasst und damit relativ gleichmäßige Prognosewerte bei einer langsamen Anpassung ergibt. Ein relativ groß gewähltes α (z. B. $\alpha = 0,5$) führt dagegen zu einem relativ raschen Nachfolgen der Prognose im Verhältnis zur Zeitreihe – allerdings zeitlich verschoben. Sowohl die Wahl eines kleineren α als auch eines größeren α kann abhängig vom Verbrauchsverhalten des Artikels vorteilhaft sein.

Eine pauschale Aussage hinsichtlich der richtigen Größe des Parameters kann nicht getroffen werden. Daher muss eine artikelspezifische Parametrierung durchgeführt werden, um die Güte der Bedarfsprognose für jeden Artikel zu erhöhen. Die Güte der Prognose kann dabei durch unterschiedliche Fehlermaße hinsichtlich des Prognosefehlers bewertet werden.

3.3 Messung der Prognosegenauigkeit

Die Genauigkeit oder Güte von Prognoseverfahren wird anhand des Prognosefehlers ermittelt. Dieser wird durch die Differenz zwischen dem beobachteten Wert und dem Vorhersagewert einer Periode ermittelt (s. ALICKE 2005, S. 42f.; HANKE ET AL. 2001, S. 75; MAKRIDAKIS 1998, S. 43f.; NAHMIAS 2015, S. 74):

$$e_t = Y_t - P_t$$

mit

Y_t = beobachteter Wert der Periode t

P_t = prognostizierter Wert der Periode t

e_t = Prognosefehler der Periode t.

Es existieren unterschiedliche Verfahren, um die Prognosefehler der verschiedenen Perioden einer Zeitreihe zusammenzufassen und Aussagen über die Genauigkeit des angewandten Prognoseverfahrens zu treffen (s. SCHÖNSLEBEN 2016, S. 407f.). Dabei ergab der M3-IJF Wettbewerb, dass die Methoden MAD (Mean Absolute Deviation), MSE (Mean Squared Error) und MAPE (Mean Absolute Percentage Error) konsistente Ergebnisse produzieren, wenn unterschiedliche Prognoseverfahren miteinander verglichen werden sollen (s. MAKRIDAKIS 1998, S. 44f.). Darüber hinaus war ein weiteres Ergebnis dieses Wettbewerbs, dass die Genauigkeit einfacherer Prognoseverfahren mindestens genauso gut sein kann wie die von sehr komplexen Modellen.

Eine Methode zur Überprüfung der Genauigkeit von Prognoseverfahren ist die Bestimmung der MAD (s. TEMPELMEIER 2008, S. 35). Mit diesem Verfahren werden die Beträge der Prognosefehler summiert und es wird die Summe durch die Anzahl der Prognosefehler geteilt. MAD ist ein sehr nützliches Verfahren, wenn der Prognosefehler in derselben Einheit wie die Daten der Zeitreihen gemessen werden soll:

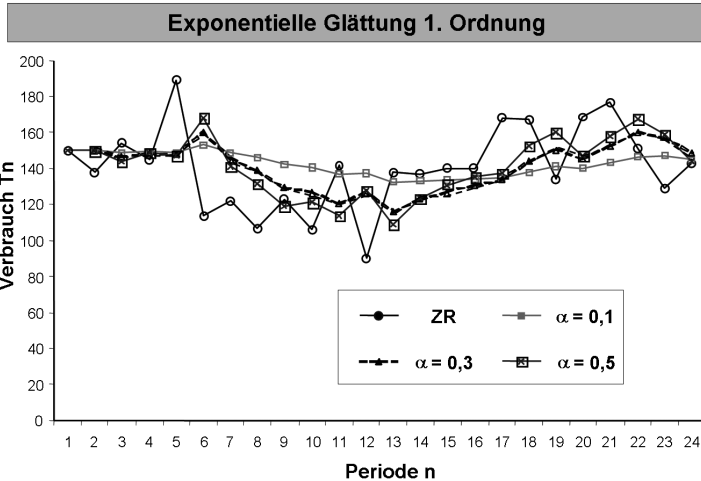


Bild 17: Exponentielle Glättung 1. Ordnung für unterschiedliche Glättungsparameter (eigene Darstellung)

$$MAD = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n |Y_t - P_t|$$

mit

Y_t = beobachteter Wert der Periode t

P_t = prognostizierter Wert der Periode t.

Eine weitere Möglichkeit zur Messung der Qualität von Prognoseverfahren ist die Berechnung des MSEs. Dabei wird die Summe der quadrierten Prognosefehler ermittelt und diese wiederum werden durch die Anzahl der Beobachtungen geteilt (s. MAKRIDAKIS 1998, S. 43). Dieser Ansatz bestraft durch das Quadrieren große Prognosefehler besonders. Dadurch kann festgestellt werden, ob ein Prognoseverfahren extreme Prognosefehler produziert, die bei der mittleren absoluten Abweichung (MAD) nicht so stark ins Gewicht fallen würden:

$$MSE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n (Y_t - P_t)^2$$

mit

Y_t = beobachteter Wert der Periode t

P_t = prognostizierter Wert der Periode t.

Manchmal kann es nützlich sein, den Prognosefehler prozentual auszudrücken, um diesen mit dem Prognosefehler anderer Zeitreihen mit unterschiedlichen Dateneinheiten vergleichen zu können. Dazu kann das Verfahren MAPE angewandt werden, bei dem der absolute Prognosefehler jeder Periode durch den beobachteten Wert der entsprechenden Periode geteilt wird, um daraus den Mittelwert dieser Quotienten zu bilden. Dieser Ansatz liefert einen Indikator dafür, wie die Prognosefehler im Verhältnis zu den beobachteten Werten stehen (s. MAKRIDAKIS 1998, S. 44):

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - P_t|}{Y_t}$$

mit

Y_t = beobachteter Wert der Periode t

P_t = prognostizierter Wert der Periode t.

3.4 **Einsatzzeignung von Prognoseverfahren**

Die vorgestellten Prognoseverfahren stellen nur einen Ausschnitt der vorhandenen Verfahren dar. Allerdings kann die richtige Anwendung dieser Verfahren bereits zu einer erheblich verbesserten Bedarfsprognose gegenüber der Bedarfsvorhersage auf Basis von Erfahrungswerten führen.

Die Einsatzzeignung der Prognoseverfahren hinsichtlich des Verbrauchsmodells kann gemäß Bild 18 (S. S. 38) zusammengefasst werden. Eine kontinuierliche Messung der Güte der Prognosewerte anhand der Fehlermaße und eine entsprechende Zuweisung der Prognoseverfahren sollten allerdings durchgeführt werden, um beispielsweise Veränderungen der Produktlebenszyklusphasen und damit dem Verbrauchsverhalten Rechnung zu tragen.

Des Weiteren sollten im Sinne des Collaborative-Demand-Plannings nicht nur die statistischen Prognosewerte Eingang in die Bedarfsprognose finden, sondern auch Informationen über beispielsweise Marketingaktionen und Vertriebsaktivitäten zusätzlich berücksichtigt werden, da sie einen erheblichen Einfluss auf den Absatz haben können. Die statistisch ermittelten Prognosewerte sollten aber aufgrund ihrer Objektivität die Basis der Bedarfsprognose bilden und ein relativ hohes Gewicht im Verhältnis zu weiteren Einflussfaktoren besitzen.

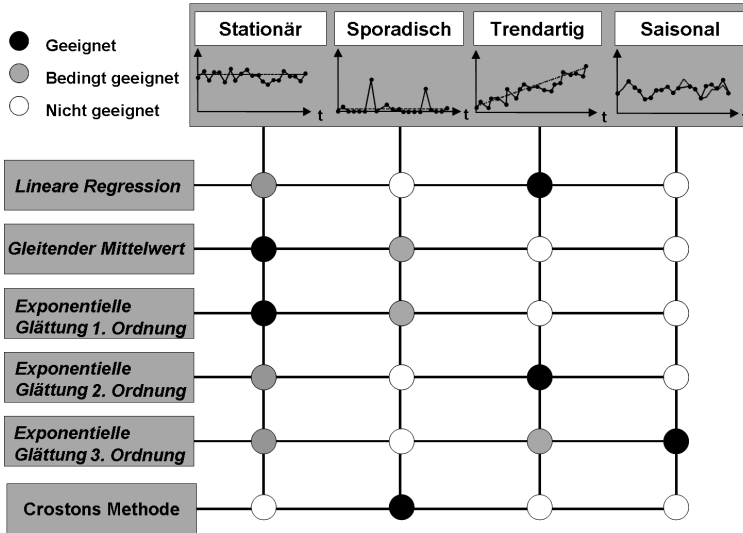


Bild 18: Einsatzzeigung der Prognoseverfahren (eigene Darstellung)

4 BESTANDSPLANUNG

Die Bestandsplanung umfasst die Festlegung der notwendigen Sicherheitsbestände und des Bestellauslösebestands. Dafür notwendig sind eine konsistente Bestandsführung sowie brauchbare Prognosewerte aus der Bedarfsplanung. Im Folgenden werden die Zusammenhänge sowie die Berechnung der notwendigen Größen im Detail erläutert. Dabei wird von der Bestellpolitik (t, q) ausgegangen (s. Kap. 5.1), welche eine bestandsbezogene Bestellauslösung vorsieht.

4.1 Bestandsführung

Aufgabe der Bestandsführung ist die Erfassung aller Lagerbewegungen, aus denen der buchmäßige Lagerbestand errechnet und beurkundet werden kann. Dieser ist im Rahmen einer mengenmäßigen und einer wertmäßigen Erfassung zu unterscheiden.

Zur mengenmäßigen Erfassung gibt es folgende Methoden:

- Die Skontrations- oder Fortschreibungsmethode basiert auf einem System von Liefer- und Materialentnahmescheinen,
- bei der Inventurmethode erfolgt die Bestandsmengenerfassung durch Lieferscheine und regelmäßige Inventuren entweder unter einer permanenten oder einer Stichtagsinventur. Die körperlichen Vermögensgegenstände werden dabei durch Zählen, Messen oder Wiegen aufgenommen,
- die retrograde Methode oder Rückrechnung wird auf Basis einer Stückliste erstellt.

Die möglichst genaue Kenntnis über Lagerbewegungen und -bestände bildet die Grundlage für die Bestandsplanung und damit verbundene Bestellauslösung. Daher wird in der Bestandsführung eine Differenzierung nach unterschiedlichen Bestandsarten vorgenommen (s. SCHMIDT 1993, S. 69ff.; FRIEMUTH U. STICH 1998, S. 139f.):

- Bestellbestand,
- Wareneingangsbestand,
- Vormerkungen (Reservierungen),
- Werkstattbestand
- Lagerbestand,
- verfügbarer Bestand.

Unter Vormerkungen sind buchmäßig bereits erfolgte Zuteilungen zu verstehen, die bisher noch nicht physisch erfolgten und sich dementsprechend bedarfserhöhend auswirken. Werkstatt-, Wareneingangs- und Bestellbestände sind ehemalige Bedarfe, die im Rahmen von früheren Dispositionen berücksichtigt wurden, aktuell aber noch nicht verfügbar sind. Für die

Bestellauslösung ist die Kenntnis über

- Bestellauslösebestand,
- Sicherheitsbestand,
- Wiederbeschaffungszeit

von Bedeutung. Aus den Lagerbewegungen sind schließlich die Verbrauchsverläufe abzulesen, auf denen die Verfahren der stochastischen Bedarfsermittlung aufbauen (s. Kap. 3).

Die durch die Bestandsführung aufgenommenen Daten sind die wesentliche Grundlage für die Berechnung der Bestellparameter.

4.2 Aufgaben der Bestandsplanung

Nachdem im Rahmen der Bedarfsplanung die Bedarfe der zukünftigen Planungsperiode prognostiziert wurden, erfüllt die Bestandsplanung die Aufgabe, die notwendigen Bestände zur Erreichung des gewünschten Lieferbereitschaftsgrades und die damit eng verbundenen Bestellauslösebestände zu ermitteln.

Fallbeispiel

Hohe Lieferbereitschaft wird oft durch hohe Bestände erkaufte. Das muss nicht sein. Im Rahmen einer Analyse zur Reduzierung der Bestände bei der Volkswagen AG konnte die FIR-Solution-Group ein Bestandsenkungspotenzial von 39 Prozent bei gleichbleibendem Lieferbereitschaftsgrad nachweisen. Bei dem betrachteten Lagerstandort handelte es sich um ein regionales Ersatzteillager der zweiten Distributionsstufe. Es wurde eine Stichprobe des bevorrateten Artikelsortiments von ca. 4300 lagerhaltigen Teilen über ein gesamtes Jahr tagesbezogen betrachtet.

