

zur Verfügung zu stellen, auf. Die Auftragsfreigabe stellt das Bindeglied zur Ausführung (Abarbeitung) dar.

Kurzfristige Planungs- und Steuerungsaufgaben wie auch Monitoring-funktionen werden unter dem Begriff Manufacturing Execution Systeme (MES) zusammengefasst.

In einem Unternehmen sind nicht immer alle Module des MRP II Konzeptes realisiert (z.B. verzichten einige Unternehmen auf die Grobkapazitätsplanung) bzw. können gewisse Module durch andere Konzepte ersetzt werden (z.B. können die Module MRP, Kapazitätsplanung und Auftragsfreigabe durch KANBAN ersetzt werden).

In Vollmann et al. (1997) oder auch Hopp/Spearman (1996) sind das MRP II Konzept und ihre gängigen Module dargestellt. Ein weiteres PPS-Modell, das dem MRP-Konzept angelehnt ist, ist das so genannte Aachener PPS-Modell, siehe z.B. Luczak/Eversheim (2001). In Jacobs/Weston (2007) ist ein guter historischer Überblick über die Entwicklung von Material Requirements Planning (MRP) über Manufacturing Resource Planning (MRP II) bis hin zu Enterprise Resource Planning (ERP) gegeben. Die einzelnen Module des MRP II Konzeptes werden in den nachfolgenden Abschnitten diskutiert.

21.1 Absatzvorschau

Die langfristige Absatzvorschau (auch Absatzplanung oder Forecast) ist Basis für den langfristigen Ressourcenbedarf und für das langfristige Produktionsprogramm. Die Absatzvorschau wird auch als Absatzvorhersage oder Absatzprognose bezeichnet. In der Regel ist die betrachtete Periode in der Größenordnung eines Jahres und die zeitliche Auflösung in Monaten gegeben. Ziel der Absatzvorschau ist, möglichst genau vorherzusagen, welche Absatzmengen in welcher Subperiode von welcher Produktgruppe erzielt werden. Grundsätzlich ist festzustellen, dass mit keiner mathematischen Methode, die die Werte der Vergangenheit extrapoliert, die Zukunft exakt vorhergesagt werden kann. Vielmehr ist es sinnvoll, die qualitativen Informationen über den Markt und den Kunden und auch Daten über die Konjunktur und andere Rahmenbedingungen, die den zukünftigen Absatz beeinflussen, zu analysieren und entsprechend bei der Erstellung der Absatzvorschau zu berücksichtigen. Sinnvollerweise wird unter Einbeziehung des Vertriebes, des Kundendienstes und des Marketings unter

Berücksichtigung qualitativer wie auch quantitativer Informationen und Verwendung von geeigneten Methoden die Absatzvorschau erstellt. Demnach unterteilt man die Methoden in quantitative, qualitative oder hybride Methoden. In Delurgio (1998) bzw. Günther/Tempelmeier (1995) sind zahlreiche Forecastprinzipien und deren Anwendungen dargestellt. Folgende Methoden werden wir in diesem Abschnitt präsentieren.

- Quantitativ
 - Gleitender Durchschnitt
 - Exponentielle Glättung
 - Approximation und Extrapolation
 - Kausalmethode
- Qualitativ
 - Datenaggregation
 - Marktforschung
 - Delphi Methode
- Hybrid
 - Qualitative Extrapolation
 - Extrapolation kombiniert mit Lebenszyklus

Die quantitativen Methoden gehen von vergangenheitsbezogenen Absatzzahlen aus und versuchen, diese in die Zukunft fortzuschreiben. Beim **gleitenden Durchschnitt** wird der zukünftige Wert aus dem arithmetischen Mittel der vergangenen Werte bestimmt.

$$P_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{t-i} \quad (21.1)$$

P_t ... Vorschauwert zum Zeitpunkt t

a_t ... Realer Wert zum Zeitpunkt t

Bei der **exponentiellen Glättung** werden jüngere Werte höher gewichtet als ältere.

$$P_t = \alpha a_{t-1} + (1 - \alpha) P_{t-1} = \sum_{i=1}^t \alpha (1 - \alpha)^{i-1} a_{t-i}$$

P_t ... Vorschauwert exponentieller Glättung zum Zeitpunkt t (21.2)

a_t ... Realer Wert zum Zeitpunkt t

α ... Glättungsparameter ($\in [0,1]$)

Der Glättungsparameter wird in der Regel zwischen 0 und 0,5 gewählt. Ein größerer Glättungsparameter bedeutet eine stärkere Berücksichtigung des letzten realen Wertes.

