

1 Prognoseverfahren

1.1 Zielsetzung

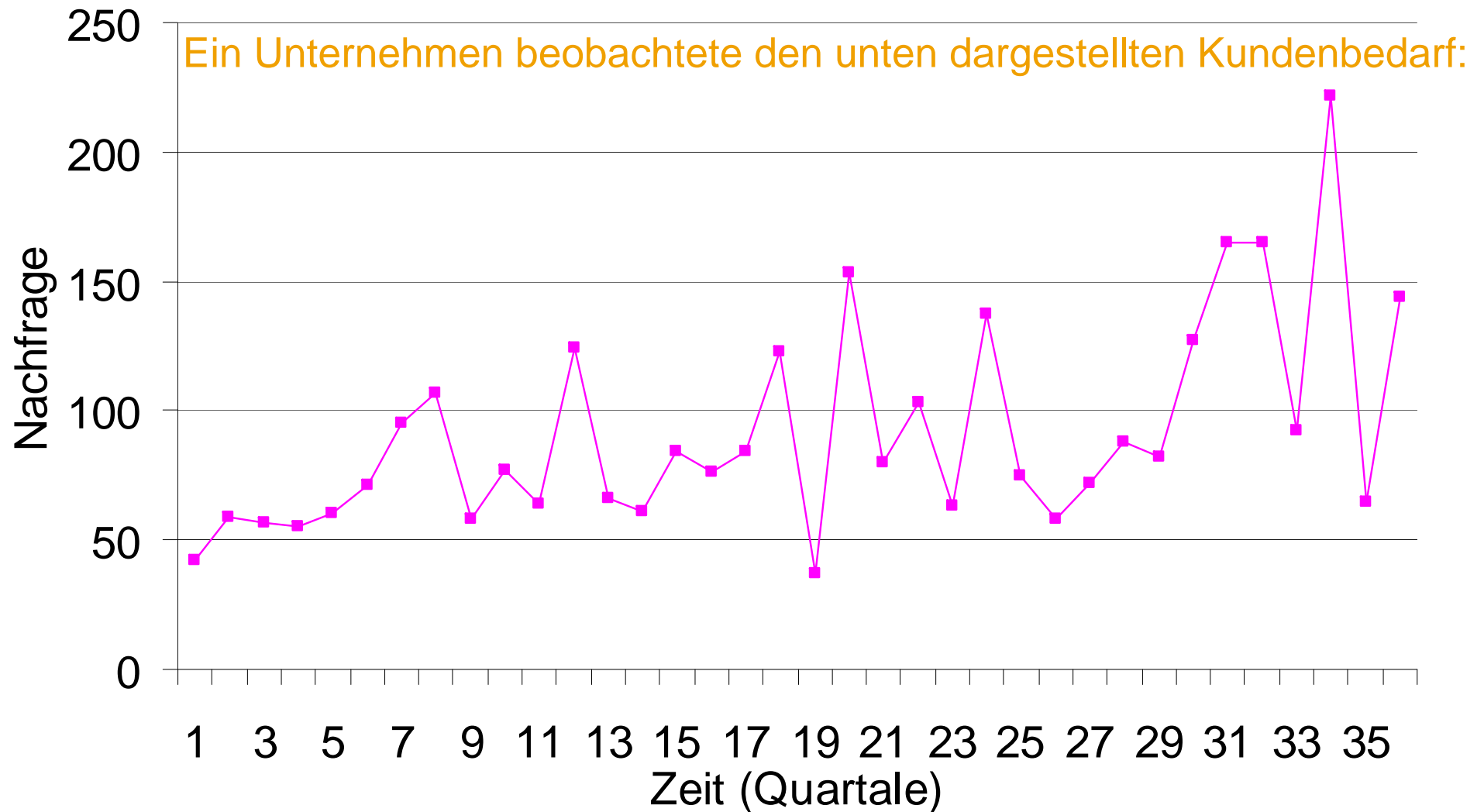
1.2 Bedarfsverlauf von Verbrauchsfaktoren

1.3 Prognose bei regelmäßigen Bedarf

1.4 Prognosemodelle in Standard-ERP-Software

1.5 Ausblick

Beispielhafte Entwicklung der Nachfrage



**Wie lautet die zu produzierende Art
und die Menge für die nächsten Quartale?**

1 Prognoseverfahren

1.1 Zielsetzung

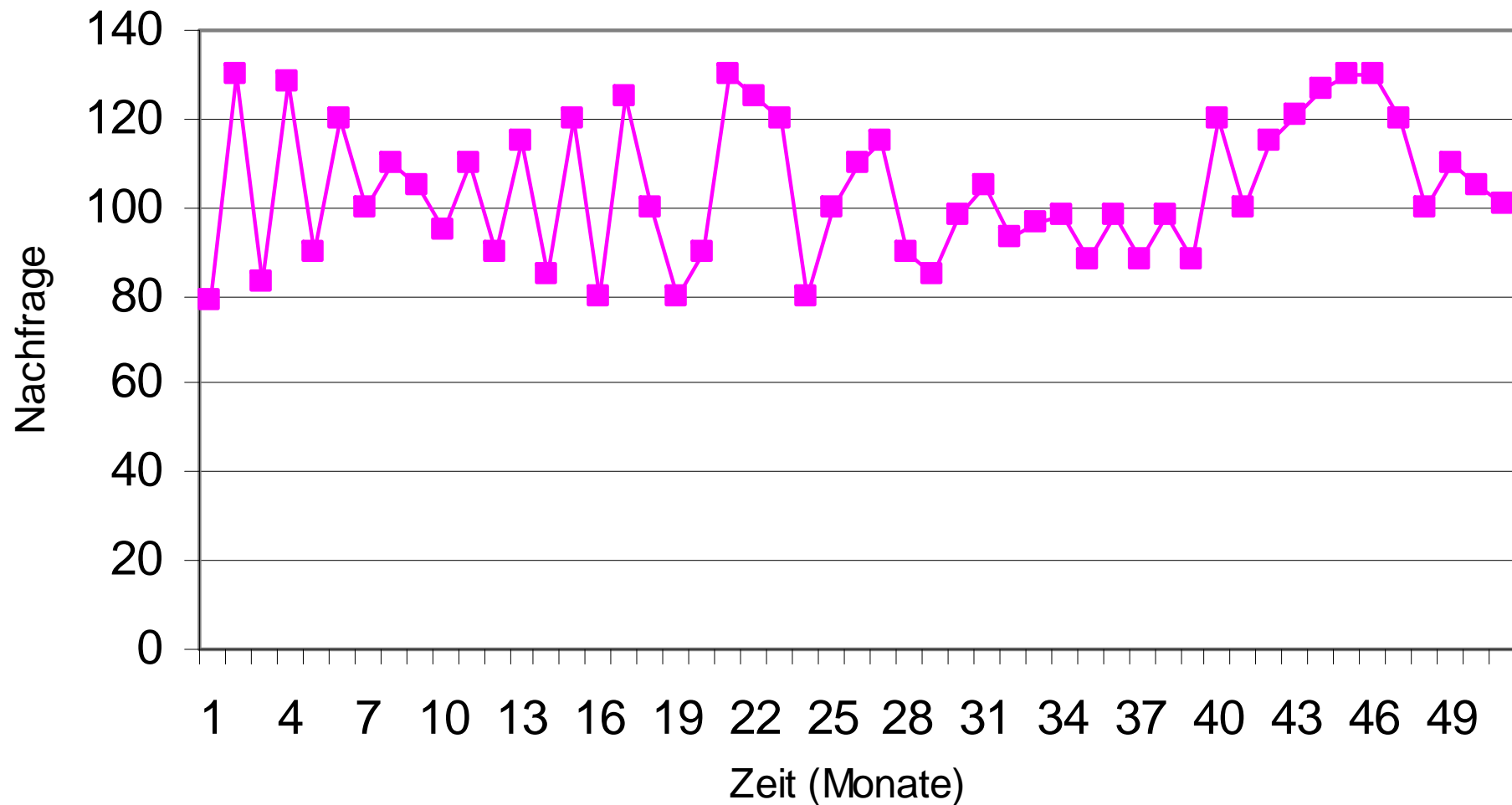
1.2 Bedarfsverlauf von Verbrauchsfaktoren

1.3 Prognose bei regelmäßigen Bedarf

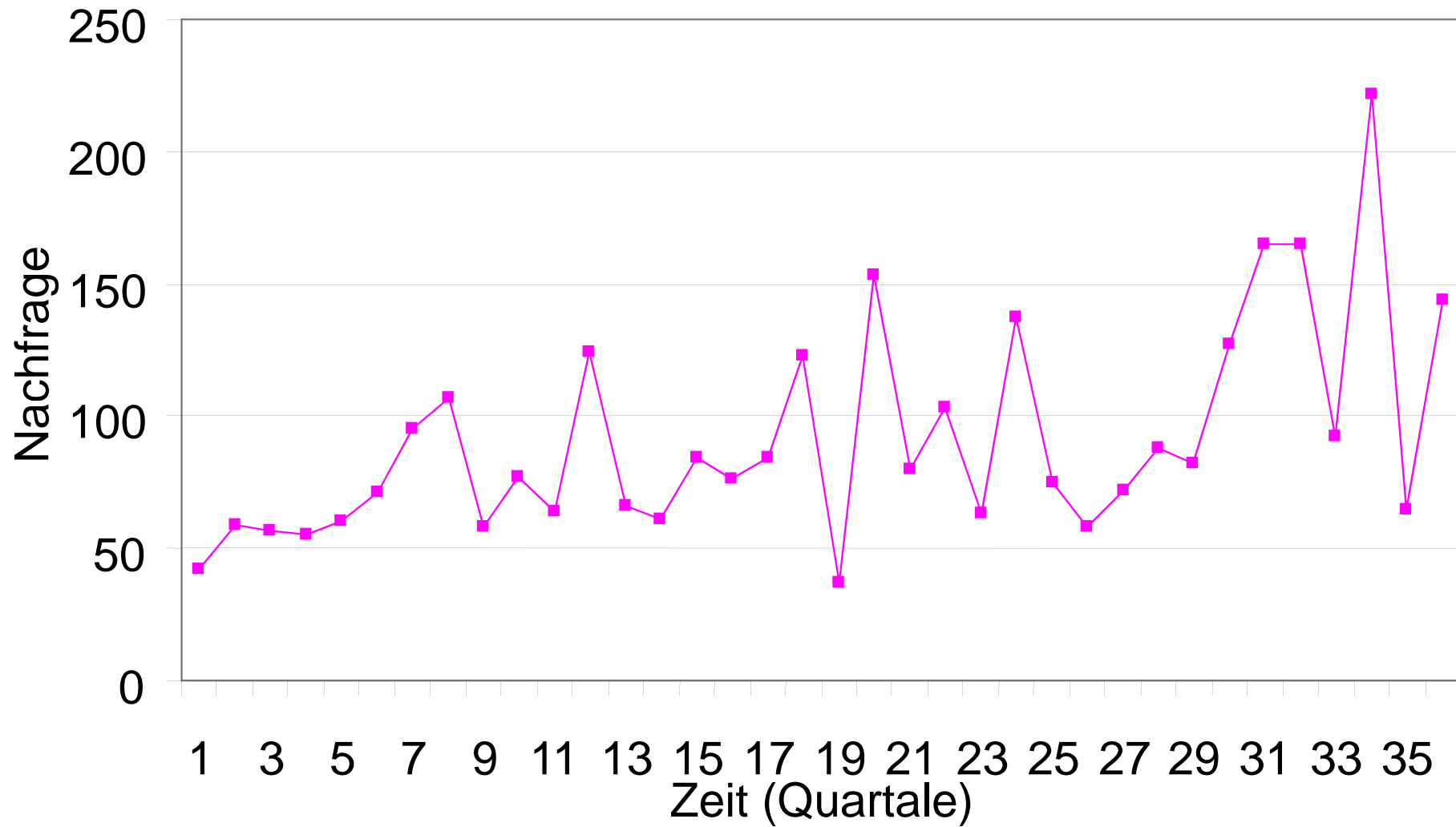
1.4 Prognosemodelle in Standard-ERP-Software