Die Strategie der Vorratsergänzung und -sicherung, die im Rahmen der Bestandsplanung festgelegt wird, beschäftigt sich mit dem Entscheidungsproblem, zu welchem Zeitpunkt und mit welcher Menge ein Lagerbestand aufgefüllt werden soll. Gesucht werden zum einen der Bestellauslösebestand sowie zum anderen diejenige Bestellmenge, die zu einem Minimum der gesamten Beschaffungs- und Bestandskosten bei gleichzeitiger Wahrung des Lieferbereitschaftsgrades führt. Zur Ermittlung des Bestellauslösebestands (BAB) sind als Eingangsgrößen zum einen der Grundbestand (GB) und zum anderen der Sicherheitsbestand (SB) notwendig.

$$\text{BAB} = \text{GB} + \text{SB}$$

Der Grundbestand hat die Aufgabe, die durchschnittliche bzw. erwartete Nachfrage eines Artikels zu befriedigen (s. SCHUH ET AL. 2014, S. 177). Die erwartete Nachfrage (d_{Prog}) wurde durch die Bedarfsplanung bereits für die folgende Planungsperiode prognostiziert. Des Weiteren wird

der Grundbestand auf die Wiederbeschaffungszeit (WBZ) bezogen. Er berechnet sich damit als das Produkt aus dem Prognosewert eines Artikels pro Zeiteinheit (Planungsperiode) und der Dauer der Wiederbeschaffungszeit (WBZ) in Zeiteinheiten:

$$GB = d_{\text{Prog}} \cdot WBZ$$

mit

d_{Prog} = Prognosewert für die aktuelle Planungsperiode

WBZ = Wiederbeschaffungszeit des Artikels.

Während der Grundbestand die Aufgabe hat, die durchschnittliche bzw. erwartete Nachfrage eines Artikels abzudecken, dient der Sicherheitsbestand zur Erhaltung der Lieferfähigkeit eines Lagers bei eventuellen Planungsunsicherheiten (s. HERING ET AL. 2012, S. 395). Mögliche Bedarfs- bzw. Verbrauchsschwankungen sind daher durch einen geeigneten Sicherheitsbestand auszugleichen. Die Ermittlung des Sicherheitsbestands kann entweder auf Basis der Lagerabgangsverteilung oder auf Basis der Verteilung der Prognosefehler durchgeführt werden (s. HUHNDORF 1990, S. 21ff.).

Die Lagerabgangsverteilung kann, wenn keine speziellen Prognoseverfahren Einsatz finden, aus der Zeitreihe der Lagerabgänge in der Vergangenheit ermittelt werden. Die Lagerabgangsverteilung ergibt sich dadurch, dass die Häufigkeit der Lagerabgänge bestimmt wird. Üblicherweise treten Bedarfe mit einer mittleren Höhe am häufigsten auf, während extrem hohe oder niedrige Bedarfe nur mit einer sehr geringen Häufigkeit auftreten. Dabei ist der Verteilungstyp heranzuziehen, der sich aus den Vergangenheitswerten ersichtlich effektiver Häufigkeitsverteilung am besten anpasst (s. HARTMANN 2002, S. 390). Die Lagerabgänge können dabei z. B. normalverteilt um den mittleren Bedarf pro Periode schwanken. Weitere mögliche Verteilungstypen sind z. B. die Exponentialverteilung, die Poisson-Verteilung oder die logarithmische Normalverteilung.

Die Bestimmung der erforderlichen Lagerbestände bei vorgegebener Lieferbereitschaft erfolgt in der Regel mittels der entsprechenden Lagerhaltungsmodelle. Ein großer Teil dieser Modelle setzt üblicherweise einen normalverteilten Lagerabgang voraus, ohne auf die tatsächlich vorliegende Lagerabgangsverteilung einzugehen. Für die unterschiedlichen Verteilungstypen existieren jeweils unterschiedliche statistische Beziehungen. Aus diesem Grund muss bei diesen Lagerhaltungsmodellen für eine genaue Bestimmung des Sicherheitsbestandes immer der vorliegende Verteilungstyp ermittelt werden, um die korrekte statistische Beziehung anwenden zu können.

Die Lagerhaltungsverteilung wird als Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Höhe der zukünftig auftretenden Bedarfe herangezogen. Gibt der Lieferbereitschaftsgrad die Wahrscheinlichkeit dafür

an, dass keine Unterdeckung pro Bestellzyklus auftritt, so kann die standardisierte Normalverteilung wie folgt interpretiert werden: Positive und negative Prognosefehler treten mit der gleichen Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent auf (s. Bild 19). Die Wahrscheinlichkeit, dass der Prognosefehler entweder negativ oder kleiner als eine Standardabweichung ist, beträgt beispielsweise 84,13 Prozent (50 Prozent + 34,13 Prozent). Hält man deshalb einen zusätzlichen Sicherheitsbestand in Höhe von der Standardabweichung auf Lager, so wird ein Servicegrad von 84,13 Prozent gewährleistet oder, anders ausgedrückt, das Risiko einer Fehlmenge ist mit ca. 15,87 Prozent zu veranschlagen (s. Bild 19) (s. REFA 1985, S. 136ff.; HARTMANN 2002, S. 391f.). Der Sicherheitsbestand ist somit das Produkt von Sicherheitsfaktor und Standardabweichung der Lagerabgangsverteilung:

$$SB = k \cdot \sigma$$

mit

k = Sicherheitsfaktor

σ = Standardabweichung der Lagerabgangsverteilung.

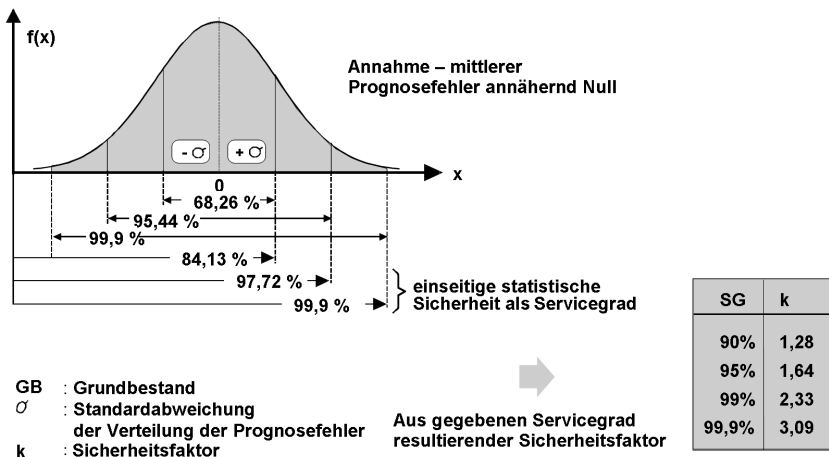


Bild 19: Bestimmung des k-Faktors aus der Standardabweichung (eigene Darstellung)

Die Standardabweichung muss auch die jeweilige Dispositionszeit des Artikels berücksichtigen. So muss der Sicherheitsbestand bei periodischen Systemen größer sein als bei kontinuierlichen Systemen, in denen eine Bestandsprüfung bei jeder Lagerbewegung durchgeführt wird, um das Risiko wegen der fehlenden Bestellmöglichkeit während des Inspektionsintervalls abzudecken. Die Berechnung des Sicherheitsbestands über die Lagerabgangsverteilung wird in der Praxis oft verwendet, weil sie relativ einfach zu handhaben ist und keine kontinuierliche Bedarfsplanung benötigt wird.

Wird allerdings eine Bedarfsplanung mit entsprechenden Prognosewerten pro Planungsperiode durchgeführt, so empfiehlt es sich, die Bestandsplanung auf Basis jener durchzuführen. In diesem Fall ist zur Bestimmung des Sicherheitsbestands die Erfassung der in der Vergangenheit aufgetretenen Prognosefehler, also der Differenzen zwischen den tatsächlichen und den jeweiligen prognostizierten Bedarfen, erforderlich. Die Höhe des bei einem vorgegebenen Lieferbereitschaftsgrad erforderlichen Sicherheitsbestands kann dann auf der Basis der Verteilung des Prognosefehlers ermittelt werden. Dies erfolgt wiederum, analog der Berechnung von Sicherheitsbeständen über die Lagerabgangverteilung, unter Ausnutzung der für den jeweils vorliegenden Verteilungstyp geltenden statistischen Beziehungen.

Das Verfahren der Fehlerberechnung basiert auf der Erkenntnis, dass sich in den meisten Fällen der Umfang eines Vorhersagefehlers um einen Durchschnittswert eines „Null“-Fehlers verteilt, und zwar nach einem Muster, das als Normalverteilung bekannt ist (s. HARTMANN 2002, S. 290ff.). Das statistisch geeignete Streuungsmaß für Prognosefehler ist die Standardabweichung. Alternativ kann auch das MAD(Medium Absolute Deviation)-Verfahren verwendet werden. Bei normalverteilten Prognosefehlern kann mit hinreichender Genauigkeit die MAD in die Standardabweichung umgerechnet werden (s. HARTMANN 220, S. 290, S. 417).

Damit berechnet sich der notwendige Sicherheitsbestand auf Basis der Prognosefehler wie folgt:

$$SB = k \cdot \sigma$$

mit

k = Sicherheitsfaktor

σ = Standardabweichung der Prognosefehler.

Die Größe Sigma gibt an, wie sich die Abweichung zwischen Vorhersage und dem tatsächlichen Verbrauch um den Mittelwert verteilt. Ist Sigma groß, so war die Vorhersage sehr ungenau. Ist Sigma klein, so weicht die Vorhersage nur geringfügig vom tatsächlichen Bedarf ab.

Praxis-Tipp

Für die Berechnung in der Praxis ist die Berechnung der Standardabweichung verhältnismäßig rechenintensiv und umständlich. Es existiert daher ein Verfahren, das einfach anwendbar und für einen EDV-Einsatz brauchbar ist. Gemäß Hartmann wird für die praktische Anwendung bei der Fehlervorhersage die mittlere absolute Abweichung (MAD) errechnet (s. HARTMANN 2002, S. 292). Absolut besagt, dass alle Abweichungen als positiv angenommen werden. Zwischen der mittleren absoluten Abweichung MAD und der Standardabweichung besteht bei Normalverteilung der Fehler näherungsweise folgende Beziehung:

$$\sigma = 1,25 \cdot MAD$$

Berechnungen haben ergeben, dass mit dieser Gleichung ein recht guter Näherungswert für Sigma ermittelt wird. Auf eine genaue Berechnung der Standardabweichung kann daher in der Praxis verzichtet werden, da trotz Mehraufwand die Genauigkeit der Aussage nur unwesentlich verbessert wird (s. MENTZEL 1993, S. 764). Der MAD ist für die Berechnung des Sicherheitsbestands ein hinreichend zuverlässiger Wert, vorausgesetzt, dass für die vorliegende Verbrauchsstruktur das richtige Prognoseverfahren ausgewählt wurde.

Des Weiteren muss für die Berechnung des Sicherheitsbestands ebenso wie für die Berechnung des Grundbestands die Wiederbeschaffungszeit (WBZ) berücksichtigt werden.

$$SB = k \cdot \sigma \cdot \sqrt{WBZ}$$

Mit

k = Sicherheitsfaktor

σ = Standardabweichung der Prognosefehler

WBZ = Wiederbeschaffungszeit des Artikels.

Aus den bisherigen Überlegungen ergibt sich zur Berechnung des Bestellauslösebestands (BAB) folgende Formel:

$$BAB = d_{\text{Prog}} \cdot WBZ + k \cdot \sigma \cdot \sqrt{WBZ}$$

Mit

k = Sicherheitsfaktor

σ = Standardabweichung der Prognosefehler

d_{Prog} = Prognosewert für die aktuelle Planungsperiode

WBZ = Wiederbeschaffungszeit des Artikels.

Durch diese Berechnung des Bestellauslösebestands werden die marktseitigen Schwankungen der Bedarfe sowie die Wiederbeschaffungszeit des Artikels berücksichtigt.

4.3 Berücksichtigung von produktionsseitigen Schwankungen

Neben den marktseitigen Bedarfsschwankungen sollten mögliche Schwankungen der Wiederbeschaffungszeit ebenfalls im Sicherheitsbestand berücksichtigt werden, um die Wahrung des geforderten Lieferbereitschaftsgrades zu gewährleisten. Die Unsicherheiten bei der Wiederbeschaffung bestehen aus mengenmäßigen und terminlichen Schwankungen der Lieferungen. Hier dient der Sicherheitsbestand zum Ausgleich von verspätet eintreffenden Lieferungen (Lieferverzögerungen) und zu geringen Liefermengen

(Unterlieferung). Der Sicherheitsbestand bildet also den Puffer zur Neutralisation dieser Unsicherheiten.