In Günther/Tempelmeier (2005) sind zusätzlich noch exponentielle Glättungsverfahren mit Berücksichtigung von Trend oder 2. Ordnung dargestellt. Besonders zu erwähnen ist das saisonale Vorhersagemodell basierend auf exponentieller Glättung nach Winter (1960).

Der gleitende Durchschnitt wie auch die exponentielle Glättung können nur für kurzfristige Vorhersagen genutzt werden. Für die Absatzvorschau werden deshalb der gleitende Durchschnitt und auch die exponentielle Glättung für die Vorhersage des gesamten Jahresabsatzes basierend auf den letzten Jahresabsätzen benützt, ohne dabei auf die zeitliche Verteilung des Absatzes über die Monate des nächsten Jahres eine Aussage zu treffen.

Die Methode **Approximation** mit anschließender **Extrapolation** ist sowohl kurz- als auch langfristig anwendbar. Die Methode gliedert sich in die Schritte

- ❑ Auswahl geeigneter Ansatzfunktionen
- ❑ Approximation
- ❑ Extrapolation

Der erste Schritt, die Auswahl geeigneter Ansatzfunktionen, ist der schwierigste und entscheidendste. Die Ansatzfunktionen sollen nach Möglichkeit alle qualitativen Aspekte des Absatzverhaltens wie Trend, saisonale Schwankung oder Auslaufen des Produktes berücksichtigen können. Für eine bestimmte Produktgruppe sollten nur jene Anteile berücksichtigt werden, die tatsächlich wesentlich sind. Wenn z.B. keine saisonale Absatzschwankung der Produktgruppe vorliegt, sollte der saisonale Anteil auch nicht berücksichtigt werden. Folgende Grundansatzfunktionen stehen zur Auswahl.

$$\begin{aligned}
 p(t) &= d \quad (\text{konstanter Ansatz}) \\
 p(t) &= d + kt \quad (\text{linearer Ansatz, Ansatz mit Trend}) \\
 p(t) &= d + A \cos\left(\frac{2\pi(t + \varphi)}{T}\right) \quad (\text{saisonaler Ansatz})
 \end{aligned}
 \tag{21.3}$$

d ...konstanter Absatzanteil

k ...Trend des Absatzes (Steigung der Ausgleichsgeraden)

A ...Amplitude der saisonalen Schwankung

T ...Dauer der saisonalen Schwankung

φ ...Phasenverschiebung

Die nachstehenden Grafiken visualisieren die vier Basisfunktionen zur Absatzapproximation.

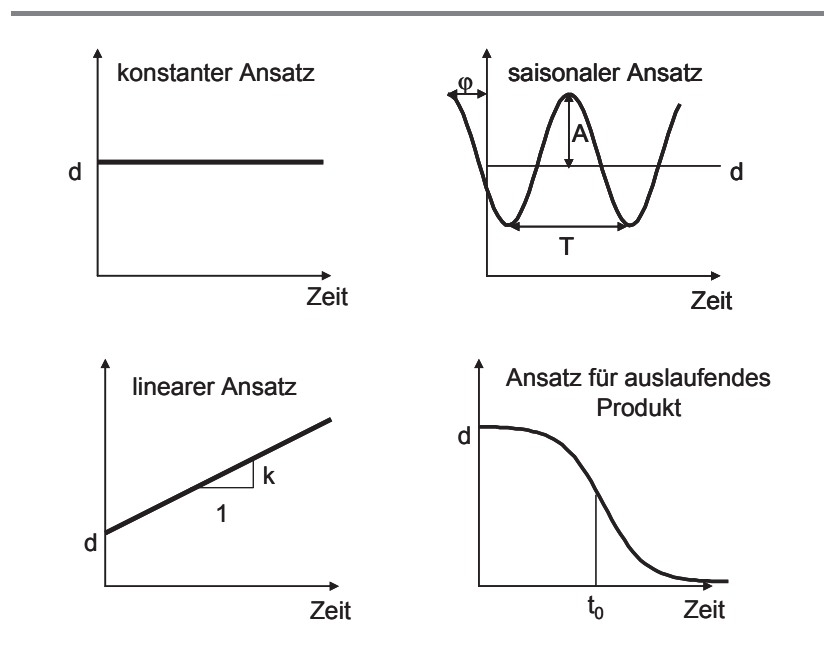


Abb. 21.2. Visualisierung der Basisfunktionen und deren Parameter für die Absatzapproximation