1.5 Ausblick

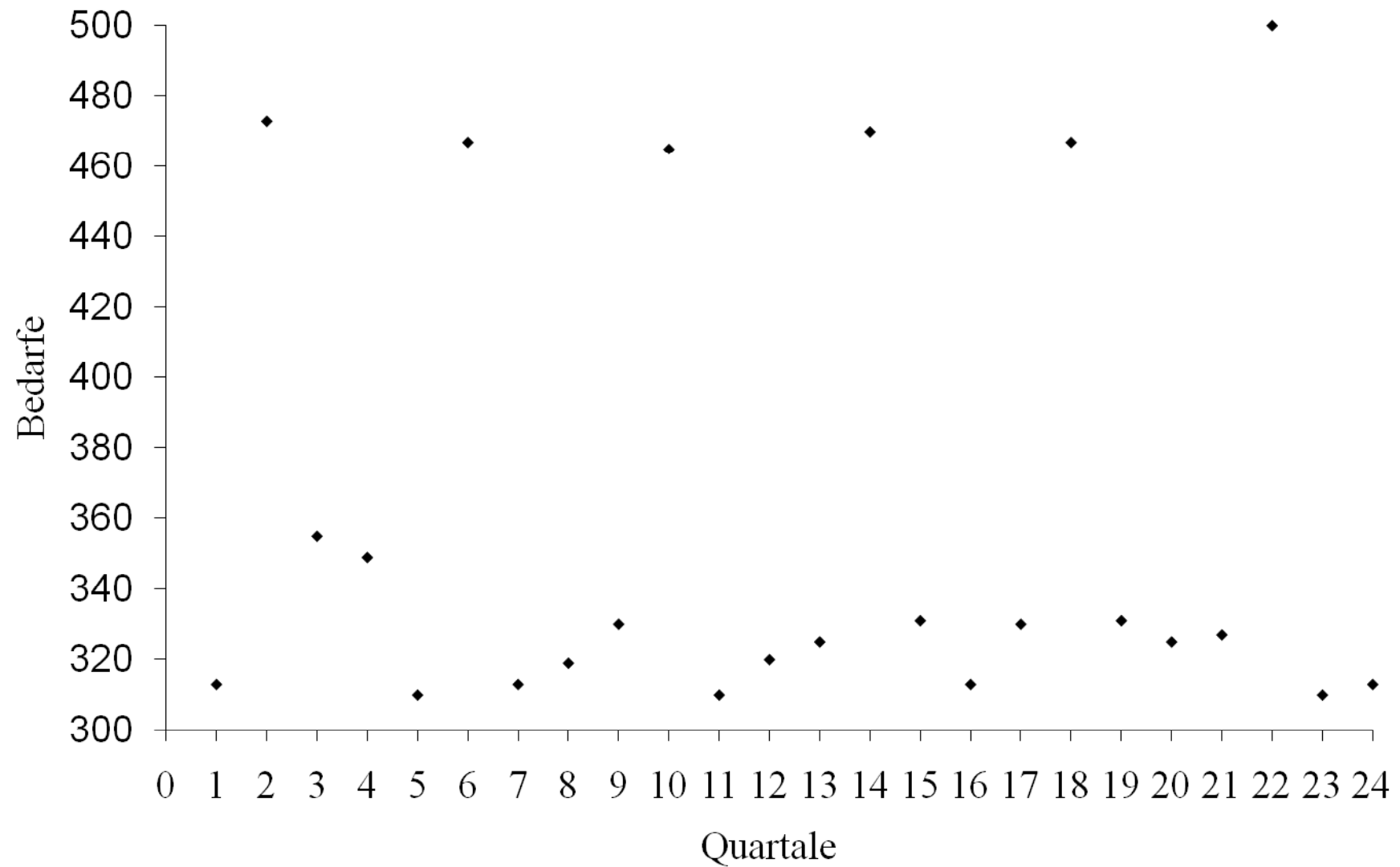
Bedarfszeitreihe bei regelmäßigem Bedarfsverlauf



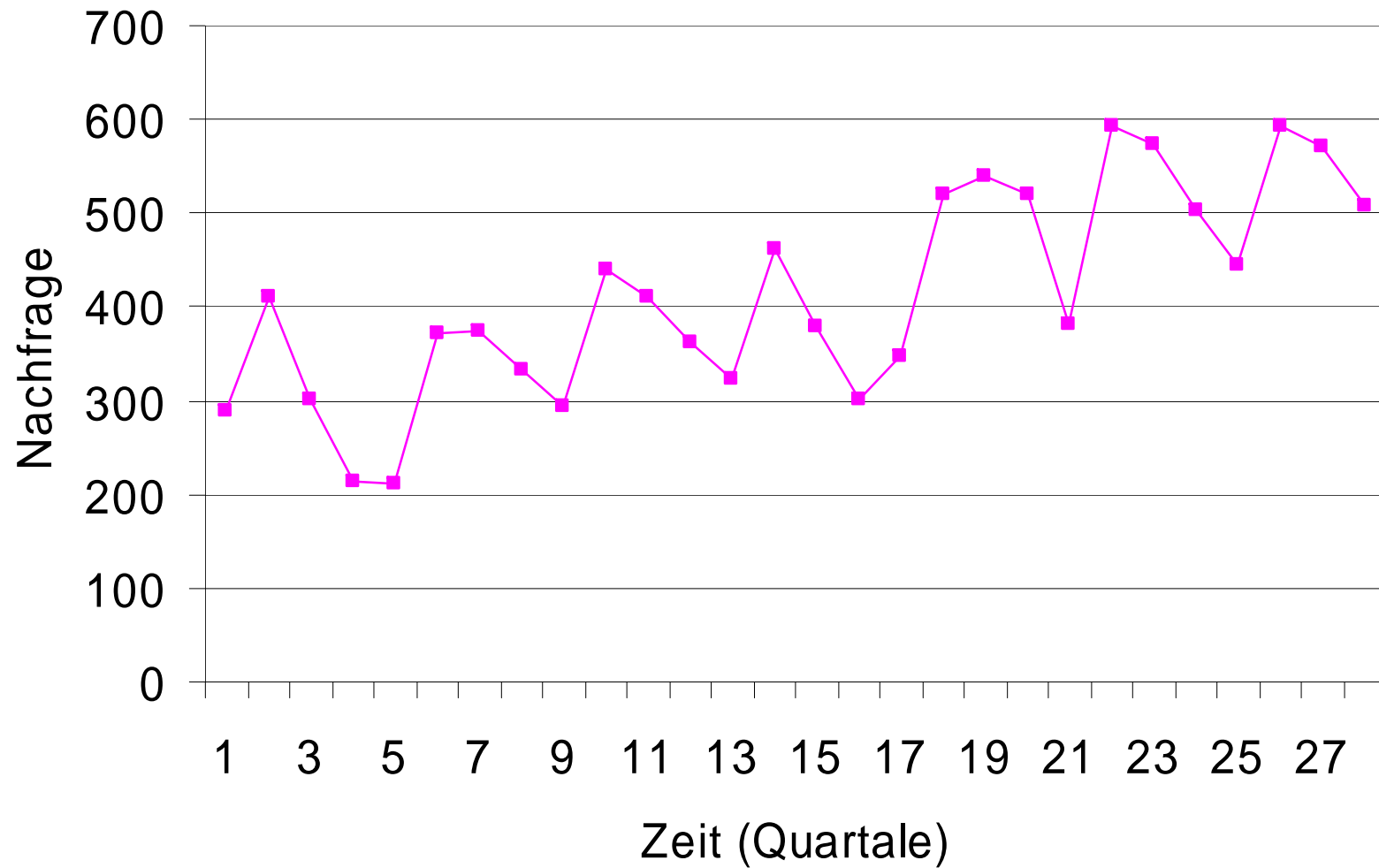
Bedarfszeitreihe mit einem linearen Trend



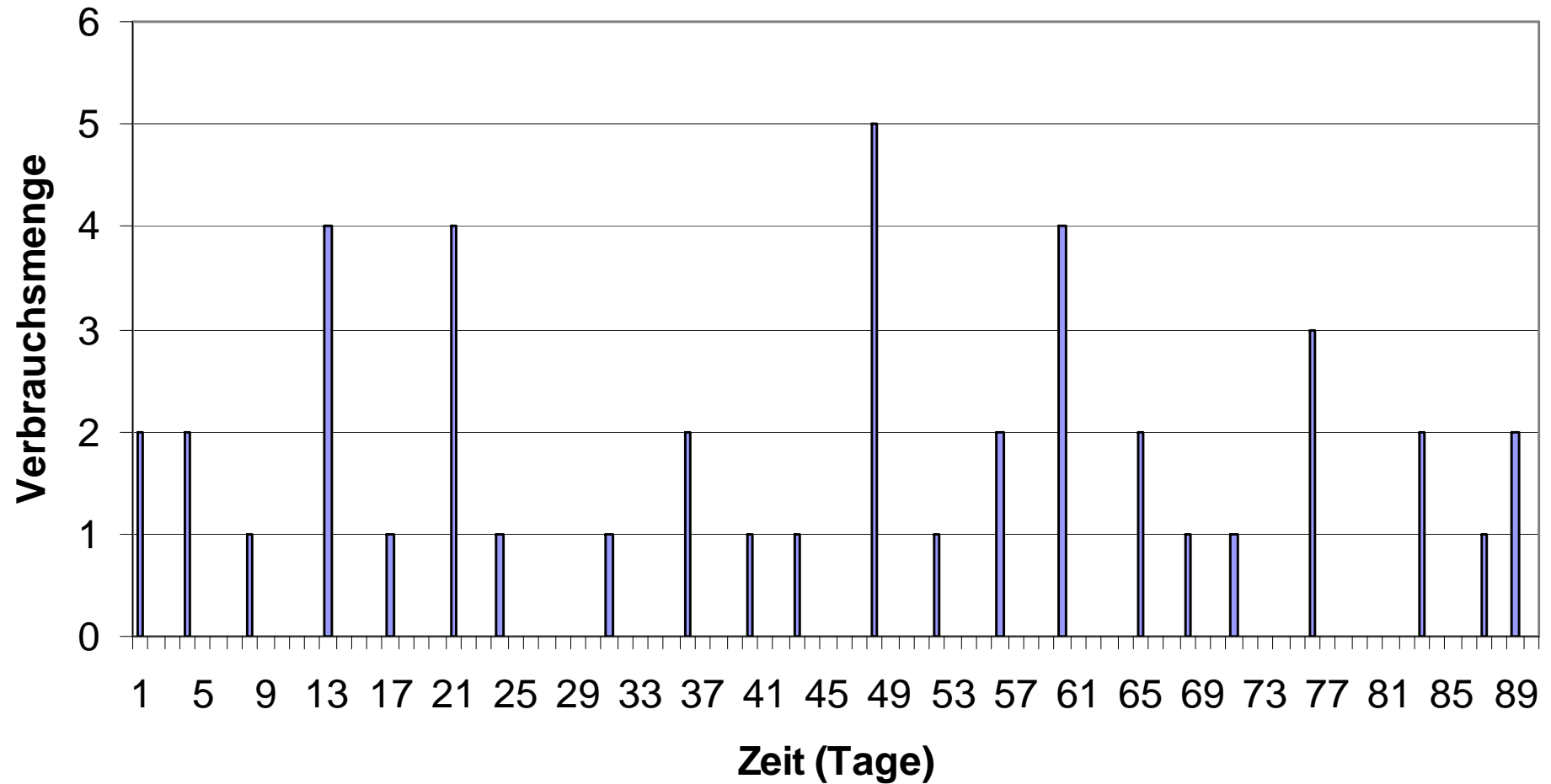
Bedarfszeitreihe mit einem saisonalen Einfluss



Bedarfszeitreihe mit einem saisonalen Einfluss



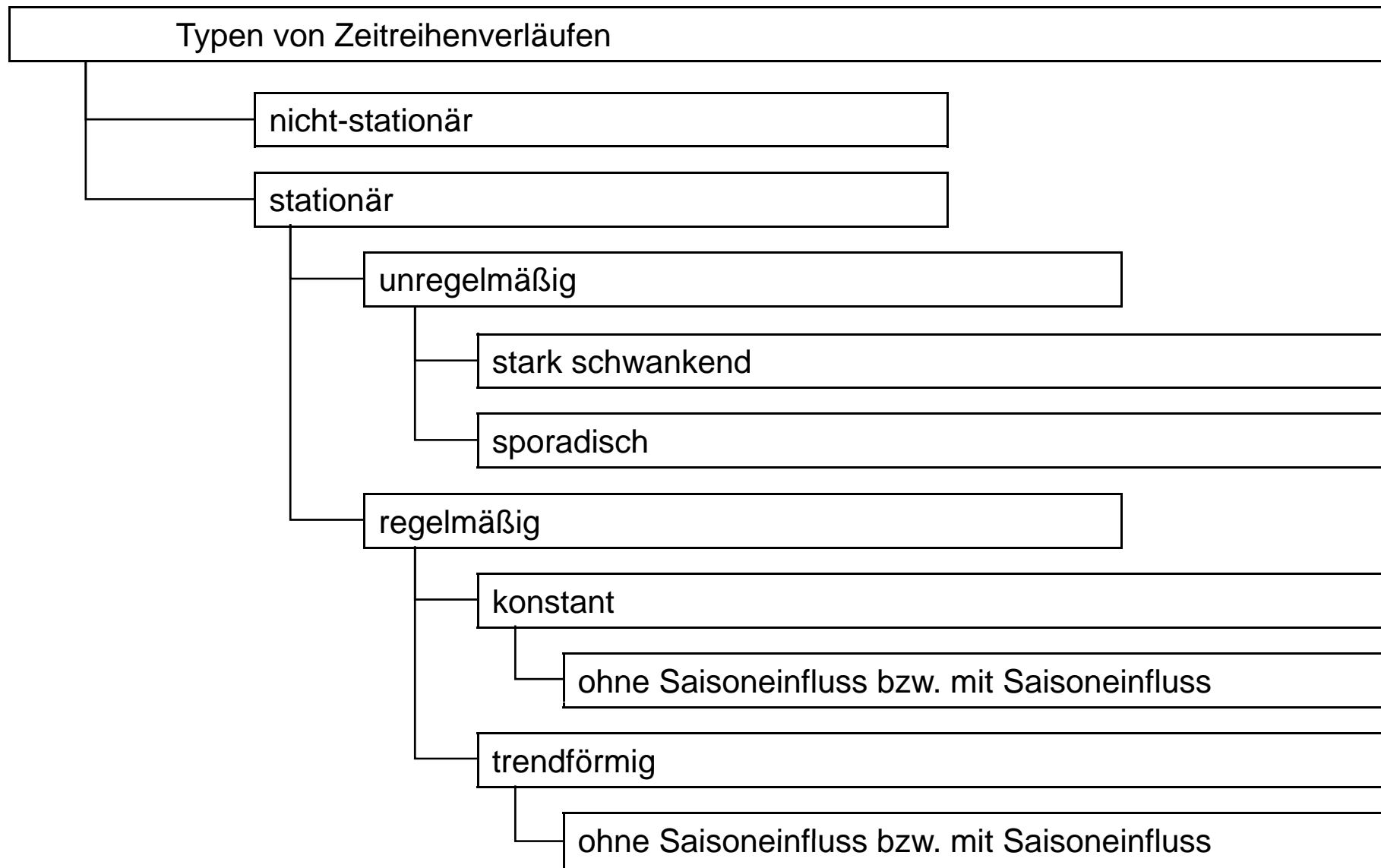
Bedarfszeitreihe bei sporadischem Bedarfsverlauf



Eine unendlich lange Zeitfolge kann durch eine Linearkombination einer Folge von unkorrelierten Zufallsvariablen und einem zufälligen Summanden dargestellt werden.