Während die mengenmäßigen Abweichungen von zufälliger Natur sind, können Schwankungen der Wiederbeschaffungszeit in der Bestimmung des notwendigen Sicherheitsbestands und damit des Bestellauslösebestands berücksichtigt werden. Dazu müssen analog zur Berücksichtigung der marktseitigen Schwankungen in den Bedarfen durch Prognoseverfahren und vom Prognosefehler abhängige Sicherheitsbestände ebenfalls die produktionsseitigen Schwankungen der Wiederbeschaffungszeiten berücksichtigt werden:

$$BAB = d_{\text{Prog}} \cdot \overline{WBZ} + k \cdot \sqrt{\overline{WBZ} \cdot \sigma_z^2 + d_{\text{Prog}}^2 \cdot \sigma_{WBZ}^2}$$

mit

k = Sicherheitsfaktor

σ = Standardabweichung

d_{Prog} = Prognosewert für die aktuelle Planungsperiode

WBZ = Mittelwert der Wiederbeschaffungszeit des Artikels.

Die dynamische Festlegung des Sicherheits- und des Bestellauslösebestands und die Berücksichtigung von markt- und produktionsseitigen Schwankungen ermöglichen eine systematisierte Bestandsplanung auf Basis des geforderten Lieferbereitschaftsgrades. Die Wahrscheinlichkeit von Fehlmengen wird somit reduziert, ohne dabei die Bestände unnötig in die Höhe zu treiben.

5 BESCHAFFUNGSPLANUNG

Nachdem in den Kapiteln 3 und 4 die Bedarfs- und die Bestandsplanung vorgestellt wurden, wird im vorliegenden Kapitel die dritte und letzte Säule der Planungs- und Steuerungsebene der Disposition behandelt. Inhalt dieses Kapitels ist die Beschaffungsplanung.

Sie baut auf den vorangegangenen Konzepten auf und ist somit eng mit ihnen verknüpft. Zunächst werden die unterschiedlichen Lagerhaltungsstrategien zur Bestellauslösung vorgestellt und bewertet. Daran anknüpfend werden Verfahren zur Bestimmung der Beschaffungsmengen erläutert und deren Einsatzmöglichkeiten analysiert.

5.1 Beschaffungsauslösung

Es lassen sich verschiedene Grundmodelle unter Verwendung von vier Entscheidungskomponenten unterscheiden, des Bestellzyklus (t), der Bestellmenge oder Losgröße (q), des Bestellauslösebestands (BAB), des Bestellpunktes oder Meldebestands (s) und des Sollbestands bzw. Höchstbestands (S) (s. NADDOR 1971, S. 20f.). Der Bestellzyklus (t) beschreibt die Zeit, die von einer Bestellung bis zur nächsten vergeht, oder den Kontrollzyklus, d. h. den Zeitraum von einer Überprüfung des Lagerbestands bis zur nächsten Überprüfung. Die Bestellmenge oder Losgröße (q) stellt die Menge dar, die beschafft oder hergestellt wird. Der Bestellauslösebestand (s) – im Folgenden auch als Bestellpunkt bezeichnet – ist die Menge, bei der eine neue Bestellung ausgelöst wird. Der Sollbestand (S) ist die Bestandshöhe, bis zu der maximal aufgefüllt werden soll. Auf die Frage, wann bestellt werden soll, sind folgende Antworten möglich:

- Das Lager wird alle t Zeiteinheiten aufgefüllt oder
- es wird aufgefüllt, wenn der Bestellpunkt oder Meldebestand s erreicht oder unterschritten ist.

Die Frage, wie viel bestellt werden soll, lässt folgende Möglichkeiten zu:

- Es wird entweder eine vorgegebene Bestellmenge q bestellt oder
- es wird eine variable Menge beschafft, die das Lager bis zu einem bestimmten Niveau S auffüllt.

Durch die Kombination lassen sich vier unterschiedliche Politiken der Lagerhaltung unterscheiden:

- (t,q) - Politik,
- (t,S) - Politik,
- (s,q) - Politik,
- (s,S) - Politik.

Die (t,q) - und die (t,S) -Politik werden als Bestellrhythmusverfahren bezeichnet, da das Lager alle t Zeiteinheiten aufgefüllt wird.

Die (s,q) - und die (s,S) -Politik zählen dagegen zu den Bestellpunktverfahren. Dabei wird nach jedem Lagerabgang überprüft, ob der verfügbare Restbestand (zuzüglich bereits erfolgter Bestellungen = Bestellbestand) einen vorher bestimmten Meldebestand genau erreicht oder unterschreitet. Ist dies der Fall, so wird ein Bestellvorgang ausgelöst.

Der erste Parameter der (t,q) -Politik weist daraufhin, dass immer nach festen Zeitabständen eine Bestellung erfolgt. Der Lagerbestand wird dann jeweils um die gleiche Menge q ergänzt (s. Bild 20). Aufgrund eines ungleichen Lagerabgangs kann es bei dieser Politik zu einem stark schwankenden Lagerniveau kommen. Dabei besteht die Gefahr, dass die bestellte Menge wegen mangelnder Kapazität nicht gelagert werden kann. Ebenso ist denkbar, dass die Versorgungssicherheit gefährdet wird und Fehlmengen im Lager auftreten, wenn in einem Zeitintervall t ein hoher Lagerabgang zu verzeichnen ist. Dies kann nur verhindert werden, wenn das Unterschreiten eines Mindestbestands als Auslöser für eine Lagerauffüllung herangezogen wird.

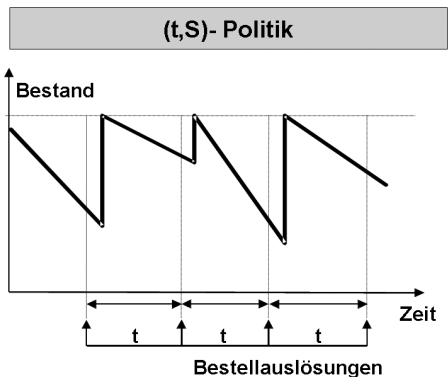
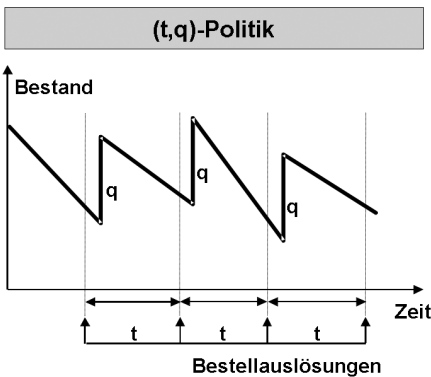


Bild 20: (t,q) -Politik (eigene Darstellung)

Bild 21: (t,S) -Politik (eigene Darstellung)

Bei Anwendung der (t,S) -Politik wird ebenfalls in konstanten Zeitintervallen beschafft (s. Bild 21). Im Gegensatz zu der (t,q) -Politik ist allerdings die bestellte Menge nicht mehr konstant, sondern es wird der Lagerbestand auf das Sollniveau S aufgefüllt (s. TEMPELMEIER 2015, S. 159). Durch diese Strategie kann ein Überschreiten der Kapazitätsgrenze nicht mehr eintreten. Mögliche Fehlmengen können aber auch hier bestehen, die für beide Bestellrhythmusverfahren charakteristisch sind. Dabei ist zu vermuten, dass die (t,S) -Politik in der Regel zu erhöhten

Lagerkosten führt, weil das Lager stets bis zum Höchstbestand aufgefüllt wird (s. TEMPELMEIER 2015, S. 177).

Die Schwächen der Bestellrhythmusverfahren können durch die Anwendung von Bestellpunktverfahren verhindert werden. Bei Erreichen oder Unterschreiten des Mindestbestands s ist eine konstante Bestellmenge q zu beschaffen. Das (s,q) -Modell führt zu einer Bestellaktivität in unregelmäßigen Zeitabständen, aber in Abhängigkeit des aktuellen Lagerbestands (s. Bild 22). Die Bestellung wird durch das Erreichen des Bestellauslösebestands ausgelöst. Entscheidend ist bei dieser Vorgehensweise die Überprüfung des Lagerbestands bei jedem Lagerabgang. Durch die systematische Nutzung von IT-Systemen kann heutzutage eine laufende Überprüfung des Lagerbestands bei Lagerbewegungen vollzogen und somit die konsequente Durchführung des (s,q) -Modells ermöglicht werden.

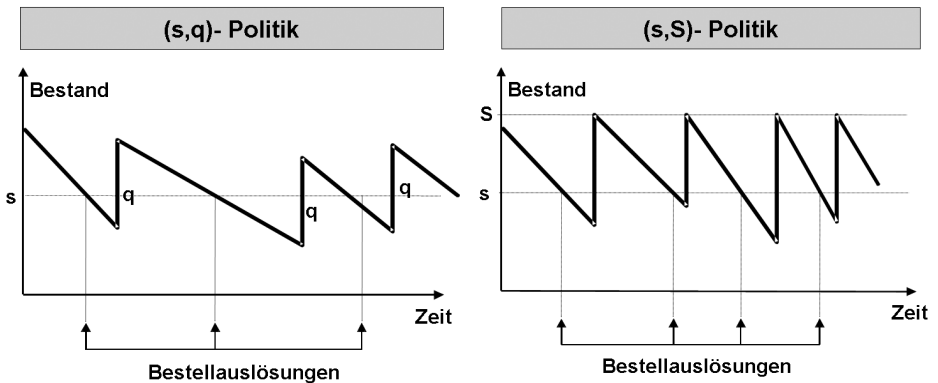


Bild 22: (s,q) -Politik (eigene Darstellung)

Bild 23: (s,S) -Politik (eigene Darstellung)

Die Gefahr von Fehlmengen ist bei den Bestellpunktverfahren im Gegensatz zu den Bestellrhythmusverfahren als relativ gering einzuschätzen. Sie können nur dann eintreten, wenn der Bestellauslösebestand im Rahmen der Bestandsplanung aufgrund von Planungsunsicherheiten oder -fehlern nicht hinreichend genau bestimmt wurde.

Die Anwendung der (s,S) -Politik der Bestellpunktverfahren verhindert, dass durch eine Bestellung die Kapazitätsgrenze des Lagers überschritten wird. Der maximale Lagerbestand wird nicht mehr als die Summe von Bestellauslösebestand und der variablen Bestellmenge (Auffüllung auf Sollbestand) betragen (s. Bild 23). Die Gefahr von Fehlmengen ist in diesem Bestellpunktverfahren zwar gering, aber das Lager wird immer bis zur Höchstgrenze S aufgefüllt und erzeugt somit hohe Kosten.

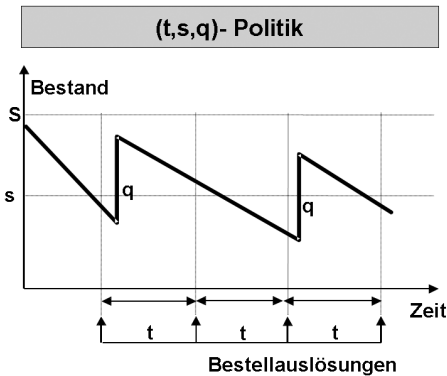


Bild 24: (t,s,q) -Politik (eigene Darstellung)

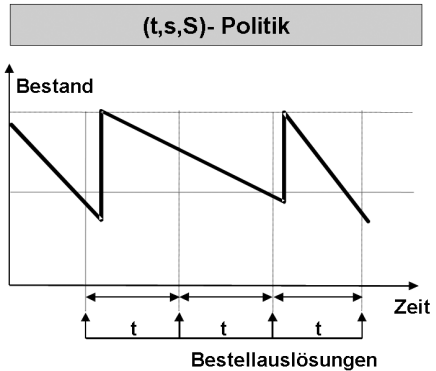


Bild 25: (t,s,S) -Politik (eigene Darstellung)

Durch eine weitere Kombination der Parameter ergibt sich eine dritte Gruppe von Verfahren, die **Kontrollrhythmusverfahren**. Hierzu gehören die (t,s,q) - und die (t,s,S) -Politiken (s. Kap. 2.3.3) (s. DOMSCHKE ET AL. 1993, S. 160; HARTMANN 2002, S. 304ff.; CORSTEN U. GÖSSINGER 2009, S. 383ff.). Die (t,s,q) -Politik ergibt sich als Kombination von Bestellrhythmus- und Bestellpunktverfahren (s. Kap. 2.3.3).