In Althaler/Jodlbauer (2002) wird ausführlicher ein saisonaler Ansatz und die Bestimmung der Parameter diskutiert.

Für ein auslaufendes Produkt könnte man folgenden Ansatz wählen:

$$p(t) = \frac{d}{1 + \exp(v(t - t_0))}$$

d ... konstanter Absatzanteil (Absatz vor Auslauf)
 t_0 ... jener Zeitpunkt, an dem Absatz $\frac{d}{2}$ erwartet wird
 v ... Hinweis über die Geschwindigkeit des Auslaufes

(21.4)

Die Ansatzfunktionen sollen durch qualitative Überlegungen und Betrachten der vergangenen Absatzzahlen bestimmt werden.

Nach Fixierung der Ansatzfunktion werden vergangene Absatzzahlen durch einen least squares Ansatz approximiert. Bei diesem Ansatz werden die aufsummierten quadratischen Abweichungen zwischen den Absatzzahlen der Vergangenheit und der Ausgleichskurve minimiert.

$$\sum_{i=1}^n (p(t_i) - a_{t_i})^2 \rightarrow \text{Min}$$

t_i ... Vergangene Zeitpunkte, für welche der Absatz bekannt ist
 a_{t_i} ... Vergangener Absatz zum Zeitpunkt t_i
 $p(t_i)$... Gewählte Ansatzfunktion, ausgewertet am Zeitpunkt t_i
 n ... Anzahl der vergangenen Zeitpunkte

(21.5)

Standardprogramme wie z.B. Excel können diese Berechnungen durchführen. Nach Bestimmung der Parameter der Ansatzfunktion kann die Extrapolation durchgeführt werden. Extrapolation heißt, dass die Ansatzfunktion für zukünftige Zeitwerte ausgewertet wird und diese Funktionswerte für die Absatzvorschau verwendet werden.

Beispiel 21.1 (Approximation-Extrapolation)

Für das letzte Jahr liegen für eine Produktgruppe folgende Absatzzahlen vor.

Tabelle 21.1. Vergangener Absatz des letzten Jahres Jänner – Juni

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
Absatz	85	88	104	102	97	110

Tabelle 21.2. Vergangener Absatz des letzten Jahres Juli - Dezember

	Juli	August	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Absatz	97	98	90	96	93	107

Es soll mit Hilfe der Approximation-Extrapolationsmethode eine Absatzvorschau erstellt werden. In Abb. 21.3. sind die Absatzzahlen des abgelaufenen Geschäftsjahres als Punkte dargestellt. Die Approximation wurde mit drei Ansatzfunktionen durchgeführt: konstanter Ansatz, linearer Ansatz und saisonaler Ansatz.

$$p(t) = d \quad (\text{konstanter Ansatz})$$

$$p(t) = d + kt \quad (\text{linearer Ansatz})$$

$$p(t) = d + kt + A \cos\left(\frac{2\pi(t + \varphi)}{T}\right) \quad (\text{saisonaler Ansatz mit Trend}) \quad (21.6)$$

Der konstante Ansatz schreibt einfach den mittleren Absatz der Vergangenheit fort. Der lineare Ansatz hat bereits die Fähigkeit, den Trend darzustellen. Der saisonale Ansatz kann die Saisonalität berücksichtigen. Die nächste Grafik bzw. Tabelle visualisiert die Angabe und die Ergebnisse.