- Koeffizienten dieser Linearkombination: perfekt vorhersagbar
- Eigenschaft von stationären stochastischen Prozessen.
(Stationären stochastischen Prozess: Erwartungswert, Varianz und Autokovarianz sind im Zeitablauf konstant)
- Linearkombination aus unendlich vielen Zufallsvariablen möglich
- Kommerziell verfügbaren ERP- und PPS-Systemen: implizit wenige Zufallsvariablen angenommen - beschreiben Trends, primär eines linearen, und eines saisonalen Einflusses.
(Trennung von saisonalem Einfluss von stark schwankenden Bedarfen getrennt werden: Unterscheidung zwischen einem regelmäßigen Bedarfsverlauf und einem unregelmäßigen, der neben stark schwankenden Bedarfen auch sporadische Bedarfe umfasst.

Klassifizierung von Verbrauchsfaktoren nach Ihrem Bedarfsverlauf



1 Prognoseverfahren

1.1 Zielsetzung

1.2 Bedarfsverlauf von Verbrauchsfaktoren

1.3 Prognose bei regelmäßigen Bedarf

1.4 Prognosemodelle in Standard-ERP-Software

1.5 Ausblick

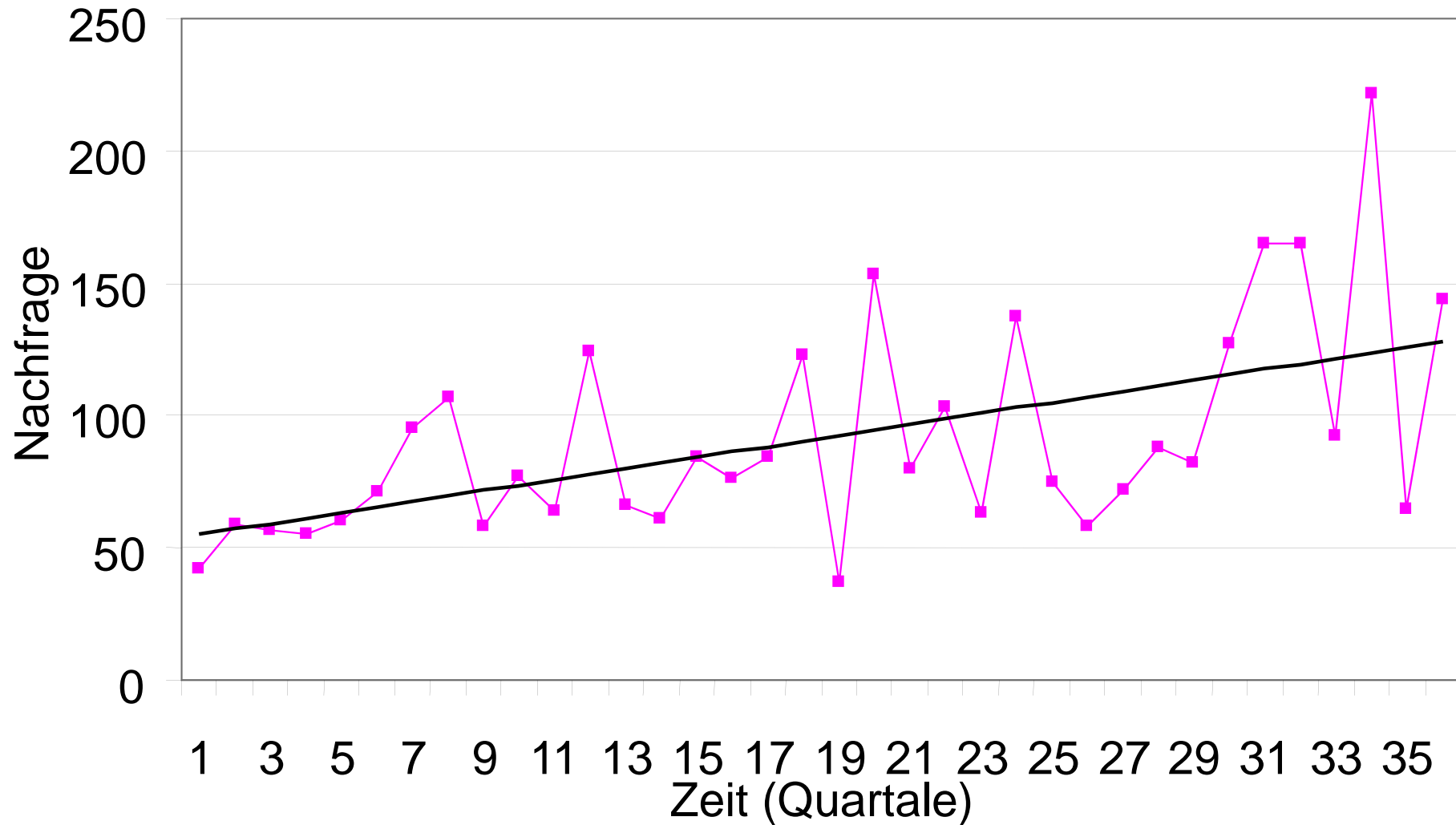
1.3 Prognose bei regelmäßigem Bedarf

1.3.1 Problemstellung

1.3.2 Prognose bei konstantem Niveau

1.3.3 Prognose bei trendförmigen Niveau

Beispielhafte Entwicklung der Nachfrage



Aufgabe: Entwicklung eines geeigneten Prognosemodell

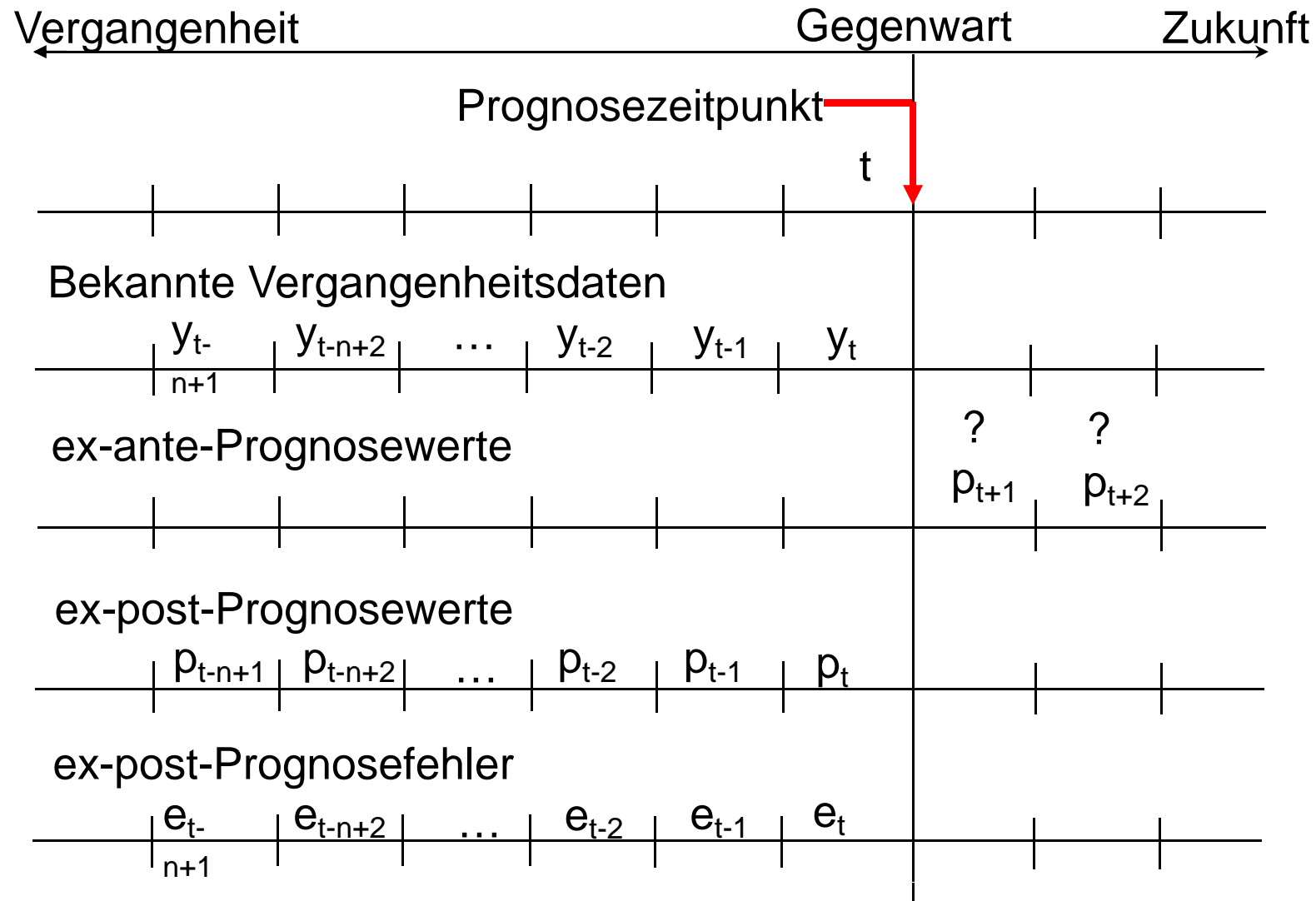
Gründe:

- Ungeeignetes Prognosemodell
- Strukturbruch in einer Zeitreihe

Analyse der Prognosefehler (e_t) für Periode t , mit
 y_t = Beobachtungswert und p_t Prognosewert jeweils für Periode t .

$$e_t = y_t - p_t$$

Datenstruktur der Nachfrageprognose



Ausgangssituation: Periode t und die letzten n Perioden liegen vor.

Mittelwert der Prognosefehler in den Perioden $[t - n + 1, t - n + 2, \dots, t]$:

$$\mu_{e,t,n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=t-n+1}^t e_k$$

Varianz der Prognosefehler am Ende der Periode und bei Betrachtung der letzten n Perioden:

$$\sigma_{e,t,n}^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=t-n+1}^t (e_k - \mu_{e,t,n})^2$$

Standardabweichung der Prognosefehler am Ende der Periode und bei Betrachtung der letzten n Perioden:

$$\sigma_{e,t,n} = \sqrt{\sigma_{e,t,n}^2}$$

Interpretation bereitet in der industriellen Praxis doch einige Schwierigkeiten

Mittlere absolute Abweichung der Prognosefehler, MAD_t , zur Beurteilung der Streuung der Prognosefehler und damit der Verlässlichkeit einer Prognose:

$$MAD_{e,t,n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=t-n+1}^t |e_k|$$

Folgt der Prognosefehler einer Normalverteilung, so gilt:

$$\sigma_{e,t,n} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot MAD_t \approx 1.25 \cdot MAD_t$$

1.3 Prognose bei regelmäßigem Bedarf

1.3.1 Problemstellung

1.3.2 Prognose bei konstantem Niveau

1.3.3 Prognose bei trendförmigen Niveau

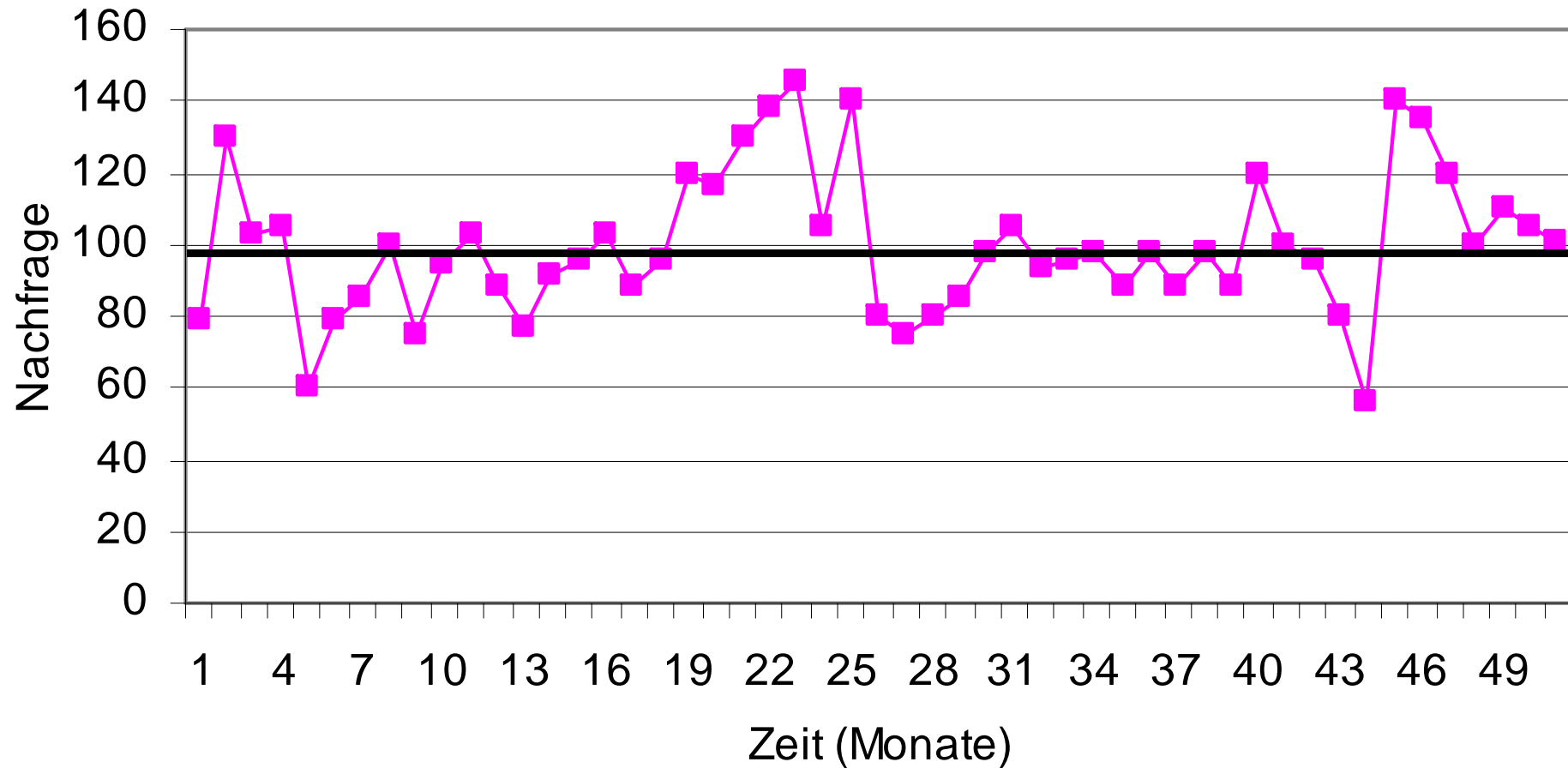
1.3.2 Prognose bei konstantem Niveau

1.3.2.1 Ausgangssituation

1.3.2.2 Verfahren des gleitenden Durchschnitts

1.3.2.3 Exponentielle Glättung erster Ordnung

Beispiel für gleichbleibenden Bedarf



Konstanter Trend mit irregulärer Schwankung (Komponente)

Prognose bei konstantem Niveau des Bedarfs

Zeitreihe schwankt unregelmäßig um ein konstantes Niveau

Prognosemodell (für Zeitreihe) $y_t = \beta_0 + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \dots$

β_0 : zu schätzender konstanter Koeffizient

ε_t : Einfluss der irregulären Komponente

Annahme:

- zufällige Größe ε_t mit dem Mittelwert $E(\varepsilon_t) = 0$ und der Varianz $V(\varepsilon_t)$ ist normalverteilt.
- Keine Autokorrelation zwischen den einzelnen Ausprägungen der irregulären Komponente in verschiedenen Perioden; d.h. die Höhe der irregulären Komponente in Periode t ist unabhängig von der Höhe der irregulären Komponente in Periode $t-1$.