In einem festen Kontrollrhythmus (alle konstante t Zeitintervalle) wird der Lagerbestand überprüft (s. Bild 24). Ergibt die Überprüfung, dass der Mindestbestand s erreicht oder unterschritten wurde, so wird die konstante Menge q beschafft. Die Kontrolle erfolgt somit in konstanten Zeitintervallen, die Bestellung kann in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen erfolgen. Dies hängt davon ab, ob zu einem bestimmten Überprüfungszeitpunkt s schon erreicht wurde oder nicht. Eine zweite Kombination von Bestellpunkt- und Bestellrhythmusverfahren ist die (t,s,S) -Politik. Der Lagerbestand wird in einem festen Kontrollrhythmus überprüft, wobei eine Vorratsergänzung nur bei Erreichen oder Unterschreiten von s initiiert wird (s. Bild 25). Die Menge, die dann beschafft wird, ist allerdings nicht mehr konstant, sondern der Bestand wird auf das Sollniveau S aufgefüllt. Die Beschaffung kann in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeitabständen erfolgen, je nachdem, ob s bereits erreicht wurde oder nicht.

Legende: t - Beschaffungszeitpunkt Q - Beschaffungsmenge s - Meldebestand S - Sollbestand	Entscheidungsparameter der Beschaffungsauslösung			
	t	q	s	S
Bestellrhythmus - Verfahren (t,q) - Politik (t,S) - Politik	konstant konstant	konstant variabel	variabel variabel	variabel konstant
Bestellpunkt - Verfahren (s,q) - Politik (s,S) - Politik	variabel variabel	konstant variabel	konstant konstant	variabel konstant
Kontrollrhythmus-Verfahren (t,s,q) - Politik (t,s,S) - Politik	konstant konstant	konstant variabel	konstant konstant	variabel konstant

Bild 26: Termin- und bestandsbezogene Beschaffungsauslösung (eigene Darstellung)

Zusammenfassend lassen sich die vier Entscheidungsparameter t, q, s und S für die jeweiligen Modelle wie in Bild 26 charakterisiert darstellen. Zur Bewertung der Bestellpolitiken sind deren Auswirkungen bei einer Anwendung auf die Lagerhaltungskosten und die Fehlmengenentwicklung zu berücksichtigen. Es zeigt sich, dass keines der vorgestellten Verfahren die Anforderungen hinsichtlich der Senkung der Lagerhaltungskosten bei gleichzeitig hoher Lieferbereitschaft bzw. geringen Fehlmengen vollständig erfüllt.

Der Grund liegt in der Schwierigkeit bei der Berechnung und Festlegung der Parameter mit einer entsprechenden Genauigkeit. Zusätzlich führt eine Orientierung wie bei der (t,S)-, der (s,S)- und der (t,s,S)-Politik an einem festen Sollbestand S zu einem entsprechend hohen durchschnittlichen Bestand, da das Lager jeweils bis zu einem Maximum aufgefüllt wird. Dies ist im Normalfall aufgrund der dadurch bedingten hohen Bestandskosten und der signifikanten Kapitalbindung nicht erstrebenswert.

Des Weiteren sind das (t,S)- und das (t,q)-Modell (Bestellrhythmusverfahren) für eine sinnvolle Bevorratung in den meisten Fällen ungeeignet, da die Bestellungen unabhängig vom aktuellen Bestandsniveau ausgelöst werden. Dadurch werden sowohl das Ziel der Kostenreduzierung (Bestandsreduzierung) als auch das Ziel der Erreichung des notwendigen Lieferbereitschaftsgrades nicht berücksichtigt.

Bei den Bestellsystemen wird in der Praxis häufig mit konstanten Entscheidungsparametern gearbeitet. Damit vergibt man die Möglichkeit, sich der Bedarfsentwicklung kurzfristig anzupassen. Dies ist aber von großer Bedeutung, wenn die Bedarfszeitreihe z. B. einem Trend- oder Saisonverhalten gehorcht. Hier schafft eine dynamische Vorgehensweise Abhilfe, indem die Entscheidungsparameter im Abstand der Planungsperioden jeweils neu berechnet werden. Durch

diese Dynamisierung der Berechnungen kann die Gefahr, entweder Fehlbestände (Bestellpunkt zu niedrig) oder Überbestände (Bestellpunkt zu hoch) zu erhalten, signifikant verringert werden.

Aus dieser Betrachtung heraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen: Um die Gefahr von Fehlmengen zu verhindern, muss der Bestand zu jeder Lagerbewegung überprüft oder der Bestellrhythmus auf ein Minimum reduziert werden. Der Fokus liegt dabei auf der Optimierung des Bestellpunktes. Dabei sollte weder ein Sollbestand noch eine konstante Bestellmenge festgelegt werden. Der Bestellpunkt wird mit einer entsprechenden Prognose und dem daraus berechneten Bedarf unter Berücksichtigung von Lagerzugängen für jede Periode neu berechnet. Wird eine Optimierung der Sicherheitsbestände durchgeführt, so kann sichergestellt werden, dass im Falle einer Bestellauslösung nur das bestellt wird, was der Bestand aufgrund von Planungsunsicherheiten nicht abdecken kann.

Zusammenfassend ergibt sich aus den Überlegungen, dass das (s,q) -Modell unter Verwendung von einem dynamisch angepassten Bestellauslösepunkt und einer variablen Bestellmenge das vorzuziehende Modell darstellt.

5.2 Beschaffungsmengenrechnung

Die dynamische Bestimmung des Bestellauslösepunktes wurde bereits in Kapitel 4.2 vorgestellt. Die Beschaffungsmengenrechnung verfolgt das Ziel, die im Rahmen der Bedarfsplanung ermittelten Bedarfe in eine möglichst kostenoptimale Beschaffungsmenge umzurechnen.

Im Rahmen der Bestimmung der optimalen Beschaffungsmengen und der daraus resultierenden Bestände ist die vollständige und genaue Ermittlung der logistisch relevanten Kosten von erheblicher Bedeutung. Diese Kostengrößen haben einen erheblichen Einfluss auf die Berechnung der optimalen Beschaffungsmengen (s. MEYER U. SANDER 2007, S. 55).

Die **Beschaffungskosten der Fremdfertigung** fallen unmittelbar bei der Bestellung an und sind direkt von der Bestellmenge und dem Einstandspreis abhängig. Des Weiteren müssen die mittelbaren Bestellkosten, die von Anzahl und Kostensatz der Bestellauslösungen bestimmt werden, berücksichtigt werden.

Die **Kosten der Eigenfertigung** entstehen dagegen im internen Wertschöpfungsprozess. Diese Kosten lassen sich aus der Summe von Materialkosten zur Herstellung, Fertigungskosten und Sondereinzelkosten, den so genannten Herstellungskosten sowie den Rüstkosten – Kosten, die z. B. beim Einstellen der Fertigungsmaschinen auf den nächsten Produktionsschritt entstehen und durch Auflagenanzahl und Rüstkostensatz zu bestimmen sind – errechnen.

Bei der Einlagerung der beschafften Artikel bzw. Teile im Lager entstehen **Lagerhaltungskosten**. Diese beinhalten alle Kosten, die durch die Prozesse der Aufbewahrung und Pflege der

Teile während der Einlagerung entstehen. Diese Kostenart ist somit die Summe aus **Kapitalbindungskosten** – und damit eine Funktion von Zinssatz, Bestandsmenge, Bestandswert und Lagerzeit – sowie den **Lagerkosten** – bestimmt durch Raum-, Personal-, Pflege-, Handling- und Wertminderungskosten.

Etwas abstrakterer Natur sind die **Fehlmengenkosten**, da diese von Faktoren abhängig sind, die für ein Unternehmenscontrolling kaum präzise zu beziffern sind. Komponenten der Fehlmengenkosten bilden entgangene Deckungsbeiträge (etwa durch Kundenverluste bei Lieferengpässen), reduzierte Erlöse (z. B. Preisabschläge) und Zusatzkosten (wie z. B. Konventionalstrafen).

Diese Kostenarten gilt es bei der Berechnung der Beschaffungsmenge zu berücksichtigen, und sie liegen den im Folgenden vorgestellten Verfahren zur Beschaffungsmengenrechnung zugrunde.

Es existieren zahlreiche Konzepte und Verfahren, welche sich mit dem Problem der Bestimmung von Beschaffungsmengen befassen (s. DOMSCHKE ET AL. 1993, S. 63ff.). Zielsetzung dieser Konzepte und Verfahren ist die Ermittlung kostenoptimaler Beschaffungsmengen unter gegebenen Randbedingungen. Die Verfahren lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Verfahren ohne Kostenminimierung,
- exakte Verfahren,
- heuristische Verfahren.

Verfahren ohne Kostenminimierung finden zwar in der Praxis häufig Anwendung, sind aber aufgrund der Vernachlässigung der relevanten logistischen Kostengrößen im Kontext der Bestandsoptimierung nicht zielführend und sollen an dieser Stelle vernachlässigt werden. Das bekannteste exakte Verfahren ist das Verfahren nach Harris-Andler (EOQ-Modell). Das EOQ-Modell bietet eine praxistaugliche Möglichkeit zur Berechnung variabler Beschaffungsmengen in Abhängigkeit von Lagerkosten, Beschaffungskosten und Kapitalbindungskosten (s. ALICKE 2005, S. 53ff.). Das EOQ-Modell kann gleichermaßen zur Bestimmung von Produktionslosgrößen als auch Bestellmengen genutzt werden. Das Modell trifft in seiner klassischen Form folgende Annahmen (s. ALICKE 2005, S. 53):

- Die Nachfrage ist konstant,
- es wird in konstanten Zeitintervallen bestellt,
- die Bestellung trifft sofort ein und wird bestandswirksam,
- die Fixkosten sind nicht mengenabhängig,
- pro Bestellzyklus wird einmal bestellt,
- die Lagerhaltungskosten sind konstant,
- Rückstände treten nicht auf.

Diese dem EOQ-Modell zugrundeliegenden Annahmen gelten in der Praxis nicht. Durch eine rollierende Anwendung der Berechnung der optimalen Bestellmenge bei Adaption der relevanten Einflussgrößen kann das Verfahren allerdings geeignet angepasst werden, sodass es in der Praxis – insbesondere für die Bestimmung der Beschaffungsmenge – eingesetzt werden kann. So kann beispielsweise durch die Berücksichtigung von in der Praxis gängigen Preis-/Mengenstaffeln sowie der Wiederbeschaffungszeiten das EOQ-Modell so erweitert werden, dass eine Anwendung in der Praxis im Rahmen der Beschaffungsplanung möglich ist (s. NEUMANN 1996, S. 54). Das EOQ-Modell basiert auf der Minimierung der Beschaffungs- und Lagerhaltungskosten (s. Bild 27, S. 55). Die Beschaffungskosten, die mit steigender Menge abnehmen, sind gegenläufig zu den mit steigenden Mengen linear steigenden Lagerhaltungskosten. Daraus ergibt sich ein Optimum unter den beschriebenen Annahmen des Modells. Die Formel zur Berechnung dieser optimalen Beschaffungsmenge ergibt sich wie folgt (s. HARTMANN 2002, S. 402f.):

$$x_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot K_B}{k_L \cdot T}}$$

x_{opt} = optimale Beschaffungsmenge

B = Gesamtbedarf des Materials innerhalb des Planungszeitraums

KB = Beschaffungskosten pro Beschaffungsvorgang

k_L = Lagerhaltungskosten pro Mengeneinheit und Periode

T = Anzahl an Perioden im Planungszeitraum.

Praxis-Tipp

Eine wichtige Eigenschaft der Harris-Andler-Formel ist ihre geringe Sensibilität, sprich der extrem flache Verlauf der Gesamtkostenkurve in ihrem Minimum. Dies verleiht der Formel trotz der hohen Anzahl der Prämissen für die praktische Arbeit eine hohe Funktionalität. So kann eine Abweichung vom errechneten Ergebnis um bis zu 30 Prozent nach unten kostenseitig sinnvoll sein, wenn so eine Steigerung der Flexibilität bzw. Senkung des Flächenbedarfs und der Durchlaufzeiten erreicht wird. Bewirkt eine Korrektur des Ergebnisses nach oben hingegen eine bessere Kapazitätsauslastung, günstigere Preise oder eine höhere Auslastung aller Transportmittel, so kann eine Erhöhung um bis zu 50 Prozent angebracht sein (s. HARTMANN 2002, S. 405). Nach kritischer Würdigung lässt sich also insgesamt festhalten, dass auf dieser Formel basierende erweiterte Formen des EOQ-Modells in der Praxis durchaus sinnvoll angewendet werden können.