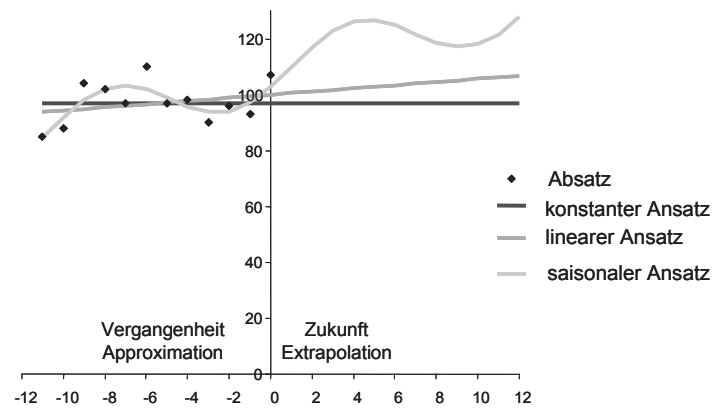


Abb. 21.3. Approximation und Extrapolation

Monat	Absatz	konstanter Ansatz	linearer Ansatz	saisonaler Ansatz	qualitative Extrapolation
-11	85	97	94	83	
-10	88	97	95	92	
-9	104	97	95	99	
-8	102	97	96	103	
-7	97	97	96	104	
-6	110	97	97	103	
-5	97	97	98	99	
-4	98	97	98	95	
-3	90	97	99	93	
-2	96	97	99	94	
-1	93	97	100	97	
0	107	97	100	104	
1		97	101	112	94
2		97	101	121	103
3		97	102	128	110
4		97	103	132	114
5		97	103	134	116
6		97	104	132	114
7		97	104	128	110
8		97	105	125	107
9		97	105	122	104
10		97	106	123	105
11		97	107	127	109
12		97	107	133	115

Abb. 21.4. Ergebnis der Approximation und Extrapolation

Beim linearen Ansatz erhält man für die Parameter

$$\begin{aligned}d &= 100,34 \\k &= 0,563\end{aligned}\tag{21.7}$$

und beim saisonalen Ansatz sind die Parameter durch

$$\begin{aligned}d &= 110,6 \\k &= 2,43 \\A &= 12,09 \\\varphi &= 4,09\end{aligned}\tag{21.8}$$

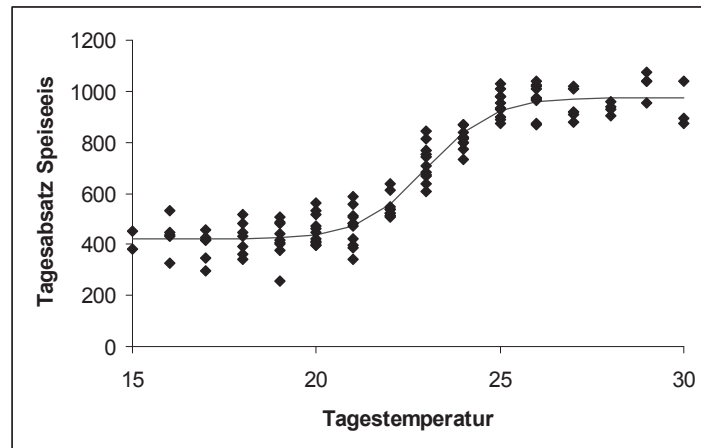
gegeben. □

Die Idee der **Kausalmethode** ist, dass eine messbare Größe identifiziert wird, die den zukünftigen Absatz maßgeblich beeinflusst und eine gute Abschätzung dessen erlaubt. So führt z.B. sonniges Wetter zu einem hohen Eis- oder Getränkeverbrauch. Es existieren auch Frühindikatoren, die die Grundlage für Kausalmethoden bilden können. So ist bekannt, dass der LKW Absatz ein guter Indikator ist für die Konjunktur. Steigende LKW Verkaufszahlen bedeuten, dass eine optimistische Grundstimmung in der Wirtschaft gegeben ist und Geld für Investitionen zur Verfügung steht. Mit ein paar Monaten Verspätung wird sich dieser Wachstumsschub auf andere Wirtschaftsbereiche z.B. Konsumgüter übertragen. Auch Prognosen jeglicher Art (Wetter, Arbeitslosenrate, ...) können für eine Kausalmethode nützlich sein.