Problem: Prognosefunktion durch numerische spezifizierte Beziehung schätzen

Parameter β_0 durch bestimmten numerischen Wert b_0 approximieren.

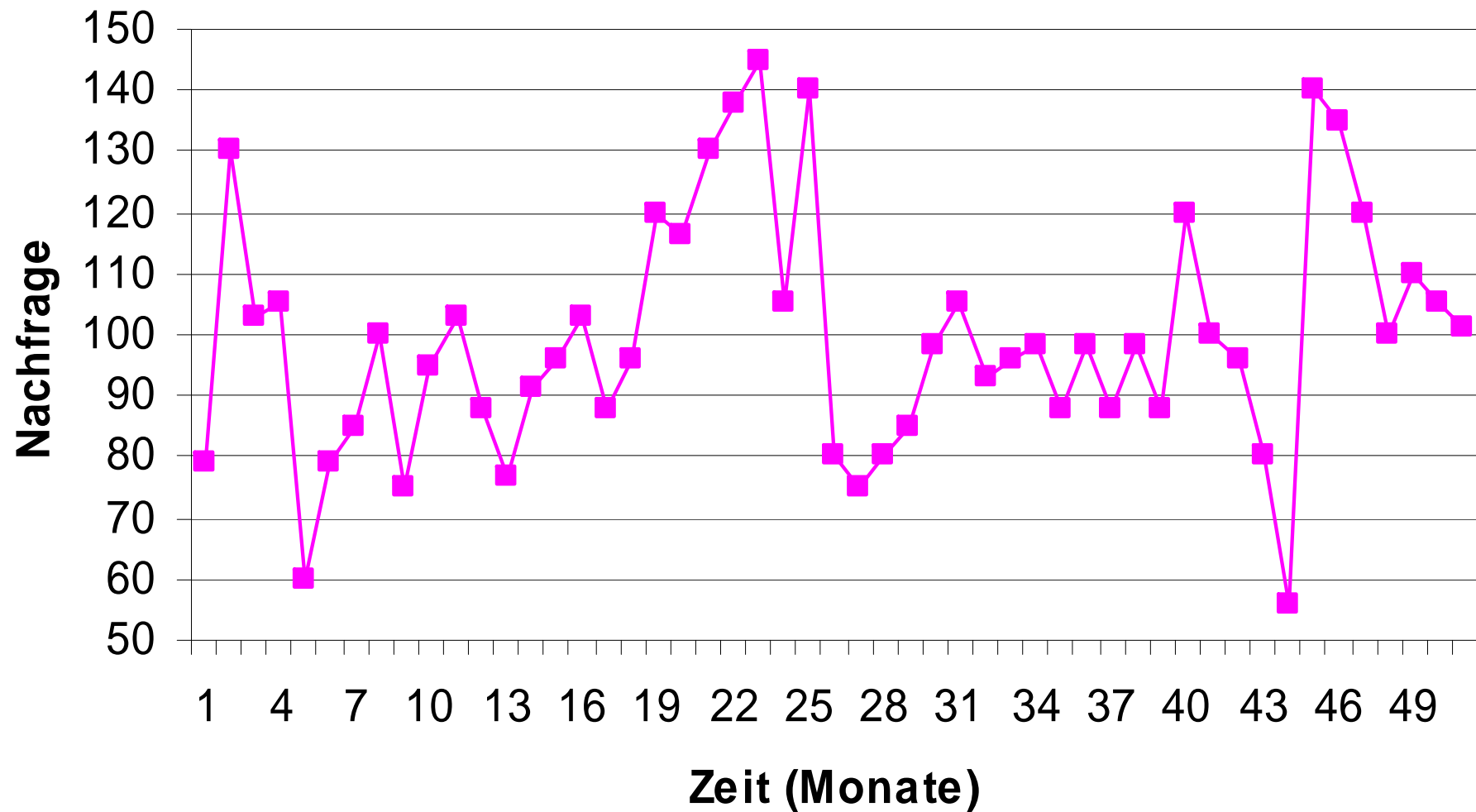
1.3.2 Prognose bei konstantem Niveau

1.3.2.1 Ausgangssituation

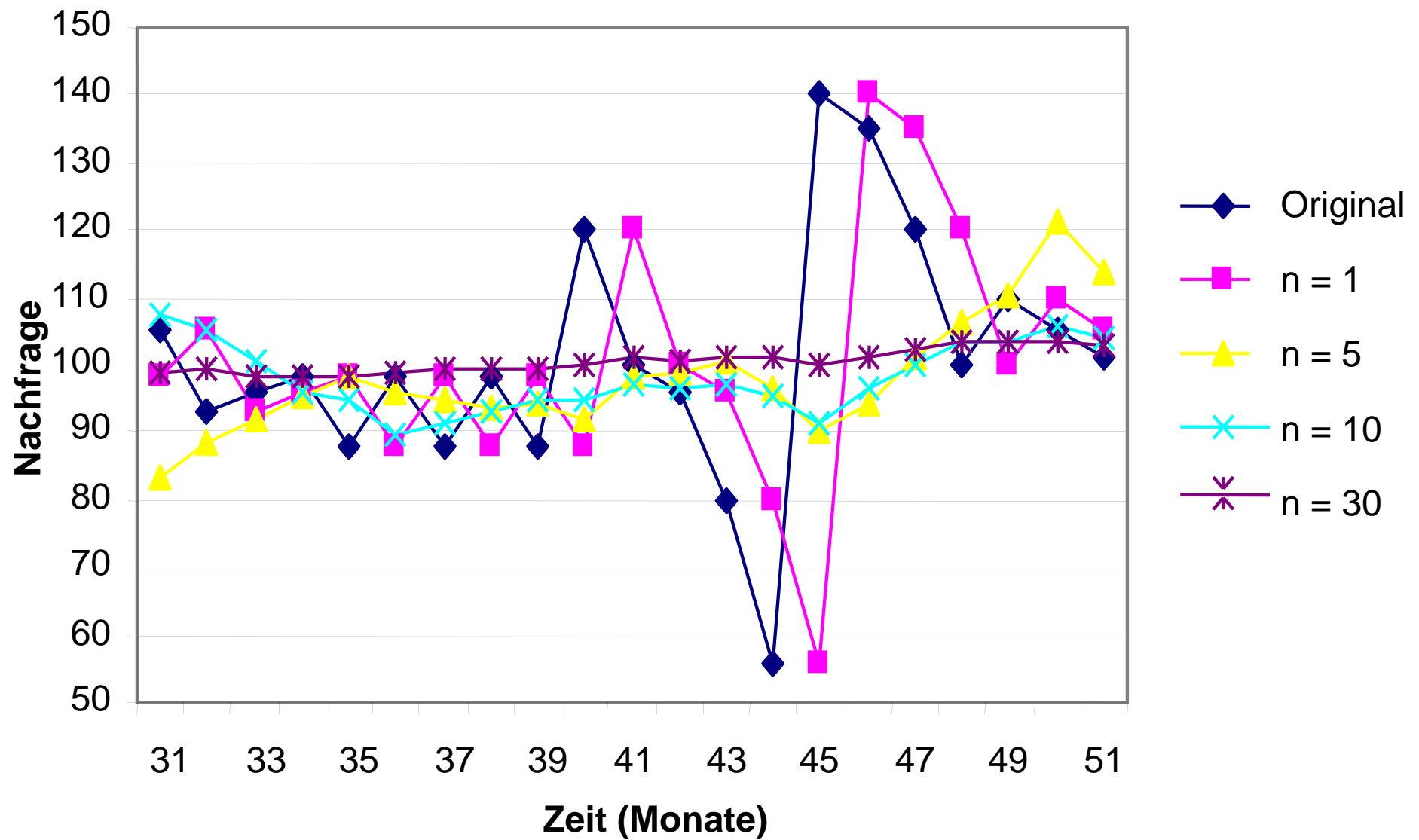
1.3.2.2 Verfahren des gleitenden Durchschnitts

1.3.2.3 Exponentielle Glättung erster Ordnung

Beispiel: Zeitreihe



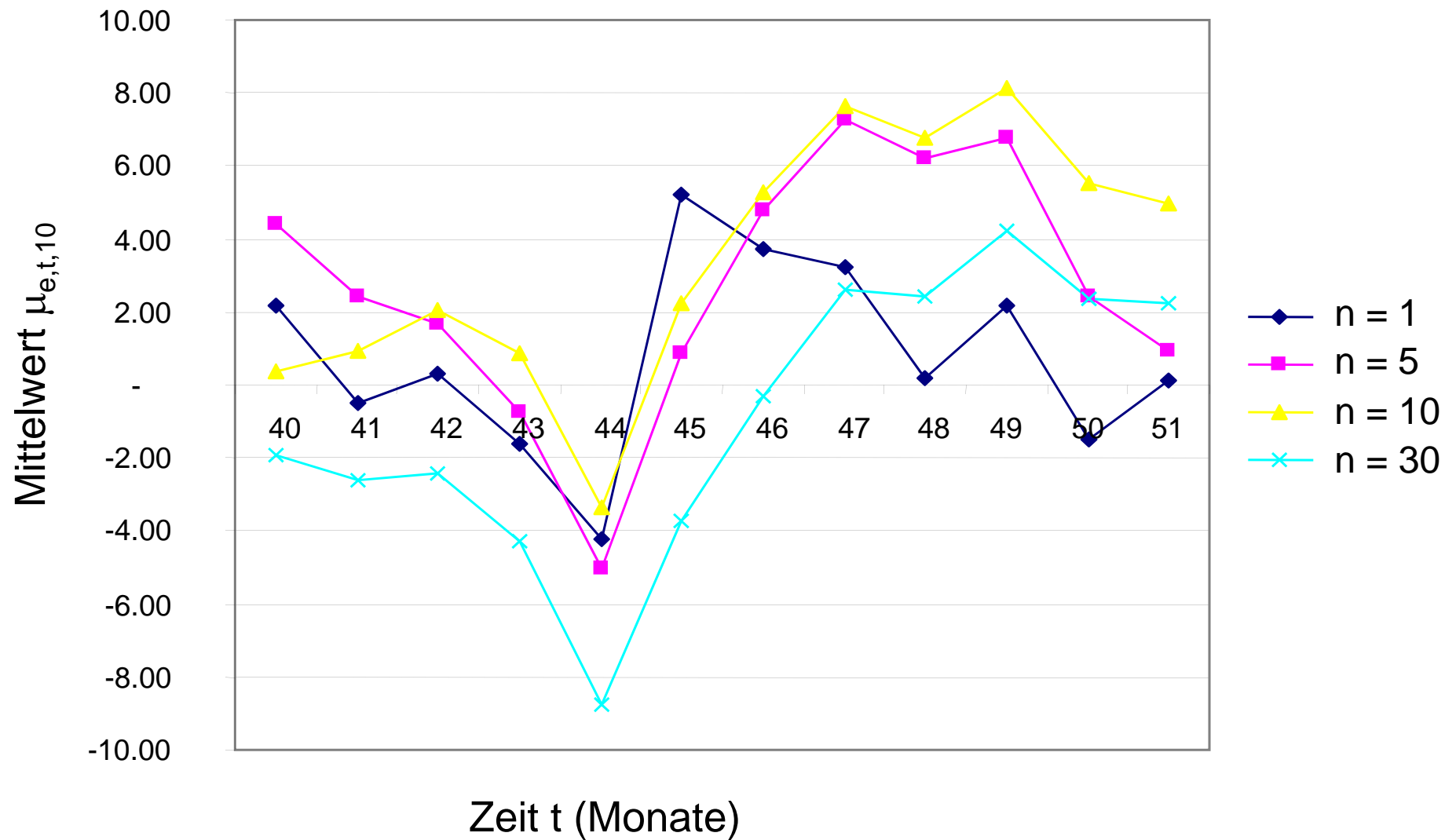
Beispielrechnung für den gleitenden Durchschnitt