Das Prinzip zur dynamischen Bestimmung von exakten Losgrößen (Beschaffungsmengen) ist das Wagner-Whitin-Verfahren (s. FRANCOIS 2000, S. 88ff.). Zur Anwendung dieses Optimierungsverfahrens bedarf es nicht einer Bedarfsprognose für die betrachtete Periode. Die

Optimierung geht von mehreren aufeinander folgenden kurzen Perioden aus, deren Bedarfe im Gegensatz zu dem Verfahren nach Harris-Andler schwankend sind und als bekannt vorausgesetzt werden. Das Verfahren ermittelt die kostengünstigste Losgröße für eine oder mehrere Perioden innerhalb des betrachteten Zeitraumes durch Kombination der Periodenbedarfe und vergleicht die anfallenden Beschaffungs- und Lagerhaltungskosten.

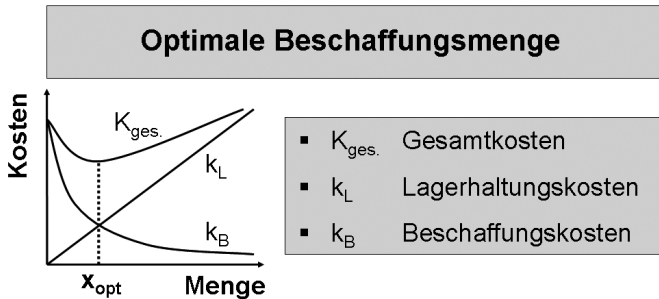


Bild 27: Optimale Beschaffungsmenge nach HARRIS-ANDLER (eigene Darstellung)

Da dieses Optimierungsverfahren in der Praxis nur schwer einsetzbar ist, kommen häufig heuristische Verfahren zum Einsatz. Wie das Wort „heuristisch“ schon vermuten lässt, liefern diese Verfahren zwar gute Lösungen, die sogar unter Umständen der exakten Lösung des Wagner-Whitin-Algorithmus entsprechen können, doch erfolgt die Berechnung des Optimums nicht analytisch, sondern durch einen schrittweisen, iterativen Rechnungsprozess. Das Verfahren der Gleitenden Wirtschaftlichen Losgröße stützt sich auf das Harris-Andler-Verfahren. Hier wird wegen des schwankenden Bedarfs in den Teilperioden das Minimum der Bereitstellungskosten gesucht (s. HARTMANN 2002, S. 412). Das Prinzip beruht also auf der Vergrößerung der Auftragsgröße um den Bedarf der nächsten zu berücksichtigenden Periode, solange die Stückkosten nicht steigen:

Minimum von $\frac{\text{Bestellkosten} + \text{kumulierte Lagerhaltungskosten}}{\text{Beauftragte Gesamtstückzahl pro Periode}}$

$$\text{Min} \rightarrow k_{t,t'} = \frac{K_B + k_L \cdot \sum_{\tau=t}^{t'} (\tau - t + 0,5) \cdot d_\tau}{\sum_{\tau=t}^{t'} d_\tau}$$

Mit

$k_{t,t'}$ = Stückkosten eines in t aufgelegten Loses, das den Bedarf bis t' einschließlich erfasst
(t' >= t)

d_t = Bedarf der Periode t

K_B = Beschaffungskosten pro Beschaffungsvorgang

k_L = Lagerhaltungskosten pro Mengeneinheit und Periode.

Bei der Berechnung der kumulierten Lagerhaltungskosten wird ein gleichmäßiger Lagerabgang angenommen und somit impliziert, dass durchschnittlich der halbe Periodenbestand auf Lager liegt. Dies bedeutet für eine Bestellung für zwei Perioden, dass der Bedarf für die zweite Periode durchschnittlich 1,5 Perioden auf Lager liegt.

Auf ganz ähnliche Weise wie das Verfahren der *Gleitenden Wirtschaftlichen Losgröße* ist die Silver-Meal-Heuristik (s. FRANCOIS 2000, S. 108) mit der Harris-Andler-Annahme verbunden. Hier wird die Auftragsgröße um den Bedarf der nächsten zu berücksichtigenden Periode vergrößert, solange die Kosten pro Periode nicht steigen:

$$\text{Min} \longrightarrow k'_{t,t'} = \frac{K_B + k_L \cdot \sum_{\tau=t}^{t'} (\tau - t + 0,5) \cdot d_\tau}{t' - t + 1}$$

Mit

$k_{t,t'}$ = Kosten pro Periode eines in t aufgelegten Loses, das den Bedarf bis t' einschließlich erfasst (t' >= t)

d_t = Bedarf der Periode t

K_B = Beschaffungskosten pro Beschaffungsvorgang

k_L = Lagerhaltungskosten pro Mengeneinheit und Periode.

Auch hier wird also wieder die Annahme des kontinuierlichen Lagerabganges getroffen (s. o.). Das Kostenausgleichsverfahren oder auch der Part-Period-Algorithmus geht analog zu Harris-Andler von der Annahme aus, dass sich im Optimum die Bestell- und Lagerhaltungskosten entsprechen (s. HARTMANN 2002, S. 414). Das Wirkungsprinzip lässt sich also so beschreiben, dass die Vergrößerung der Auftragsgröße um den Bedarf der nächsten zu berücksichtigenden Periode erfolgt, bis die (kumulierten) Lagerhaltungskosten den auftragsgrößenfixen Kosten näherungsweise gleich sind:

$$K_{t,t'}^{\text{Lag}} = k_L \cdot \sum_{\tau=t}^{t'} (\tau - t + 0,5) \cdot d_\tau \approx K_B$$

Mit

$k_{t,t'}$ = Lagerhaltungskosten eines in t aufgelegten Loses, das den Bedarf bis t' einschließlich deckt ($t' \geq t$)

d^t = Bedarf der Periode t

K_B = Beschaffungskosten pro Beschaffungsvorgang

k_L = Lagerhaltungskosten pro Mengeneinheit und Periode.

Analog zum Verfahren der Gleitenden Wirtschaftlichen Losgröße und der Silver-Meal-Heuristik wird ein kontinuierlicher Lagerabgang mit einem durchschnittlichen Bestandswert von einem halben Periodenbestand angenommen.

5.3 Bewertung der unterschiedlichen Verfahren

Die beschriebenen Verfahren zur Beschaffungsmengenrechnung lassen sich anhand der in Kapitel 2 beschriebenen Artikelklassifizierung zuordnen (s. Bild. 28). Die Verfahren werden unter Berücksichtigung ihrer Charakteristika den entsprechenden Artikelklassen in der 9-Felder-Matrix zugeordnet.

Da A-Artikel eine sehr hohe Wertigkeit besitzen, lässt sich die Beschaffungsmenge mit einer Wagner-Whitin-Optimierung für Artikel kontinuierlichen und schwankenden Bedarfs berechnen, insofern die zukünftigen Bedarfe in Form von Aufträgen bekannt sind. Alternativ bietet sich auch das Kostenausgleichsverfahren für diese Artikelklasse an.

BX-, CY- und CX-Artikel sind Artikel mit konstanter Bedarfsrate bzw. prognostizierbaren Schwankungen und lassen sich hinreichend mit dem Harris-Anderler-Verfahren bestimmen. Für BY-Artikel können heuristische Verfahren (Kostenausgleichsverfahren) genutzt werden. C-Artikel können durch Standardbeschaffungsmengen (meist innerhalb von Rahmenverträgen) abgerufen werden. Z-Artikel werden bei hoher Wertigkeit gemäß den Nettobedarfen oder nach Erfahrung der Disponenten beschafft. Diese Zuordnung der Verfahren stellt allerdings nur einen groben Rahmen dar und muss unternehmensindividuell anhand der gegebenen Rahmenbedingungen überprüft und ggf. angepasst werden.

In der unternehmerischen Praxis finden die Ansätze selten Anwendung, da idealisierte Anforderungen vorausgesetzt werden (beispielsweise exaktes Wissen über zukünftige Bedarfe, Annahme eines konstanten Lagerabgangs). Des Weiteren liegen die auf der Grundlage dieser Konzepte und Verfahren berechneten Beschaffungsmengen zum Teil deutlich oberhalb der in der Praxis aufgrund anderer Randbedingungen realisierten Mengen (s. NEUMANN 1996, S. 216; KISTNER U. STEVEN 1993, S. 272). Daher sind bei zahlreichen Unternehmen für die zu disponierenden Artikel feste Beschaffungsmengen bzw. Losgrößen vorzufinden, von denen nur in Einzelfällen abgewichen wird (s. POPP 1992, S. 4ff.).

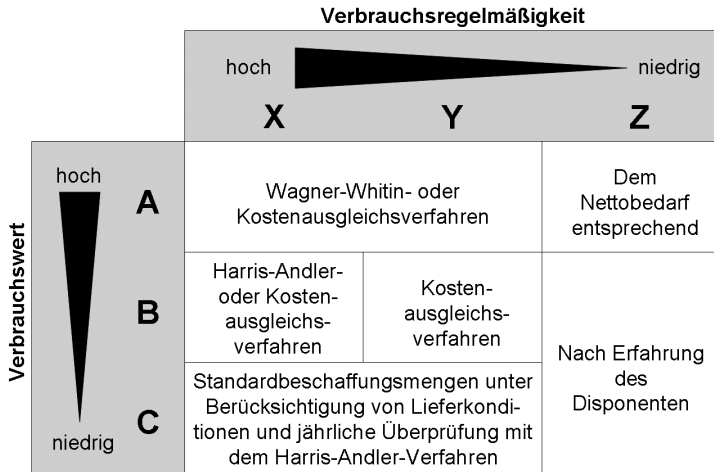


Bild 28: Differenzierte Ermittlung der optimalen Beschaffungsmenge (eigene Darstellung)

6 KOLLABORATIVE DISPOSITION

Die Planungsebenen der Supply-Chain lassen sich unterteilen in Supply-Chain-Design, Supply-Chain-Planning und Supply-Chain-Execution (s. BWI 2006). Supply-Chain-Configuration ist Teil des Supply-Chain-Designs und befasst sich mit der Strukturkonfiguration von Lieferketten und Netzwerken. Ziel ist die optimierte Auslegung von Produktions- und Logistikstrukturen. Die Konfiguration des Logistik- und Produktionsnetzwerks ist ein bestimmender Einfluss in Bezug auf die Bestände. Mengen- und Informationsflüsse müssen daher aufgenommen und bestehende Engpässe analysiert werden.

Die zweite Ebene – das Supply-Chain-Planning – umfasst alle Planungsfunktionen innerhalb der Supply-Chain, d. h. die Planung von Beständen, Mengenflüssen und Kapazitäten. Ziel des Supply-Chain-Plannings ist die Systematisierung und Synchronisation der Disposition im gesamten Logistik- und Produktionsnetzwerk. Supply-Chain-Execution umschreibt die Abwicklungsfunktion innerhalb der Lieferkette bzw. des Netzwerks. Im Rahmen dieser Planungsebene kann das kennzahlengestützte Controlling genutzt werden, um die Planungsgüte zu messen und Verbesserungspotenziale zu identifizieren.

Die kollaborative Disposition findet in der zweiten Planungsebene – Supply-Chain-Planning – statt und dient dazu, unerwünschte Effekte innerhalb des Netzwerks zu verhindern. In der Praxis ist häufig ein Aufschaukeln der Bedarfe entlang der Lieferkette zu erkennen. Dieses Phänomen wird als Bullwhip-Effekt (Peitscheneffekt) bezeichnet.

6.1 Bullwhip-Effekt

Das Aufschaukeln von Bestellmengen entlang der Lieferkette – upstream zum Zulieferer – ist ein seit den 1960er Jahren bekanntes Phänomen, das zuerst FORESTER entdeckte (s. FORESTER 1961, S. 1ff.).

Einer der Hauptgründe für das Entstehen des Bullwhip-Effekts ist die oft ungenügende Transparenz hinsichtlich Material- und Informationsflüssen in der Supply-Chain. Informationen werden, wenn überhaupt, in jeder Stufe der Kette zeitlich verzögert weitergegeben, verändert oder nicht korrekt interpretiert. Die lokale Informationsverarbeitung und Planung berücksichtigen dabei nicht die tatsächlichen Bedarfe des Endkonsumenten, sondern nur die Bedarfe des nächsten Kunden in der Kette. Die Bestellmenge korreliert daher nicht mit dem tatsächlichen Bedarf. Sowohl positive als auch negative Überreaktionen hinsichtlich der Bestellmenge sind die Folge (s. ALICKE 2005, S. 99ff.; TEMPELMEIER 2015, S. 233).