Im ersten Schritt ist über den Sachbezug oder statistischen Tests (siehe z.B. Bleymüller et al. 2004) abzusichern, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen der messbaren und damit bekannten Größe (z.B. Wetterbericht, der sonniges Wetter verspricht) und des vorherzusagenden Absatzes (z.B. Verkaufszahlen des nächsten Tages an Speiseeis) besteht. Nach Bestätigung des kausalen Zusammenhanges wird mit geeigneten Ansatzfunktionen eine Regressionsanalyse zur Approximation des funktionalen Zusammenhanges zwischen messbarer Größe und Absatz durchgeführt.

Beispiel 21.2 (Kausalmethode)

Abhängig von der mittleren Tagestemperatur ist aus dem letzten Sommer die verkaufte Menge an Speiseeis pro Tag bekannt.

**Abb. 21.5.** Kausalmethode

Für die Approximation wurde eine Sättigungskurve der Gestalt

$$a(t) = s - \frac{b}{1 + e^{v(t-t_0)}}$$

$a(t)$... Tagesabsatz in Abhängigkeit der Tagestemperatur

s ... Sättigungswert

b ... Bandbreite

v ... Steigung

t_0 ... Temperaturstelle, an welcher der mittlere

Absatz $s - \frac{b}{2}$ angenommen wird

(21.9)

verwendet. Für die Parameter sind nachfolgende Werte über die Regressionsanalyse (least squares-Ansatz) berechnet worden:

Tabelle 21.3. Parameter der Sättigungskurve für Approximation des Absatzes

s	b	v	t_0
974,91	555,28	1,13	22,99

Wie viel Eis wird morgen verkauft werden, wenn der Wetterbericht eine mittlere Tagestemperatur von 28° vorhersagt.

Zur Lösung der Aufgabe ist einfach die Funktion an der Stelle 28° auszuwerten.

$$a(28) = 974,91 - \frac{555,28}{1 + e^{1,13(28-22,99)}} = 973 \quad (21.10)$$

$a(t)$...Prognose des Tagesabsatzes, falls Tagestemperatur = 28°

□

Die **Datenaggregation** ist eine einfache, häufig angewandte und sehr mächtige Methode, die Absatzvorschau zu erstellen. Die Idee der Datenaggregation ist, aus der subjektiven Einschätzung von Experten, in der Regel Vertriebsmitarbeitern, den zukünftigen Absatz vorherzusagen. Folgende Schritte sind bei der Datenaggregation zu berücksichtigen.

- Erstellung des Erhebungsbogens
- Festlegung des Expertenkreises
- Expertenbefragung
- Zusammenführung der Daten

Der Erhebungsbogen sollte einfach und knapp formuliert sein. Typischerweise könnte der Erhebungsbogen pro Produktgruppe den Absatz in Monatsauflösung für das nächste Jahr beinhalten. Abhängig vom befragten Experten kann sich dieser geschätzte Absatz auf ein bestimmtes Absatzgebiet, eine bestimmte Kundengruppe oder einen bestimmten Vertriebsweg beziehen. Die befragten Experten sollen in Summe den gesamten Markt gut einschätzen können. In der Regel werden die Experten Vertriebsmitarbeiter oder Mitarbeiter von Kunden sein. In der Zusammenführung der Daten werden die einzelnen Schätzungen gemittelt, falls mehrere Experten für die gleiche Kundengruppe, das gleiche Absatzgebiet oder den gleichen Absatzweg eine Schätzung abgegeben haben, und anschließend über den gesamten Markt addiert. In dieser Zusammenführung der Schätzung können auch noch zusätzliche Kriterien wie Einschätzung der Konjunktur, Ergebnisse von Marktumfragen, politische Entwicklung von Absatzregionen oder geplante Marketingmaßnahmen über Gewichtungsfaktoren berücksichtigt werden.

Die **Marktforschung** versucht über Befragung von Marktteilnehmern die zukünftige Entwicklung des Marktes abzuschätzen. Für das umfangreiche Gebiet der Marktforschung sei auf die einschlägige Literatur, z.B. Berekoven et al. (2004), verwiesen. Für eingeführte Produktgruppen sollte man ohne Marktforschung einen Absatzplan erstellen können. Für neue Produkte bzw. wenn sich gravierende Änderungen des Marktes abzeichnen, ist eine Durchführung einer Marktforschung zu empfehlen.