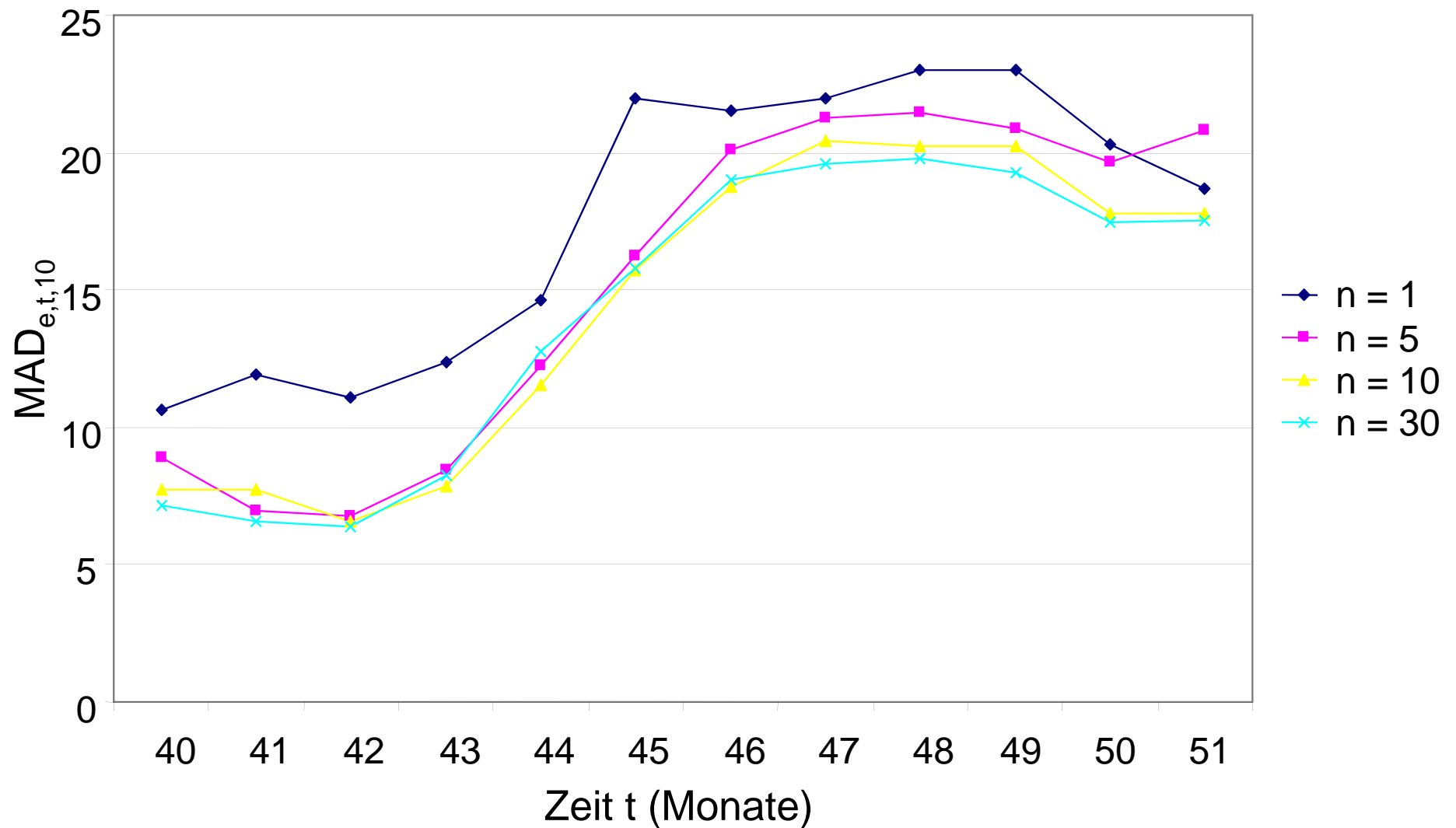
Prognose beginnt mit dem 31. Monat

Prognosefehler	p(t) mit n=1	p(t) mit n=5	p(t) mit n=10	p(t) mit n=30
Mittelwert $\mu_{e,51,21}$	0.14	2.62	2.68	0.13
Standard- abweichung $\sigma_{e,51,21}$	23.27	20.43	18.75	17.97
Mittlere absolute Abweichung $MAD_{e,51,21}$	14.91	14.24	12.29	11.78

Prognosefehler: Mittelwert



Prognosefehler: mittlere absolute Abweichung



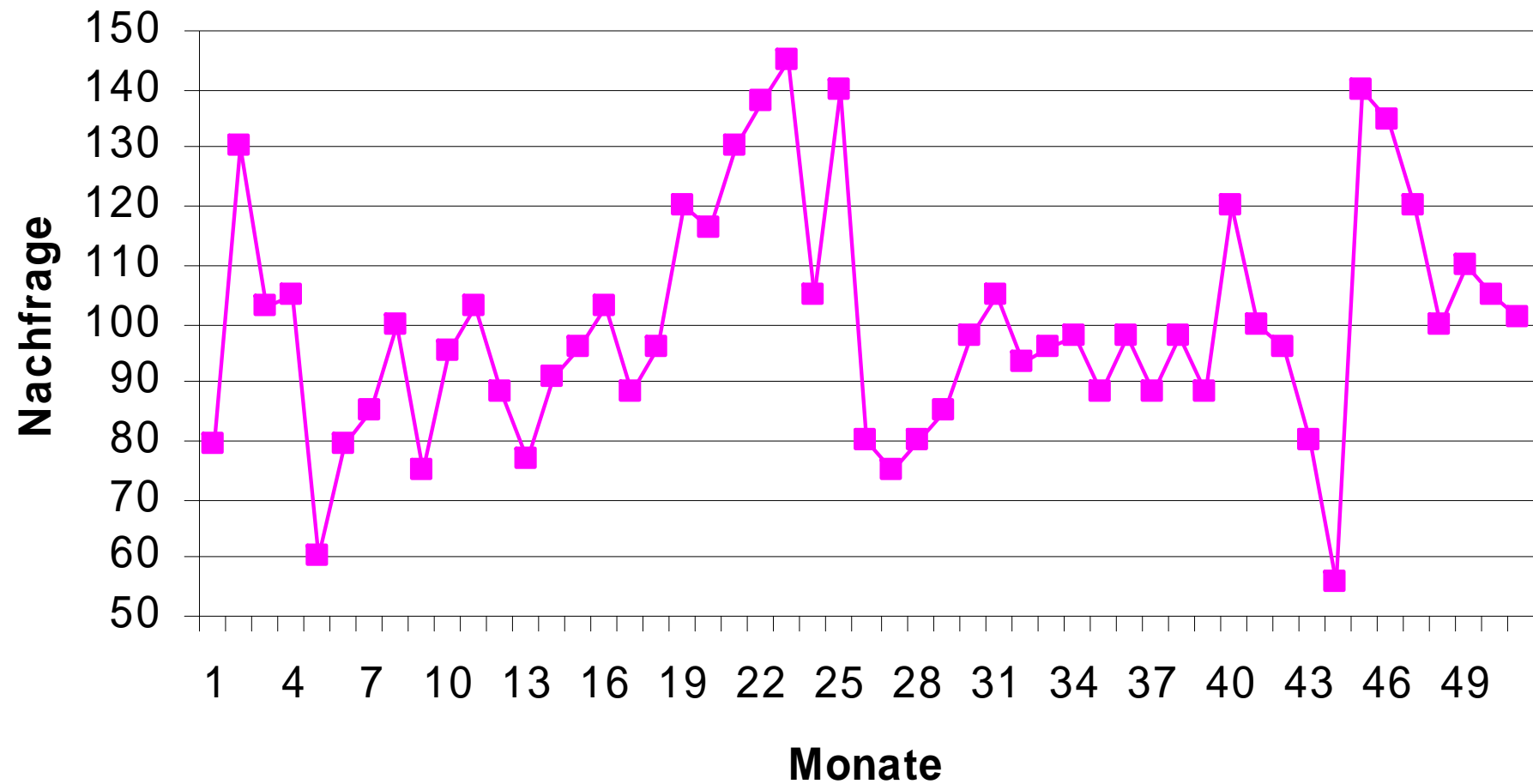
1.3.2 Prognose bei konstantem Niveau

1.3.2.1 Ausgangssituation

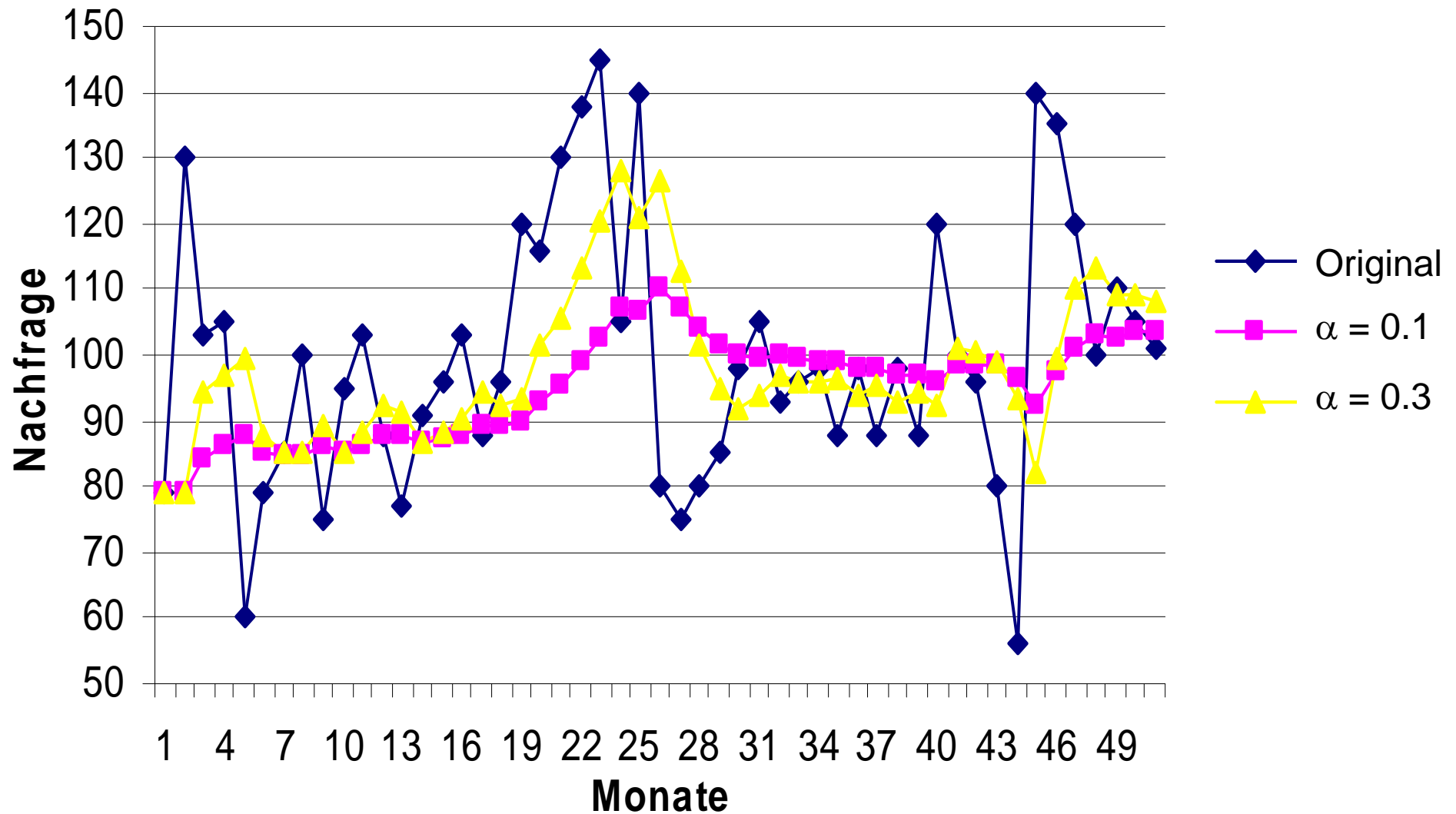
1.3.2.2 Verfahren des gleitenden Durchschnitts