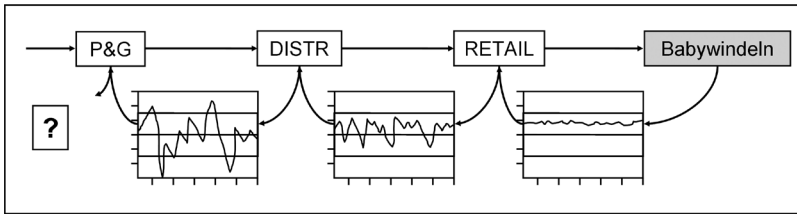


Bild 29: Bullwhip-Effekt (i. A. a. ALICKE 2005, S. 99)

Weitere Gründe für das Entstehen des Bullwhip-Effekts sind:

- Nutzen von Skaleneffekten/Losfertigung,
- Transportkonsolidierung (Full-Truck-Load, Full-Container Load),
- undifferenzierte Kennzahlen,
- nichtsynchrone Planung,
- Marketingaktionen oder Preis-Discounts,
- Einfluss von Quartals- und Jahresabschlüssen auf Bestellungen,
- Kontingentierung.

Die Auswirkungen des Bullwhip-Effekts sind allerdings nicht nur in den falschen Bestellmengen und den damit zusammenhängenden Beständen wiederzufinden. Insgesamt kommt es zu einer Steigerung der Unsicherheit zwischen den einzelnen Partnern. Schlecht ausgelastete Produktionskapazitäten, schlechte Planbarkeit und Unruhe sowie eine eingeschränkte Flexibilität sind die Folge.

Fallbeispiel: Procter & Gamble

Die Nachfrage nach Babywindeln kann in der Regel als nahezu konstant angenommen werden (s. Bild 29). Die Bestellungen (*upstream*) vom Handel über den Großhandel zum Hersteller der Babywindeln (Procter & Gamble) schaukeln sich allerdings auf und die Bestellungen korrelieren nicht mehr mit dem tatsächlichen Bedarf der Verbraucher. Eine Planbarkeit ist nicht mehr gegeben. Nur durch die Nutzung von Point-of-Sale-Verkaufsdaten und einen Informationsaustausch über Marketingaktionen u. ä. entlang der Supply-Chain kann das Aufschaukeln verhindert und damit eine Planbarkeit entsprechend der tatsächlichen Nachfrage ermöglicht werden.

Es existieren zwei unterschiedliche Typen des Bullwhip-Effekts:

- Typ 1 beschreibt das kurzfristige Überschwingen,
- Typ 2 dagegen das langfristige Aufschaukeln der Bestellmengen.

Der Bullwhip-Effekt vom Typ 1 (s. Bild 30) ist gekennzeichnet durch ein kurzfristiges Überschwingen der Bestellmengen in Richtung upstream zum Zulieferer. Meist wird dieses durch die Unternehmen durch höhere Sicherheitsbestände abgefedert, wenn ein Abstellen der ursächlichen Probleme nicht möglich oder gewollt ist.

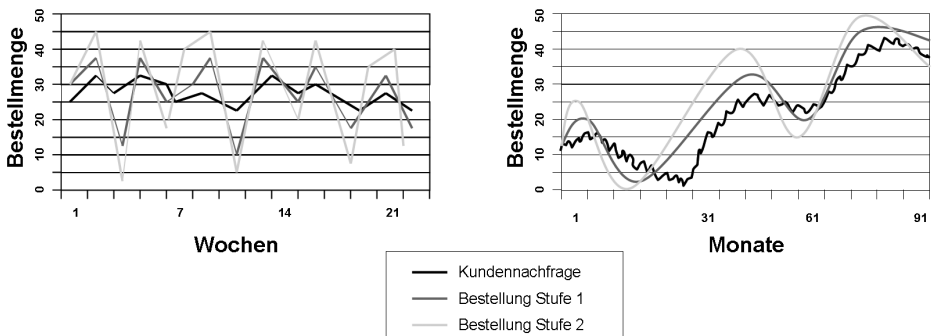


Bild 30: Die zwei Typen des Bullwhip-Effekts (eigene Darstellung)

Der Bullwhip-Effekt vom Typ 2 beschreibt dagegen das langfristige Aufschaukeln der Bestellmengen. Durch seinen eher glatten Verlauf ist eine gute Prognose der Nachfrage möglich. Diese weist aber in der Regel erhebliche Unterschiede zum tatsächlichen Marktbedarf auf (s. Bild 30). Zur Messung des Bullwhip-Effekts wird häufig die Varianz als Kennzahl genutzt. Dazu wird die Varianz der Bestellmengen berechnet:

$$V = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}$$

Diese Kennzahl verliert allerdings als Maß für den Bullwhip-Effekt ihre Aussagekraft, wenn die analysierte Zeitreihe einen Trend und/oder Saisoneinflüsse enthält. Die Varianz kann im Extremfall bei völlig unterschiedlich gearteten Zeitreihen (z. B. stationäre Zeitreihe und saisonale Zeitreihe) die gleiche Größe erreichen (s. Bild 31, S. 62).

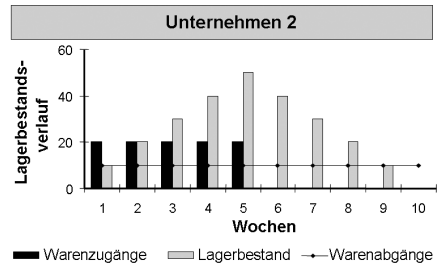
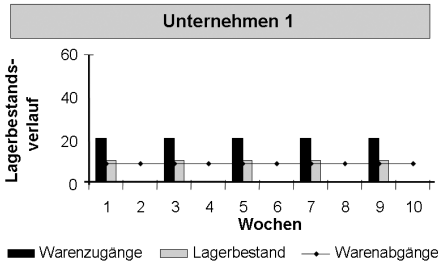


Bild 31: Beispiele für unterschiedliche Zeitreihen mit gleicher Varianz (eigene Darstellung)

Die ökonomischen Auswirkungen sind in solchen Fällen trotz gleicher Varianz stark unterschiedlich. Bei der Messung des Bullwhip-Effekts muss zudem zwischen den beiden Typen desselben unterschieden werden.

Zur Messung des Bullwhip-Effekts vom Typ 1 eignet sich die durchschnittliche Steigerungsänderung:

$$\delta^{\text{Typ1}} = \frac{1}{T-2} \sum_{t=3}^T |d_t - 2 \cdot d_{t-1} + d_{t-2}|$$

Dividiert man nun die Abweichungen der Nachfrage (δ) unterschiedlicher Stufen in der Supply-Chain, so erhält man das Maß zur Messung des Bullwhip-Effekts vom Typ 1. Ist der Quotient größer 1, so liegt ein kurzfristiges Überschwingen der Bestellmengen vor. In der Praxis bedeutet dies, dass der Zulieferer eine höhere Abweichung hinsichtlich Nachfrage als das zu beliefernde Unternehmen besitzt. Auch der Bullwhip-Effekt des Typs 2 kann gemessen werden. Allerdings ist es lediglich möglich, diesen zu identifizieren – eine Quantifizierung der Stärke des Effekts kann nicht erfolgen. Ist der Quotient (Q) gleich 1, so liegt ein Bullwhip-Effekt vom Typ 2 vor.

6.2 Koordination der Zusammenarbeit

Die Reduzierung des Bullwhip-Effekts bedarf einer effizienten Koordination der Zusammenarbeit. Die Grundlage dafür sind eine hohe Transparenz in der Supply-Chain und die Harmonisierung der Planungsprozesse. Der Bullwhip-Effekt lässt sich durch folgende Maßnahmen verringern (s. ALICKE 2005, S. 109f.):

-
- Realtime-Informationen,
 - prozessorientierte Planung,
 - Anwendung von partnerschaftlichen Konzepten,
 - moderne Dispositionsverfahren,
 - lieferkettenübergreifende Dispositionsstrategien.

Das **Bereitstellen von Informationen entlang der Lieferkette** ist ein erster wichtiger Schritt zur Reduzierung des Bullwhip-Effekts. Erfolgt die Planung bei allen Beteiligten auf Basis gleicher Daten, führt dies zu einer Reduzierung der Unsicherheit und damit zu einer Steigerung der Planbarkeit. Werden darüber hinaus durchgängig die Bedarfsdaten des Endkunden (z. B. Point-of-Sale-Daten) für die Planung elektronisch bereitgestellt, können die Bestände und Bestellmengen in der Supply-Chain mit dem tatsächlichen Bedarf harmonisiert werden.

Neben dem Datenaustausch wirkt sich eine prozessorientierte Planung positiv auf den Bullwhip-Effekt aus. Durch die **Koordination und Synchronisation von Planungsprozessen** wird die Unsicherheit reduziert, die Transparenz erhöht und die Planbarkeit erleichtert.

Kurze Planungszyklen können realisiert werden, wodurch schnellere Reaktionen (z. B. Bestellungen) möglich sind. Werden darüber hinaus partnerschaftliche Konzepte (z. B. Vendor-Managed-Inventory) eingeführt, können Lagerhaltungsstufen in der Supply-Chain entfallen und damit die Komplexität der Planung verringert werden.

Dem Bullwhip-Effekt kann zudem durch die Anwendung von modernen Dispositionsverfahren zur Bedarfs-, Bestands- und Beschaffungsplanung entgegengewirkt werden, um unnötige Bestände und Bestellungen zu vermeiden. Die richtige Wahl und Umsetzung einer lieferkettenübergreifenden Dispositionsstrategie kann das Aufschaukeln der Bestellungen und Bestände ebenfalls vermindern.

Lieferkettenübergreifende Dispositionsstrategien lassen sich nach Push- oder Pull-Strategien sowie nach einer zentralen und einer dezentralen Disposition einteilen (s. Bild 32, S. 64) (s. SCHÖNSLEBEN 2016, S. 178f.).

Daraus ergeben sich vier unterschiedliche Strategien:

- Die zentrale Pushdisposition,
- die dezentrale Pushdisposition,
- die zentrale Pulldisposition sowie
- die dezentrale Pulldisposition.

Die zentrale Pushdisposition ist geprägt durch ein zentral steuerndes Element – z. B. das Auftragszentrum oder die zentrale Dispositionsleitstelle – in dem externe Aufträge erfasst und in Teilaufträge zerlegt werden (s. Bild 33, S. 65). Die Teilaufträge werden dazu mengenmäßig und zeitlich terminiert und den entsprechenden Leistungsstellen zugewiesen. Das Auftragszentrum übergibt weiterhin einen Startauftrag an die erste Stelle der Leistungskette, welche das Auftragsergebnis an die nächste Stelle übergibt. Diese wiederum übergibt das eigene Auftragsergebnis an die nächste Leistungsstelle usw., bis das Produkt durch die letzte Leistungsstelle fertiggestellt und ausgeliefert wurde. In der Praxis ist diese Form der lieferkettenübergreifenden Disposition beispielsweise in der sozialistischen Planwirtschaft oder in ungesättigten Märkten vorhanden. Sie findet des Weiteren noch Einsatz bei Aktionsware, Markteinführung neuer Produkte sowie bei der Versorgung von Großbaustellen. Die zentrale Pulldisposition unterscheidet sich nur im Detail von der zentralen Pushdisposition. Auch hier wird ein zentral steuerndes Element installiert, in dem externe Aufträge verarbeitet und in Teilaufträge zerlegt werden.

Im Gegensatz zur zentralen Pushdisposition wird der Startauftrag der letzten Leistungsstelle gegeben. Auftragsgegenstand und benötigtes Material werden zudem vom Auftragszentrum für die jeweiligen Leistungsstellen rechtzeitig terminiert. In der Praxis bedeutet dies, dass ein sogenannter Base-Stock-Control durchgeführt wird, d. h. eine Bestandskontrolle entlang der gesamten Lieferkette.