Neben der Schätzung des zukünftigen Absatzes kann es sinnvoll sein, für die weiteren Planungsschritte eine untere und obere Absatzgrenze zu schätzen. Das kann in qualitativen Erhebungen einfach aufgenommen werden: Die untere Absatzgrenze kann über bereits eingegangene langfristige vertragliche Verpflichtungen und über strategische Überlegungen (Halten oder Erreichen eines gewissen Marktanteiles) definiert werden. Wohingegen die obere Absatzgrenze durch den maximal möglichen Absatz auf Grund der Marktgegebenheiten bestimmt werden kann.

Die **Delphimethode** führt strukturiert das Wissen von mehreren Experten durch einen Diskurs zusammen. Insbesondere wird bei der Delphi Methode versucht, den Einfluss der Persönlichkeit sowie der Reputation der beteiligten Experten auf das Ergebnis zu reduzieren. Eine detaillierte Darstellung und Diskussion der Delphi Methode ist in Linstone/Turoof (1975) gegeben. Die Delphi Methode wird in mehreren Iterationen durchgeführt. Zu Beginn wird ein Fragebogen erstellt und ausgewählten Experten zum Ausfüllen geschickt. Die Fragebogen werden ausgewertet und daraus erste Ergebnisse abgeleitet. In der nächsten Runde werden mit einem überarbeiteten Fragebogen, der insbesondere die Ergebnisse der Vorrunde enthält, erneut die Experten befragt. Dabei werden die Experten aufgefordert ihre eigene Meinung auf Grund der Ergebnisse der Vorrunde kritisch zu überdenken. Für die Absatzplanung könnten die ausgewählten Experten z.B. Vertriebsmitarbeiter und Marktexperten sein. Wenn nach mehreren Runden die erhaltenen Absatzprognosen wenig streuen, haben die Experten einen Konsens gefunden, wie sie die Marktentwicklung gemeinsam abschätzen.

Eine sehr mächtige Methode ist die Kombination der Approximation-Extrapolationsmethode mit qualitativen Überlegungen (**qualitativer Extrapolation**). So kann z.B. über Datenaggregation in Kombination mit Marktforschung die zukünftige Jahresabsatzmenge näherungsweise berechnet werden und aus dem Approximation-Extrapolationsansatz der saisonale Verlauf bestimmt werden. In Bezug auf die Parameter des

saisonalen Ansatzes werden der Trend, die Amplitude wie auch die Phasenverschiebung durch Approximation determiniert. Der konstante Anteil d wird so bestimmt, dass die geforderte Jahresabsatzmenge erfüllt wird.

Beispiel 21.3 (qualitative Extrapolation)

In Fortsetzung zum Beispiel 21.1 hat die Marktforschung ergeben, dass die voraussichtliche Jahresabsatzmenge unter Berücksichtigung der geplanten Marketingmaßnahmen 1300 Einheiten sein wird. Erstellen Sie die Absatzvorschau.

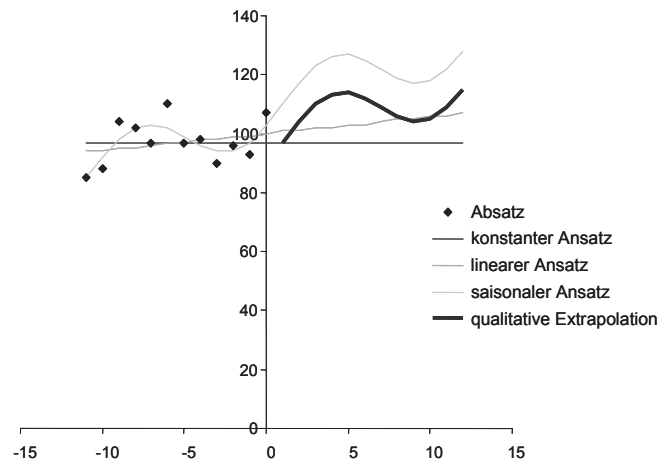


Abb. 21.6. qualitative Extrapolation

In Abb. 21.6. ist bereits das Ergebnis der qualitativen Extrapolation zahlenmäßig dargestellt.