1.3.2.3 Exponentielle Glättung erster Ordnung

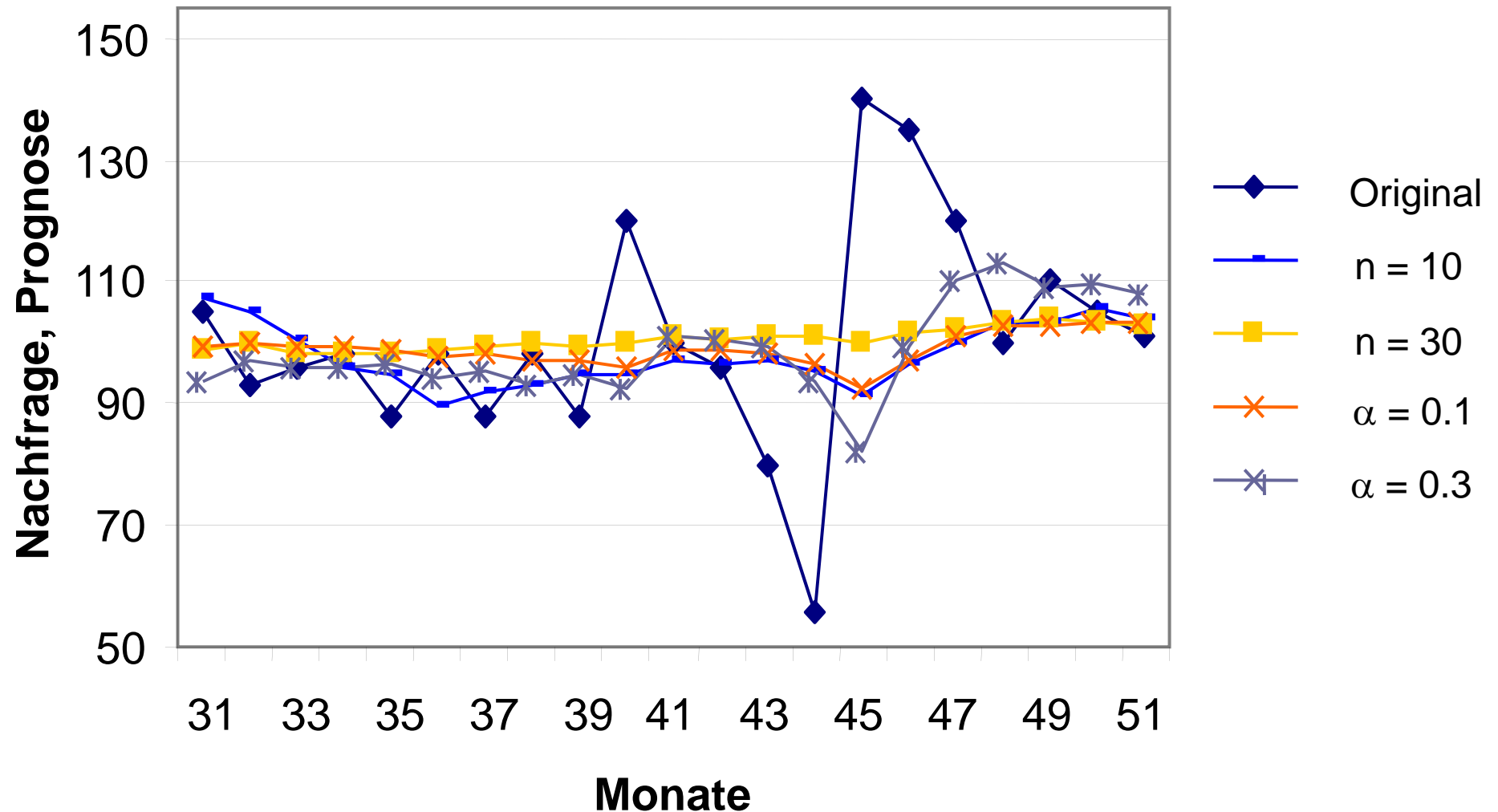
Beispiel: Zeitreihe



Gleitender Durchschnitt mit $\alpha = 0.1$ und $\alpha = 0.3$



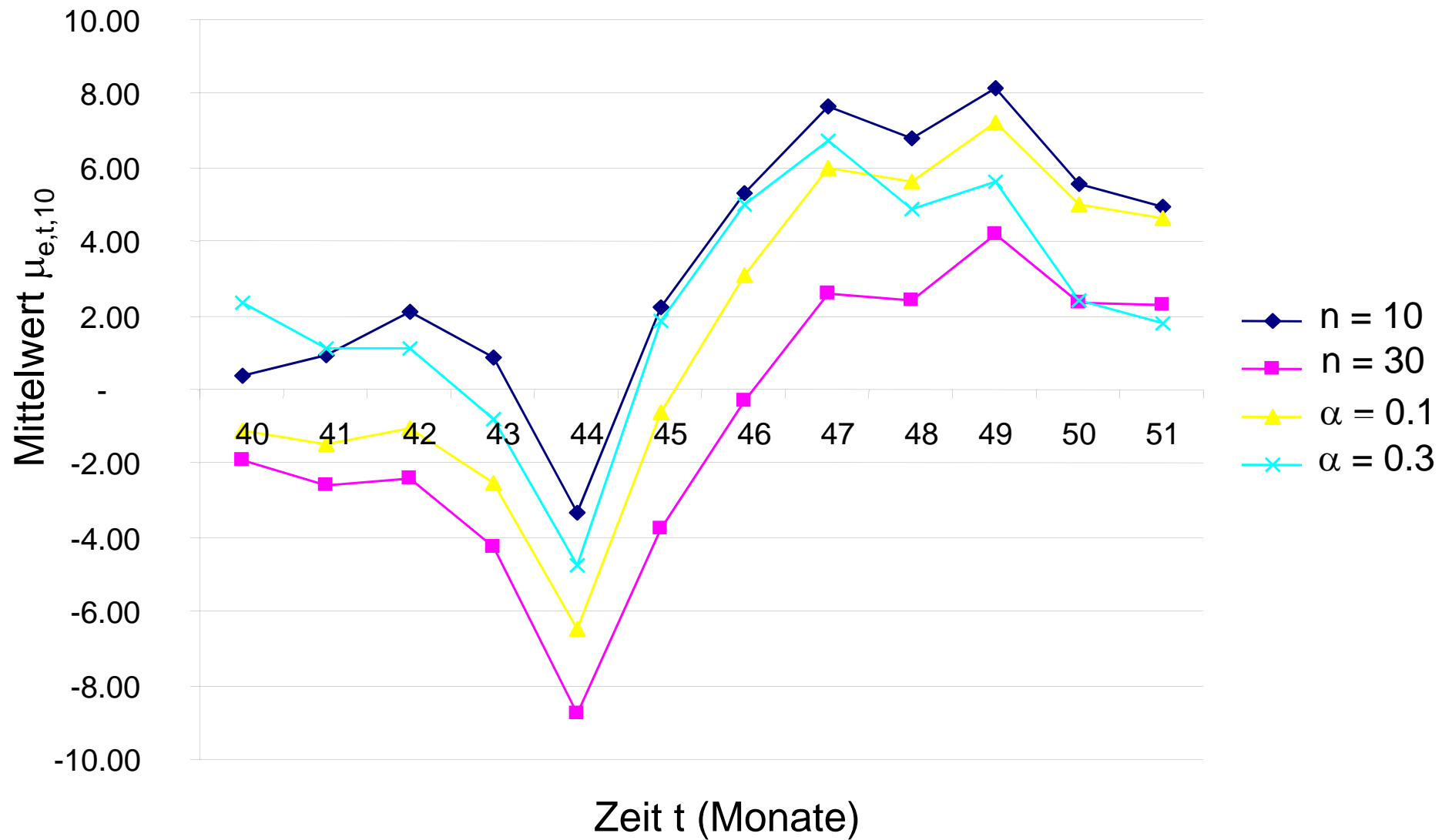
Beispielrechnung für den gleitenden Durchschnitt



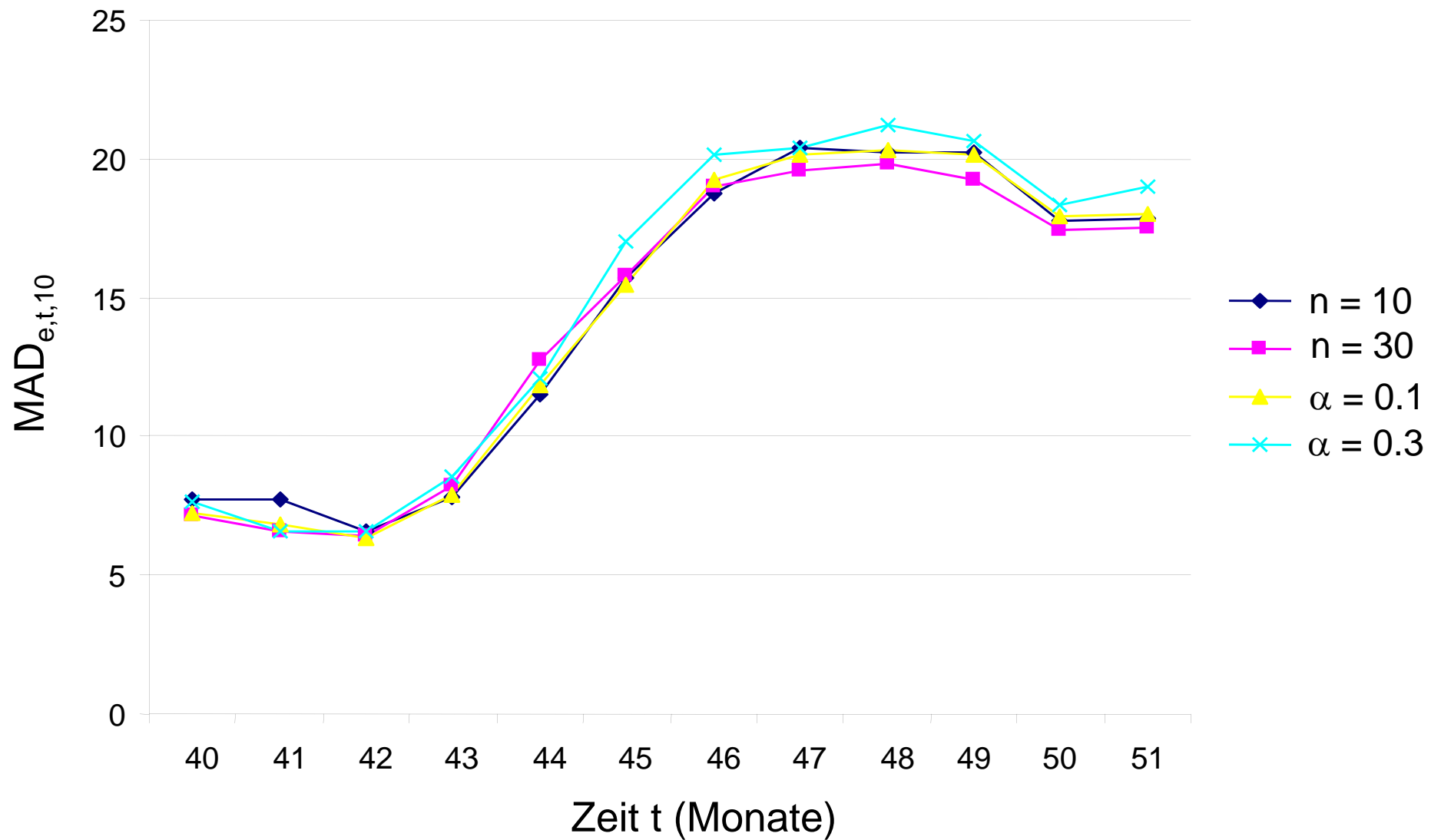
Prognose beginnt mit dem 31. Monat

Prognosefehler	p(t) mit n=1	p(t) mit n=5	p(t) mit n=10	p(t) mit n=30	p(t) mit $\alpha = 0.1$	p(t) mit $\alpha = 0.3$
Mittelwert $\mu_{e,51,21}$	0.14	2.62	2.68	0.13	1.74	1.93
Standard- abweichung $\sigma_{e,51,21}$	23.27	20.43	18.75	19.95	18.72	19.69
Mittlere absolute Abweichung $MAD_{e,51,21}$	14.91	14.24	12.29	11.78	12.09	12.70

Prognosefehler: Mittelwert



Prognosefehler: mittlere absolute Abweichung



1.3 Prognose bei regelmäßigem Bedarf

1.3.1 Problemstellung

1.3.2 Prognose bei konstantem Niveau

1.3.3 Prognose bei trendförmigen Niveau

1.3.3 Prognose bei trendförmigen Niveau

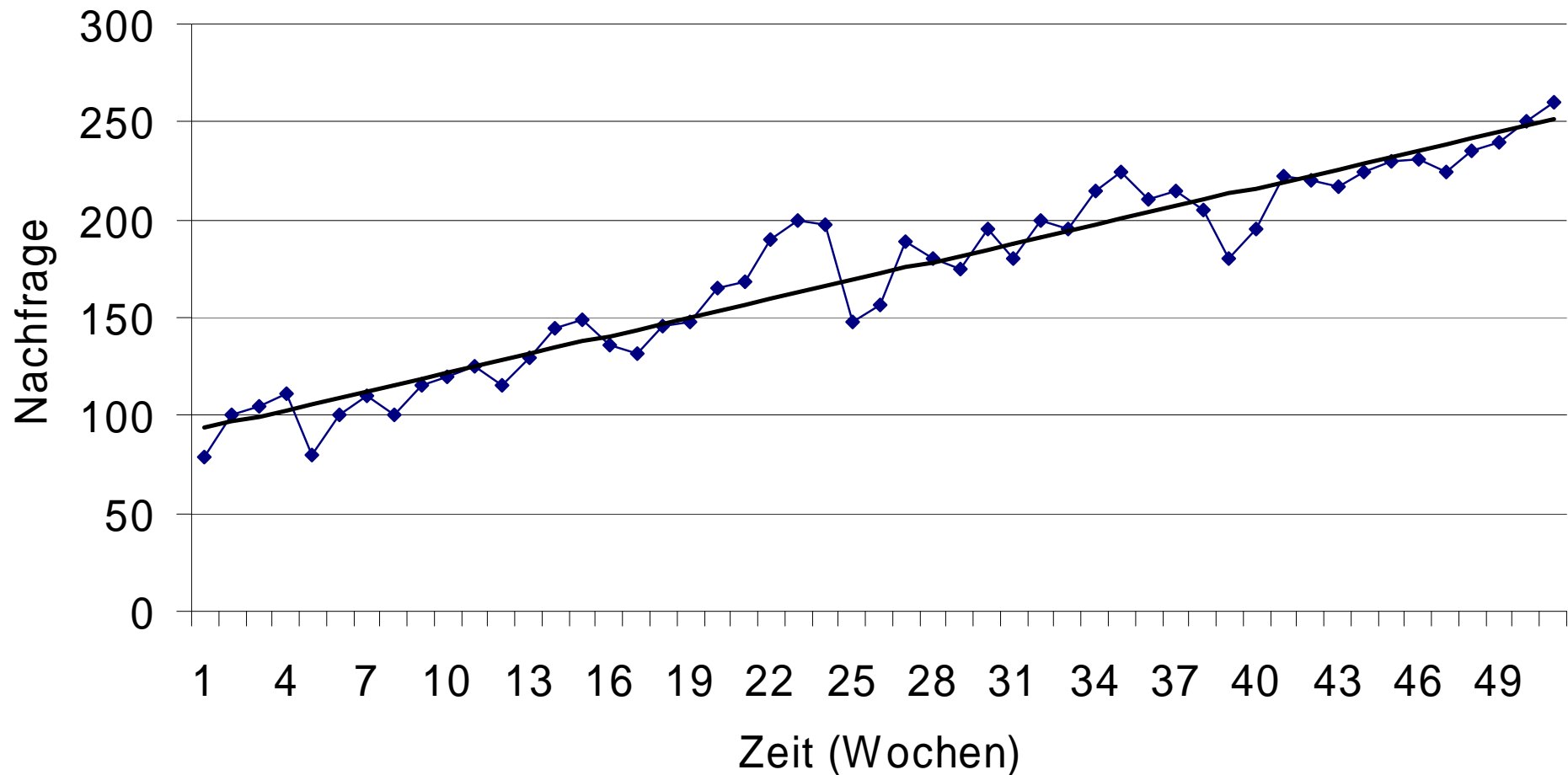
1.3.3.1 Grundlagen

1.3.3.2 Lineare Regressionsrechnung

1.3.3.3 Exponentielle Glättung zweiter Ordnung

1.3.3.4 Verfahren von Holt

Beispielhaft: Trendförmiger Bedarf



Linearer Trend mit irregulärer Schwankung (Komponente)