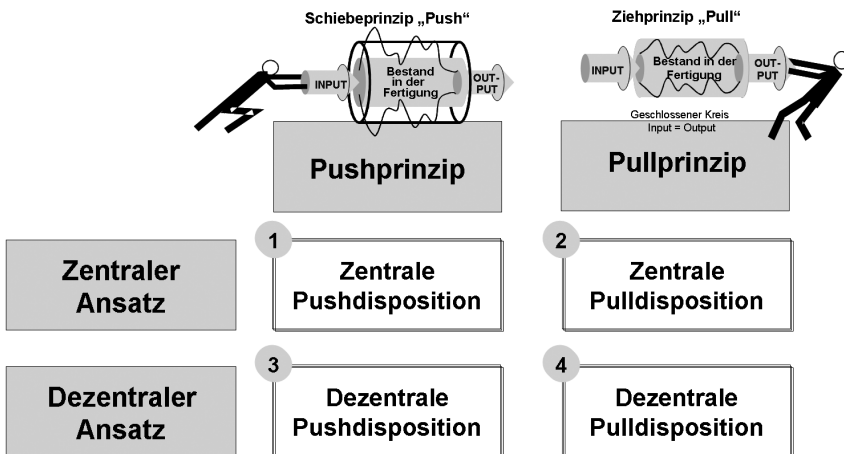


Bild 32: Lieferkettenübergreifende Dispositionsstrategien (eigene Darstellung)

Die dezentrale Pushdisposition ist im Gegensatz zu den zentralen Ansätzen dadurch gekennzeichnet, dass kein zentral steuerndes Element existiert. Externe Aufträge gehen direkt in der ersten Leistungsstelle der Lieferkette ein. Dort wird der Starttermin terminiert und das Auftragsergebnis an die nächste Leistungsstelle weitergegeben (s. Bild 34, S. 66). Auf diese Weise schiebt eine Leistungsstelle der nächsten Stelle den Auftrag zusammen mit dem Auftragsgegenstand zu (Push-Prinzip). In der Praxis ist dieser Ansatz beispielsweise im Rahmen einer Werkstattfertigung oder bei Paketdiensten bzw. Spediteuren wieder zu finden. Bei einer dezentralen Pulldisposition wird wiederum der Startauftrag nicht an die erste, sondern an die letzte Leistungsstelle gegeben.

Anhand des Auftrags- und Lagerbestands disponiert diese Leistungsstelle ihren Auftragsteil und gibt terminierte Zulieferaufträge an die davorliegende Stelle weiter (s. Bild 35, S. 67). So ziehen die einzelnen Leistungsstellen nacheinander das Auftragsergebnis aus den vorangehenden Stellen ab (Pull-Prinzip). Ein Praxisbeispiel für diesen Ansatz ist das mehrstufige Kanbanverfahren innerhalb der Automobilindustrie. Die Vorteile einer zentral gesteuerten Disposition entlang der Lieferkette sind:

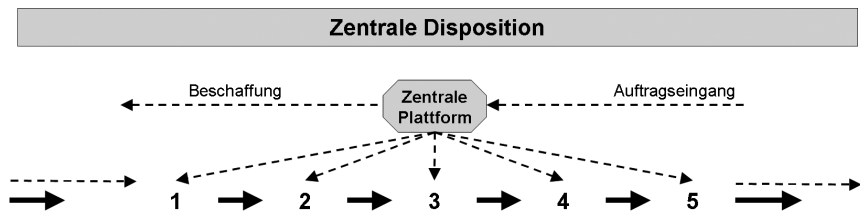


Bild 33: Zentrale Push-/Pulldisposition (eigene Darstellung)

- Leichtere Festlegung der Lagerhaltigkeit aller Artikel in den einzelnen Leistungsstellen,
- bessere Ressourcen- und Terminplanung in den Leistungsstellen zur Reduzierung von Gesamtkosten und Durchlaufzeit ist möglich,
- Zuteilung knapper Ressourcen und zentrale Steuerung durch Engpassstrategien bei absehbarer Kapazitätsüberlastung,
- Möglichkeit zur vorausschauenden Disposition der einzelnen Leistungsstellen bei aktueller Kenntnis des Auftragseingangs,
- Kostenoptimierung durch Beschaffungs-, Ladungs-, Transport-, Versand- und Frachtbündelungseffekte.

Vorteile der dezentralen Ansätze sind dagegen folgende:

- Umsetzbarkeit im Vergleich zu den zentralen Ansätzen in mehrstufigen Lieferketten organisatorisch und informationstechnisch leichter gegeben,

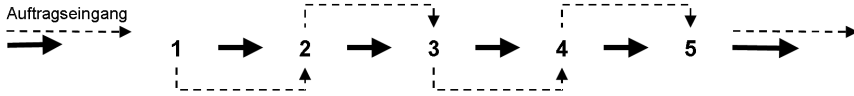


Bild 34: Dezentrale Pushdisposition (eigene Darstellung)

- größere Entscheidungsfreiheit bei den einzelnen Leistungsstellen,
- Selbstregelung der einzelnen Leistungsstellen,
- geringerer Koordinationsgrad.

Die Anwendung der jeweiligen lieferkettenübergreifenden Dispositionsstrategie ist von den Rahmenbedingungen der Branche und den beteiligten Unternehmen abhängig. Daher kann keine zusammenfassende Nutzungsempfehlung bzgl. einer der vorgestellten Strategien erfolgen. Die Einsatzfähigkeit muss im Einzelfall geprüft werden.

6.3 Planungsschritte zur Bestandsreduzierung in Supply-Chains

Die Realisierung von einer nachhaltigen Bestandsreduzierung entlang der gesamten Supply-Chain ist ein komplexes Unterfangen. Großes Vertrauen und eine intensive Kooperation zwischen den Leistungsstellen innerhalb der Lieferkette sind dafür notwendig. Weitere Voraussetzungen sind der durchgängig gegebene Informationsaustausch und eine ausreichende lieferkettenübergreifende Systemunterstützung.

Zur Vorgehensweise bei der Umsetzung bieten sich vier Planungsschritte an (s. BWI 2006):

- Modellierung der Supply-Chain,
- Identifizierung von Engpässen,
- Systematisierung der Disposition,
- Synchronisierung der Disposition.

Die Modellierung der Supply-Chain beinhaltet die Auslegung der Aufbau- und Ablauforganisation. Die Strukturparameter der Supply-Chain müssen festgelegt werden. Dazu gehören die Durchlaufzeiten, die Mengenflüsse und -verhältnisse, die Auftragsauslösungsarten oder auch die Definition von Lager- und Materialtypen.

Im zweiten Schritt – der Identifizierung von Engpässen – erfolgt eine Identifizierung von limitierenden Leistungsstellen hinsichtlich ihrer Kapazität.

Die logistische Optimierung dieser Leistungsstellen bildet den Ausgangspunkt einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der Bestandsreduzierung einer Lieferkette. Drittens

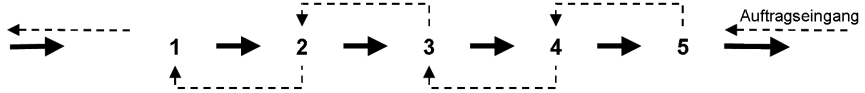


Bild 35: Dezentrale Pulldisposition (eigene Darstellung)

Fallnummer	Lieferanten → Produzent → Händler → Kunde	Auftragsauslösung
1	prognosegetrieben → Produkt ← kundenauftragsgetrieben	Make to stock (end product) Standardprodukt
2	prognosegetrieben → Produkt ← kundenauftragsgetrieben	Make to stock (generic product) Varianten eines Grundproduktes
3	prognosegetrieben → Produkt ← kundenauftragsgetrieben	Assemble to order Kundenindividuelle Produkte mit standardisierten Komponenten
4	prognosegetrieben → Produkt ← kundenauftragsgetrieben	Make to order Produkt wird nach Kundenwunsch produziert
5	Produkt ← kundenauftragsgetrieben	Purchase and make to order Gesamte Wertschöpfungskette durch Kundenaufträge gesteuert

Bild 36: Differenzierte Disposition innerhalb einer Supply-Chain (eigene Darstellung)

muss eine Systematisierung der Disposition erfolgen, d. h., eine artikelklassenspezifische Disposition muss eingeführt werden.

Auf Basis von gebildeten Artikelklassen sollte es zu einer differenzierten Bedarfs-, Bestands- und Beschaffungsplanung (s. Kap. 3.5) kommen.

Schließlich ist die Synchronisierung der Disposition innerhalb der Lieferkette von essenzieller Bedeutung. Unterschiedliche Planungszyklen und -horizonte führen zu Überbeständen und hoher Unsicherheit. Eine Harmonisierung der Planungsprozesse ist notwendig. Des Weiteren sollte eine differenzierte Disposition innerhalb der Supply-Chain verfolgt werden (s. Bild 36). Die Identifizierung von Entkopplungspunkten innerhalb der Lieferkette kann die Disposition und damit die Bestandssituation erheblich verbessern (s. SCHUH ET AL. 2012, S. 168). Lieferservice steigern, Bestandskosten senken und Liquidität aus unnötiger Kapitalbindung freisetzen: Adaptive Bestandsmanagement liefert signifikante Rentabilitätssteigerungen über aktives Working-Capital-Management.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Nach zahlreichen Projekten und Analysen der FIR-Solution-Group lässt sich häufig ein Bestandssenkungspotenzial von 20 Prozent und mehr bei den Anwenderunternehmen konstatieren, bei zugleich besserem Lieferservice. Zentraler Ansatz zur Optimierung ist die Verbesserung der Planungsqualität. Mit leistungsfähigen Lösungen lassen sich über Advanced Planning reproduzierbar gute Planungsergebnisse einfach in die Praxis umsetzen.

Dessen ungeachtet, behandelt der weitaus überwiegende Teil der Unternehmen das betriebliche Bestandsmanagement eher stiefmütterlich, oft fragmentiert und nicht selten weitestgehend ziellos. Bei einem durch zunehmende Globalisierung steigendem Kostendruck avanciert logistische Leistungsfähigkeit zu einem entscheidenden Differenzierungskriterium im Wettbewerb. Kostenführerschaft ist aufgrund struktureller Nachteile im Vergleich zu Konkurrenten aus Mittel- und Osteuropa sowie Asien nur schwierig zu erreichen, aber Logistikleistung in Form von Liefertreue, Lieferfähigkeit und kurzen Lieferzeiten wird kundenseitig zum kaufentscheidenden Kriterium.

Working-Capital-Management

Angesichts begrenzter Finanzierungsmöglichkeiten wird auch die Optimierung im Working Capital durch Reduzierung unnötiger Kapitalbindung immer wichtiger. Reduzierte Kosten für die Vorrathaltung sowie geringere Wertberichtigungen auf Vorräte sind unmittelbar ergebniswirksam. Beides zusammen, Kostenreduzierung bei gleichzeitiger Reduzierung im Working Capital, hebelt die Rentabilität gleich doppelt.

ROI nach wenigen Monaten – statt monatelanger Diskussion

Die Erfolgswirksamkeit einer Bestandsreduzierung ist insbesondere im Vergleich zu einer Umsatzsteigerung prozentual gleichen Umfangs signifikant. Während es den meisten Unternehmen nicht möglich ist, den Umsatz innerhalb eines Jahres um mehr als 20 Prozent zu steigern, sind Bestandssenkungen um mehr als 20 Prozent nach einschlägigen Erfahrungen der FIR-Solution-Group nachweislich in allen Branchen realistisch.

Spezielle Planungsverfahren aus dem Bereich *Advanced Planning* helfen, das betriebliche Bestandsmanagement softwaregestützt zu analysieren und simulativ zu optimieren. Solche Projekte liefern häufig einen ROI in weniger als 2,0 Monaten.

Check-up vs. Branche als Einstieg

Die im Branchenmittel erreichbare Bestandsreduzierung von 38,8 Prozent rechtfertigt aber in

jedem Fall die Empfehlung, auf bestehende Potenziale zu prüfen. Dies lässt sich im ersten Schritt am einfachsten über einen branchenspezifischen Check-up vs. Peer-Groups der betreffenden Branche realisieren.

Spezifische Potenzialanalyse – das Projekt vor der Umsetzung

Sofern die externe Standortbestimmung über einen branchenspezifischen Performancevergleich relevante Potenziale vermuten lässt, bietet sich eine spezifische Analyse der Bestandssenkungspotenziale auf Basis realer Logistikdaten an.

Unter Einsatz leistungsfähiger Softwarepakete aus dem Bereich Advanced Planning lassen sich belastbare Potenzialanalysen als „What-if-Simulation“ durchführen.

Auch die Verbesserungsmöglichkeiten in den Unternehmenskennzahlen *Lagerumschlag*, *Kapitalbindung* (Liquidität), *Lieferservice* (Lieferfähigkeit und Lieferbereitschaft) und bei den *jährlichen Bestandskosten* (Lagerhaltungskosten, Beschaffungskosten, Teilwertabschreibung und Verschrottung) sollten dabei ausgewiesen werden, um etwaige Wechselwirkungen zwischen den interdependenten Teilzielen erkennen zu können.