Addiert man die geschätzten Absatzzahlen pro Monat im zukünftigen Jahr laut saisonalem Ansatz, erhält man eine Jahresabsatzmenge von 1517. Da die Marktforschung von einer Jahresabsatzmenge von 1300 ausgeht, ist der monatliche Absatz um $\frac{1517-1300}{12} = 18$ zu reduzieren. \square

Da der Absatz nicht genau vorhergesagt werden kann und weiterführende Planungen aus Markt-, Kosten- oder Kapazitätsüberlegungen bestimmte Produkte forcieren möchten und andere reduzieren, ist es sinnvoll, für den zukünftigen Absatz jeweils eine untere und obere Schranke zu bestimmen. Diese Grenzen können in der Expertenabfrage entsprechend eingebaut werden bzw. bei der Approximation-Extrapolationsmethode über Vertrauensbereiche bestimmt werden. Dazu berechnet man die kurzfristige Streuung des Absatzes:

$$\sigma = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (p(t_i) - a_{t_i})^2}$$

σ ...kurzfristige Streuung des Absatzes
 t_i ...Vergangene Zeitpunkte, für welche der Absatz bekannt ist
 a_{t_i} ...Vergangener Absatz zum Zeitpunkt t_i
 $p(t_i)$... Gewählte Ansatzfunktion ausgewertet am Zeitpunkt t_i
 n ...Anzahl der vergangenen Zeitpunkte

(21.11)

und bestimmt den Vertrauensbereich durch

$$\text{prob}\left(x_{t_i} \in [p(t_i) - q(\alpha)\sigma, p(t_i) + q(\alpha)\sigma]\right) = 1 - \alpha$$

prob ... Wahrscheinlichkeit

(21.12)

Unter der Annahme der Normalverteilung ist für $q(\alpha) = 1,96$ bei einer Wahrscheinlichkeit von 95% ($\alpha = 0,05$) und $q(\alpha) = 2,56$ für 99% zu wählen. Für $q(\alpha) = 3$ ergibt sich ein Vertrauensbereich von 99,73%, d.h. 99,73% aller Monatsabsätze liegen innerhalb der oberen und unteren Absatzgrenze. Die Grenzen ergeben sich dann durch:

$$\begin{aligned}
 p_U(t_i) &= p(t_i) - q(\alpha)\sigma \\
 p_O(t_i) &= p(t_i) + q(\alpha)\sigma
 \end{aligned}$$

$p_U(t_i)$...Untere Grenze des Absatzes
 $p_O(t_i)$...Obere Grenze des Absatzes

(21.13)

Beispiel 21.4 (Approximation – Extrapolation mit Vertrauensbereich)

In Fortsetzung zu Beispiel 21.3 rechnen wir die untere und obere Verkaufsgrenze für den 99% Vertrauensbereich aus. Das Ergebnis ist in nachstehender Grafik bzw. Tabelle visualisiert.

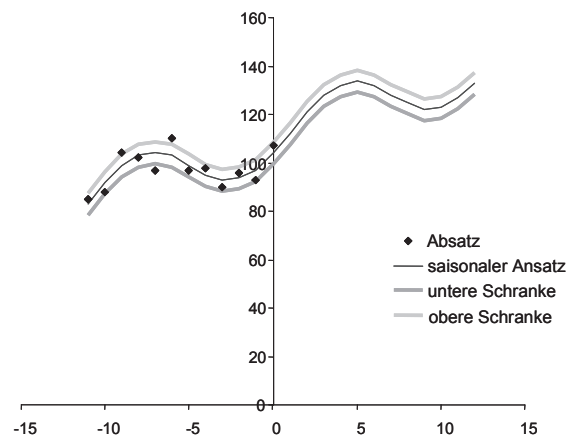


Abb. 21.7. Untere und obere Grenze für die Absatzprognose

Monat	untere Absatzschranke	obere Absatzschranke
1	109	115
2	118	124
3	125	131
4	129	135
5	131	137
6	129	135
7	125	131
8	122	128
9	119	125
10	120	126
11	124	130
12	130	136

Abb. 21.8. Untere und obere Grenze für die Absatzprognose