1.3.3 Prognose bei trendförmigen Niveau

1.3.3.1 Grundlagen

1.3.3.2 Lineare Regressionsrechnung

1.3.3.3 Exponentielle Glättung zweiter Ordnung

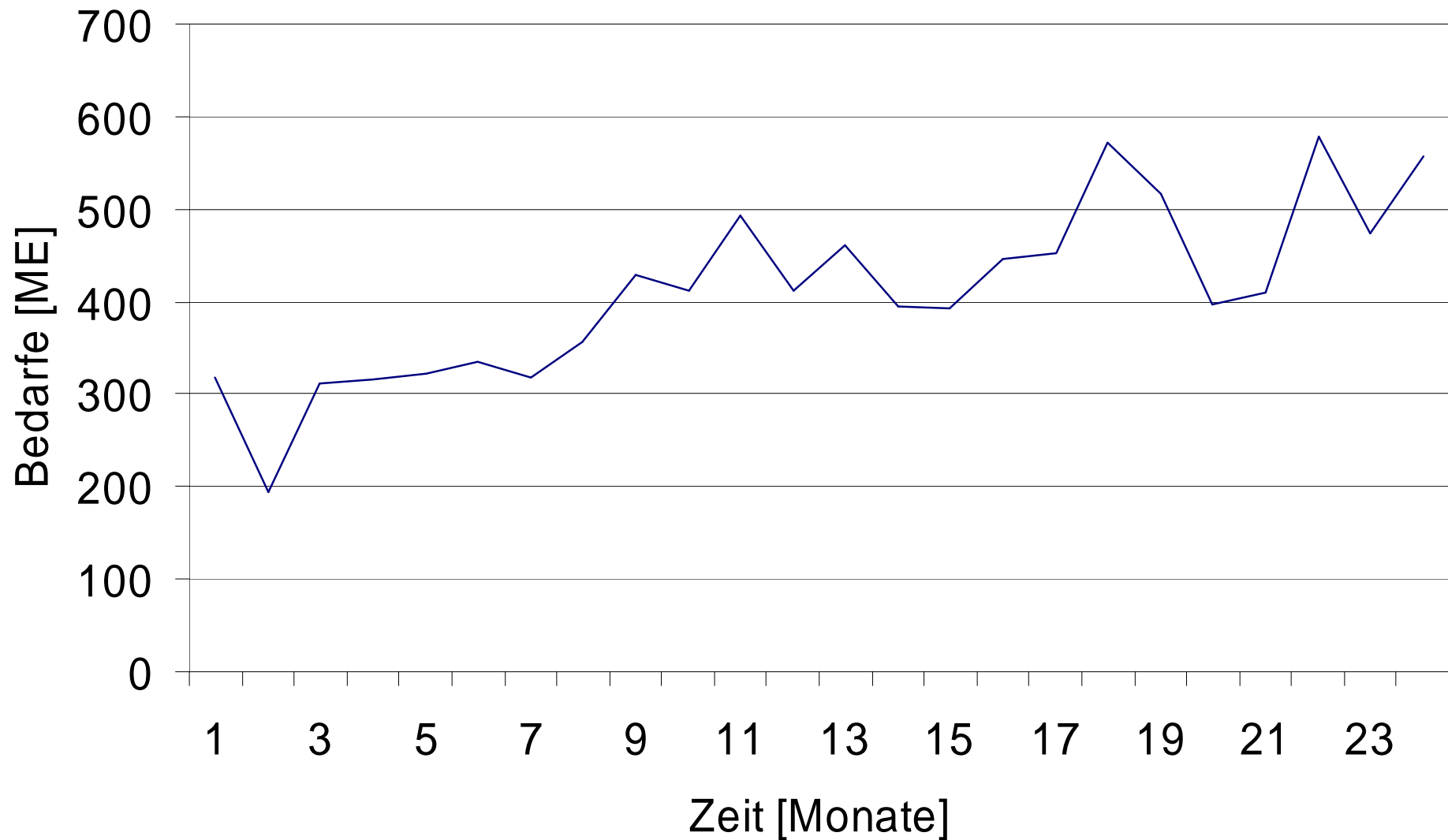
1.3.3.4 Verfahren von Holt

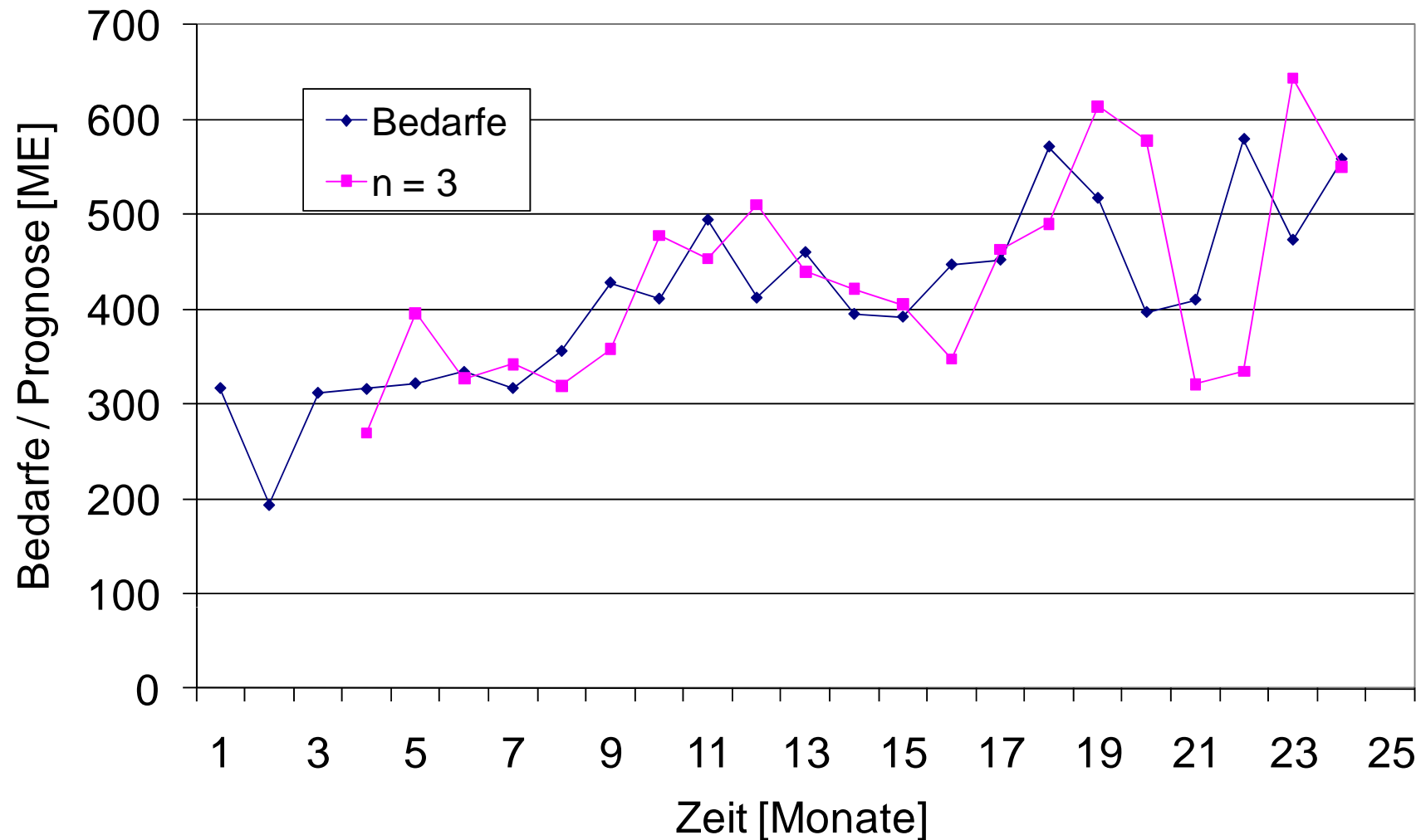
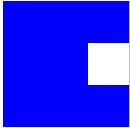
Bedarfwerte eines Produkts in den Jahren 1997-1998 ($t=1, \dots, 24$)

1. ex-post Prognose bis Periode 24 (mit bekannten Daten)
2. ab Periode 24: echte ex-ante Prognose

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y_t	317	194	312	316	322	334	317	356	428	411	494	412

t	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y_t	460	395	392	447	452	571	517	397	410	579	473	558





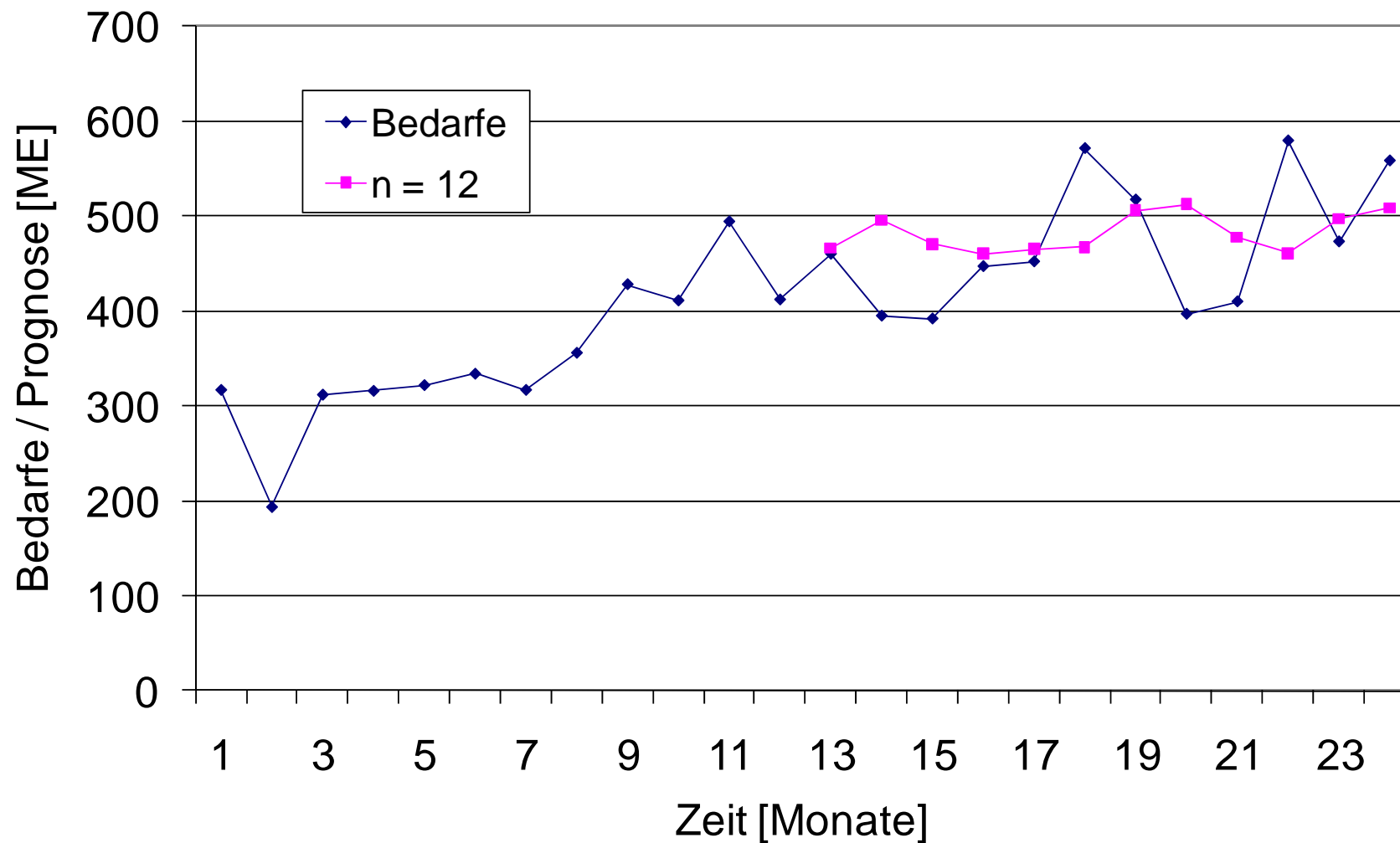
Mittelwert: $\mu_{e,24,21} = -1,03$

Standardabweichung: $\sigma_{e,24,21} = 96,84$

$MAD_{e,24,21} = 71,79$

t	y(t)	\bar{y}	b(1,t)	b(0,t)	p(t)	e(t)
1	317					
2	194					
3	312	274,33	-2,5	279,33		
4	316	274	61	152	269,33	46,67
5	322	316,67	5	306,67	396	-74
6	334	324	9	306	326,67	7,33
7	317	324,33	-2,5	329,33	342	-25
8	356	335,67	11	313,67	319,33	36,67
9	428	367	55,5	256	357,67	70,33
10	411	398,33	27,5	343,33	478	-67
11	494	444,33	33	378,33	453,33	40,67
12	412	439	0,5	438	510,33	-98,33

t	y(t)	\bar{y}	b(1,t)	b(0,t)	p(t)	e(t)
13	460	455,33	-17	489,33	440	20
14	395	422,33	-8,5	439,33	421,33	-26,33
15	392	415,67	-34	483,67	405,33	-13,33
16	447	411,33	26	359,33	347,67	99,33
17	452	430,33	30	370,33	463,33	-11,33
18	571	490	62	366	490,33	80,67
19	517	513,33	32,5	448,33	614	-97
20	397	495	-87	669	578,33	-181,33
21	410	441,33	-53,5	548,33	321	89
22	579	462	91	280	334,33	244,67
23	473	487,33	31,5	424,33	644	-171
24	558	536,67	-10,5	557,67	550,33	7,67