Fokussiert man beispielweise ausschließlich eine maximale Bestandssenkung, so geht dies zu Lasten des Lieferservice. Ziel muss es daher sein, das Gesamtniveau in allen logistischen Zieldimensionen zu verbessern. Keine Verbesserung einer Kennzahl darf zu Lasten einer anderen führen. Anders ausgedrückt: Sofern man alle Zieldimensionen über das komplette Produktspektrum verbessert, hat man es richtig gemacht – dann sind die Bestände nicht nur geplant, dann hat man die Bestände tatsächlich optimiert.

Für eine belastbare Potenzialanalyse sind die relevanten Stamm- und Bewegungsdaten sowie die Bestandsdaten zu analysieren, logistische Kostensätze zu ermitteln und hinreichend differenzierte Zielvorgaben zum Lieferservice zu erheben. Stamm- und Bewegungsdaten liegen über ERP-Systeme vor, bei den Bestandsdaten dienen ERP- und/oder Lagerverwaltungssysteme als Datenquelle. Logistische Kostensätze, wie Beschaffungskosten, Lagerkostensätze oder Rüstkosten, sind dagegen oft nur in Teilen bekannt. Sie müssen zuvor systematisch analysiert werden.

Im Ergebnis können anhand realer Daten die bestehenden Potenziale gegenüber dem Ist-Zustand unternehmens-, lager- und artikelspezifisch bewertet werden.

Anspruchsvolle, aber zugleich realistische Ziele ableiten

Der Weg führt also über ein allgemein verbindliches Zielsystem. Konkret sind anspruchsvolle, aber zugleich realistische Ziele zu definieren und Verantwortlichkeiten festzulegen. Hier hilft die

Orientierung an Branchenmittelwerten nicht mehr weiter. Nun wird es konkret. Die Frage lautet: Was ist bei spezifischen Produktgruppen erreichbar?

Reproduzierbare gute Planungsvorschläge lassen sich über Advanced Planning ableiten. Geeignete Lösungen messen zudem die Planungsqualität über aussagefähige Zeiträume und visualisieren die Zielerreichung gegenüber der Zielvereinbarung. Die Entscheidung sollte letztlich aber bei den verantwortlichen Mitarbeiter liegen.

Nachhaltig wirksame Verbesserung – Zielerreichung vs. Zielvereinbarung

Der Lösungsansatz ist auf alle Unternehmen übertragbar, die zumindest teilweise kundenanonym produzieren. Verwendet man dabei noch geeignete Lösungen zur Visualisierung von Planungsqualität und Zielerreichung, ist adaptives Bestandsmanagement nicht mehr weit.

Nach konsistenten Definitionen wird mit Zahlen, Daten und Fakten argumentiert, wobei ein abteilungsübergreifendes Commitment zum anzustrebenden Lieferservice und zum spezifischen Kostenmodell vorliegen sollte.

Die visuelle Unterstützung zur Messung der Zielerreichung gegen Zielvereinbarung ist dann nur noch der logistische letzte Schritt zur Umsetzung: adaptives Bestandsmanagement über Management-by-Objectives.

Damit wird letztlich die Brücke zwischen den finanziellen Spitzenkennzahlen des Unternehmens und dem operativen Handeln der am betrieblichen Bestandsmanagement beteiligten Mitarbeiter geschlagen. Ergebnis ist eine nachhaltig wirksame Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität über aktiv gelebtes Working-Capital-Management.

8 LITERATURVERZEICHNIS

ABELS, H.: Methodische Ansätze für die Materialdisposition. In: Bestandsreduzierung durch moderne Dispositionsmethoden. Hrsg.: W. Eversheim. Verlag TÜV Rheinland, Köln 1991, S. 9 – 30.
ABELS, H.: Im Lager schlummern bis zu 30 % Gewinn. In: F+H Fördern und Heben 50(2000)7, S. 490 – 491.

ABELS, H.; SANDER, U.: Bestandsoptimierung: methodische Ansätze zur anforderungsgerechten Gestaltung der Dispositionsmethoden. In: Logistik im Unternehmen 7(1993)3, S. 82ff.

ALICKE, K.: Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken: Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management. 2., neu bearb. u. erw. Auflage. Springer, Berlin [u. a.] 2005.

ARMSTRONG, J. S.: Principles of Forecasting. A Handbook for Researchers and Practitioners. Kluwer Academic Publishers, Boston [u. a.] 2001.

ARNOLD, U.: Beschaffungsmanagement. 2., überarb. u. erw. Auflage. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1997.

ARNOLDS, H.; HEEGE, F.; RÖH, C.; TUSSING, W.: Materialwirtschaft und Einkauf. Grundlagen – Spezialthemen – Übungen. 13., aktualis. u. erw. Auflage. Springer, Wiesbaden [u. a.] 2016.

BAILY, P.; FARMER, U.; CROCKER, B.; JESSOP, D.; JONES, D.: Purchasing Principles and Management. 6. Auflage. London 1990.

BICHLER, K.; SCHRÖTER, N.: Praxisorientierte Logistik. Kohlhammer, Stuttgart 1995.

BWI: Workshop zur Strategie der Lieferbereitschaft und Senkung von Lagerbeständen. Juli 2006.

CORSTEN, H.; GÖSSINGER, R.: Produktionswirtschaft: Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. 12., vollst. überarb. u. erw. Auflage. Oldenbourg, München [u. a.] 2009.

DOMSCHKE, W. M.; SCHOLL, A.; VOSS, S.: Produktionsplanung – Ablauforganisatorische Aspekte. Springer, Berlin [u. a.] 1993.

FORESTER, J.: Industrial dynamics, MIT Press, Cambridge [u. a.] 1961.

FRANCOIS, P.: Flexible Losgrößenplanung in Produktion und Beschaffung. Physica, Heidelberg 2000.

FRIEMUTH, U.; STICH, V.: Industrielle Logistik. 4., überarb. Auflage. Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen 1998.

GROCHLA, E.: Grundlagen der Materialwirtschaft. 3., gründl. durchges. Auflage. Gabler, Wiesbaden 1978.

GROCHLA, E., FIETEN, R.; PUHLMANN, M.: Aktive Materialwirtschaft in mittelständischen Unternehmen. Ein Leitfaden zur Verbesserung der Unternehmensergebnisse. Deutscher Instituts-Verlag, Köln 1984.

HANKE, J.; REITSCH, A.; WICHERN, D.: Business Forecasting. 7. Auflage. Prentice Hall, Upper Saddle River (NJ) 2001.

HARTMANN, H., Materialwirtschaft. Organisation. Planung. Durchführung. Kontrolle. 8., überarb. u. erw. Auflage. Deutscher Betriebswirte-Verlag, Gernsbach 2002.

HAUGG, T.: Die strategische Disposition. Ein Schlüssel zur agilen Produktionsoptimierung. In: PPS-Management 7(2002)4, S. 40 – 43.

HERING, N.; SCHENK, M., SCHÜRMEYER, M.: Unternehmensübergreifendes Bestandsmanagement. In: Produktionsplanung und -steuerung; Bd. 2: Evolution der PPS. Hrsg.: Günther Schuh; Volker Stich. Springer, Berlin [u. a.] 2012, S. 390-415.

HUHNENDORF, R.: Diskover. Neuartiges Dispositionsverfahren zur Bestandsoptimierung. FIR + IAW Forschung für die Praxis; Bd. 37. Springer, Berlin [u. a.] 1991. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1990.

KEMMNER, G.-A.: Bis zu 30 % Bestandssenkungspotenzial. In: VDI-Nachrichten Nr. 20, 19.05.2006. Kistner, K.-P.; Steven, M.: Produktionsplanung. Physica, Heidelberg 1993.

KUNZ, D.: Entwicklung und Erprobung einer Methode zur Bestimmung wirtschaftlich strukturierter Warenverteilungssysteme. Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1976.

LUTZ, S.; GAUTHIER, L.: Praxisgerechte Bestandsdimensionierung und -reduzierung mit Kennlinien. In: Industriemanagement. 20(2004)3, S. 41 – 44.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R.: Forecasting. Methods and Applications. 3. Auflage. Wiley & Sons, New York [u. a.] 1998.

MENTZEL, O.: Optimale Lagerhaltung. In: Einkaufsleiter-Handbuch. Hrsg.: G. Bretschneider. verlag moderne industrie, Landsberg am Lech 1993, S. 745 – 790.

MEYER, J. C.; SANDER, U.: BM KoMo: Kostenmodell für das Bestandsmanagement. Wirtschaftliches Planen erfordert belastbare Kostendaten. In: UdZ – Unternehmen der Zukunft 8(2007)2, S. 54 – 56. https://data.fir.de/download/udz/udz2_2007_418.pdf (zuletzt geprüft: 01.08.2018)

Nahmias, S.: Production and operations analysis. 5., überarb. Auflage. McGraw-Hill, Boston (MA) 2005.

NADDOR, E.: Lagerhaltungssysteme. BSB Teubner-Verlagsges., Leipzig [u. a.] 1971.

NEUMANN, K.: Produktions- und Operations-Management. Springer, Berlin [u. a.] 1996.

NOACK, M.: Wie man auf veränderte Marktsituationen flexibel reagiert und dennoch die Lagerbestände senkt. In: Logistik im Unternehmen 7(1993)1/2, S. 40 – 42.

OELDORF, G.; OLFERT, K.: Materialwirtschaft. 11., verb. u. aktualis. Auflage. Kiehl, Ludwigshafen 2004.

POPP, T.: Kapazitätsorientierte dynamische Losgrößen- und Ablaufplanung bei Sortenproduktion. Kovac, Hamburg 1993. – Zugl.: Hamburg, Univ., Diss., 1992.

REFA (Hrsg.): Methodenlehre der Planung und Steuerung. Teil 2. 4. Auflage, 44. – 53. Tsd. Carl Hanser Verlag, München [u. a.] 1985.

SANDER, U.: Bestandsreduzierung bei Steigerung der Verfügbarkeit. In: Tagungsband zum FIR-Forum „Bestandsoptimierung“ am 26. und 27.10.1992 in Aachen. 21 S. [erhältlich in der Bibliothek des FIR]

SANDER, U.; FRICKER, A.; PETRY, K.: Bestellmengenrechnung. In: Der Materialwirtschaftsleiter, Teil 5, Kapitel 10.3. WEKA Fachverlag; Kissing 1995, S. 1 – 18. [= 1995a]

SANDER, U.; HÖCHST, B.; STAUSBERG, B.: Bedarfsermittlung. In: Handbuch Materialwirtschaftsleiter. Teil 5, Kapitel 10.2, S.1 – 14. WEKA Fachverlag 1995. [=1995c]

SCHÖNSLEBEN, P.: Integrales Logistikmanagement. Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend. 7., bearb. u. erw. Auflage. Springer, Berlin [u. a.] 2016.

SCHMIDT, K.-J. (Hrsg.): Logistik: Grundlagen, Konzepte, Realisierung. Vieweg, Braunschweig [u. a.] 1993.

SCHUH, G.; SCHMIDT, C., HELMIG, J.: Prozesse. In: Produktionsplanung und -steuerung; Bd. 1. Hrsg.: Günther Schuh; Volker Stich. Springer-Verlag, Berlin [u. a.] 2012, S. 109-194.

SCHUH, G.; SCHMIDT, C.; HERING, N.: Produktionsbedarfsplanung. In: Produktionsmanagement. Reihe Handbuch Produktion und Management; Bd. 5. Springer, Berlin [u. a.] 2014, S. 151 – 196.

SCHUH, G.; SCHMIDT, C.; HERING, N.: Fremdbezugsplanung und -steuerung. In: Produktionsmanagement. Reihe Handbuch Produktion und Management; Bd. 5. Springer, Berlin [u. a.] 2014, S. 235 – 279.

SCHULTE, G.: Material- und Logistikmanagement. 2. Auflage. Oldenbourg, München [u. a.] 1996.

TEMPELMEIER, H.: Material-Logistik. Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung in Advanced-Planning-Systemen. 7. Auflage. Springer, Berlin [u. a.] 2008.

TEMPELMEIER, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. 5. Auflage. Books on Demand, Norderstedt 2015.

WIENDAHL, H.-P.; NYHUIS, P.; BERTSCH, S.; GRIGUTSCH, M.: Controlling in Lieferketten. In: Produktionsplanung und -steuerung; Bd. 2: Evolution der PPS. Hrsg.: Günther Schuh; Volker Stich. Springer, Berlin [u. a.] 2012, S. 11 – 57.