Mittelwert: $\mu_{e,24,12} = -11,56$

Standardabweichung: $\sigma_{e,24,12} = 74,33$

$MAD_{e,24,12} = 58,46$

t	y(t)	\bar{y}	b(1,t)	b(0,t)	p(t)	e(t)
13	460	363	20,41	230,32	466,61	-6,61
14	395	379,75	13,96	289	495,68	-100,68
15	392	386,42	11,35	312,62	470,5	-78,5
16	447	397,33	10,48	329,2	460,21	-13,21
17	452	408,17	9,16	348,62	465,47	-13,47
18	571	427,92	12,05	349,58	467,71	103,29
19	517	444,58	10,44	376,74	506,26	10,74
20	397	448	4,58	418,23	512,42	-115,42
21	410	446,5	2,21	432,14	477,77	-67,77
22	579	460,5	5,69	423,5	460,86	118,14
23	473	458,75	7,7	408,73	497,5	-24,5
24	558	470,92	9,39	409,89	508,77	49,23

1.3.3 Prognose bei trendförmigen Niveau

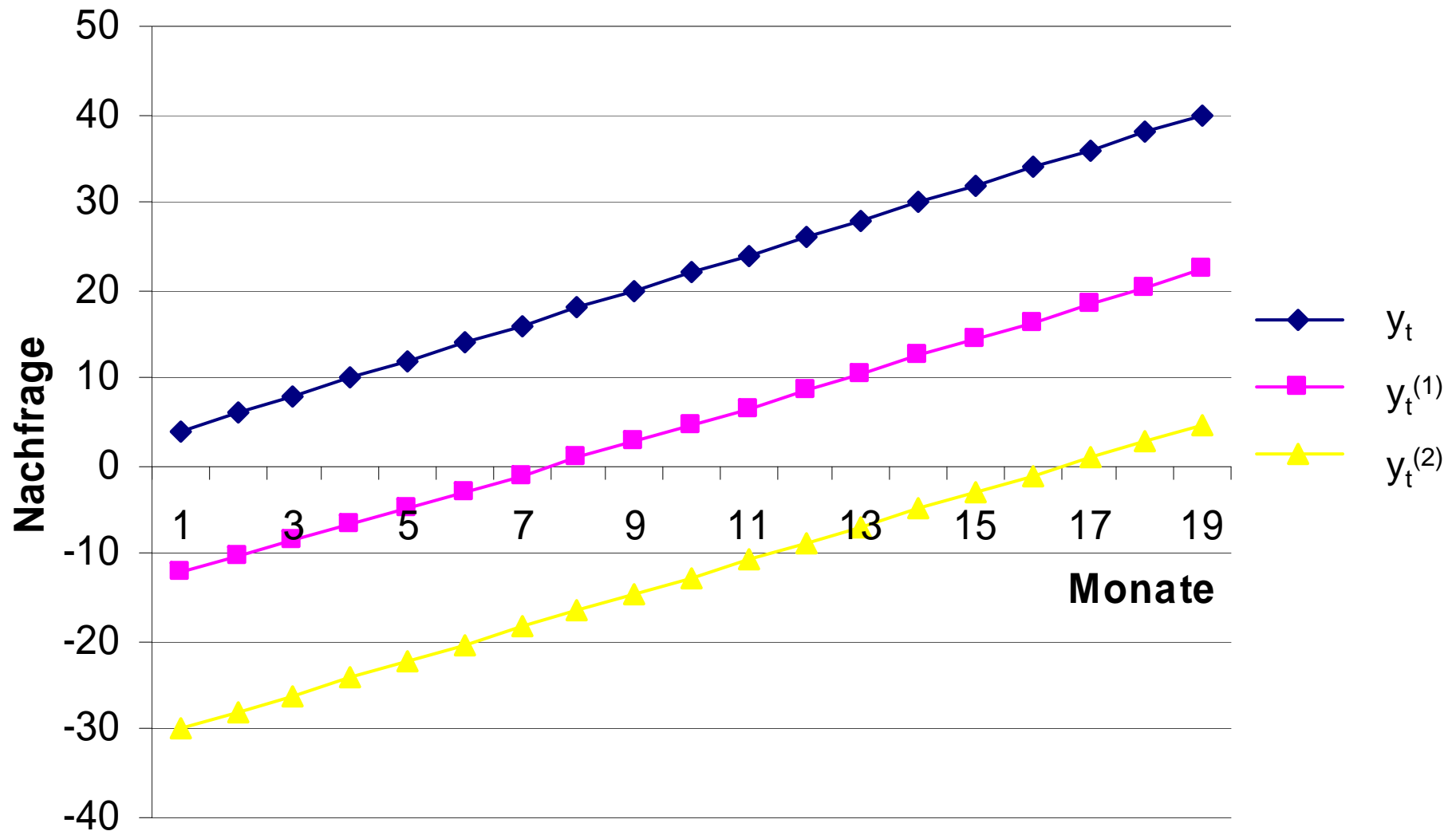
1.3.3.1 Grundlagen

1.3.3.2 Lineare Regressionsrechnung

1.3.3.3 Exponentielle Glättung zweiter Ordnung

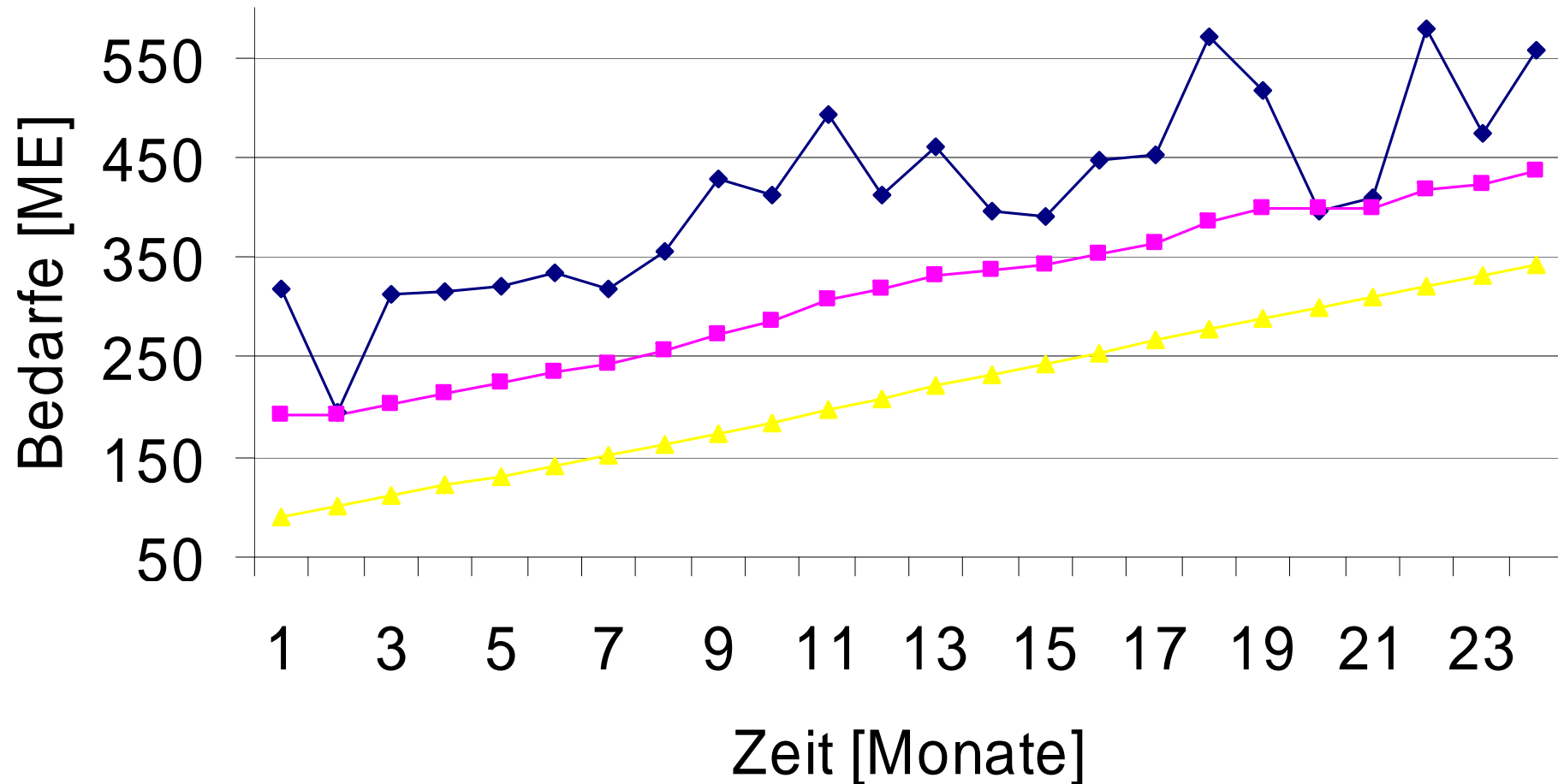
1.3.3.4 Verfahren von Holt

Beispiel einer Zeitreihe mit einem störungsfreien linearen Verlauf



Realistisches Anwendungsbeispiel

Parameter: $\alpha = 0.1$, Achsenabschnitt 275 und Steigung 10.88



—◆— Beobachtung

—■— Durchschnitt
1. Ordnung

—▲— Durchschnitt
2. Ordnung

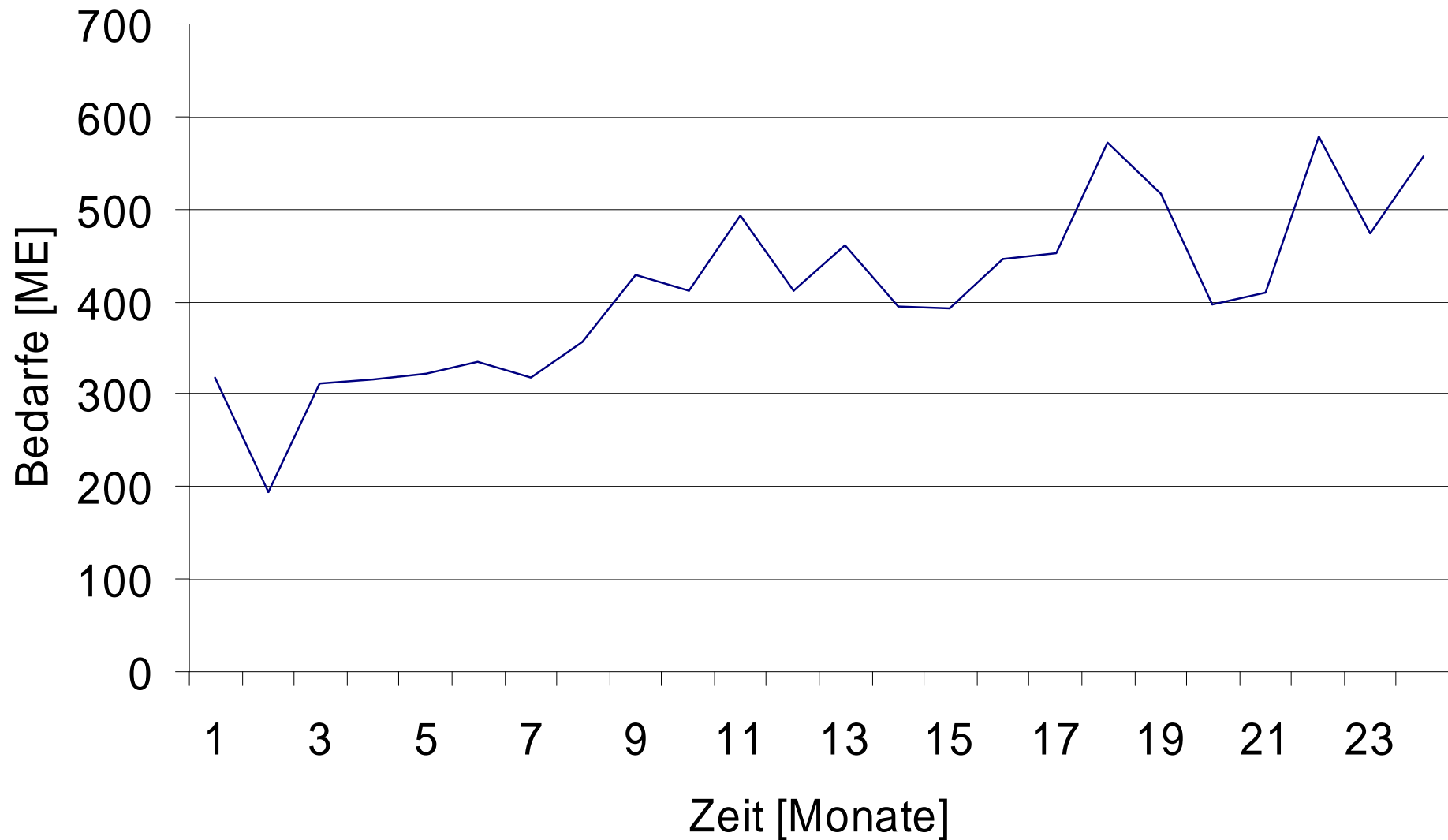


Bedarfwerte eines Produkts in den Jahren 1997-1998 ($t=1, \dots, 24$)

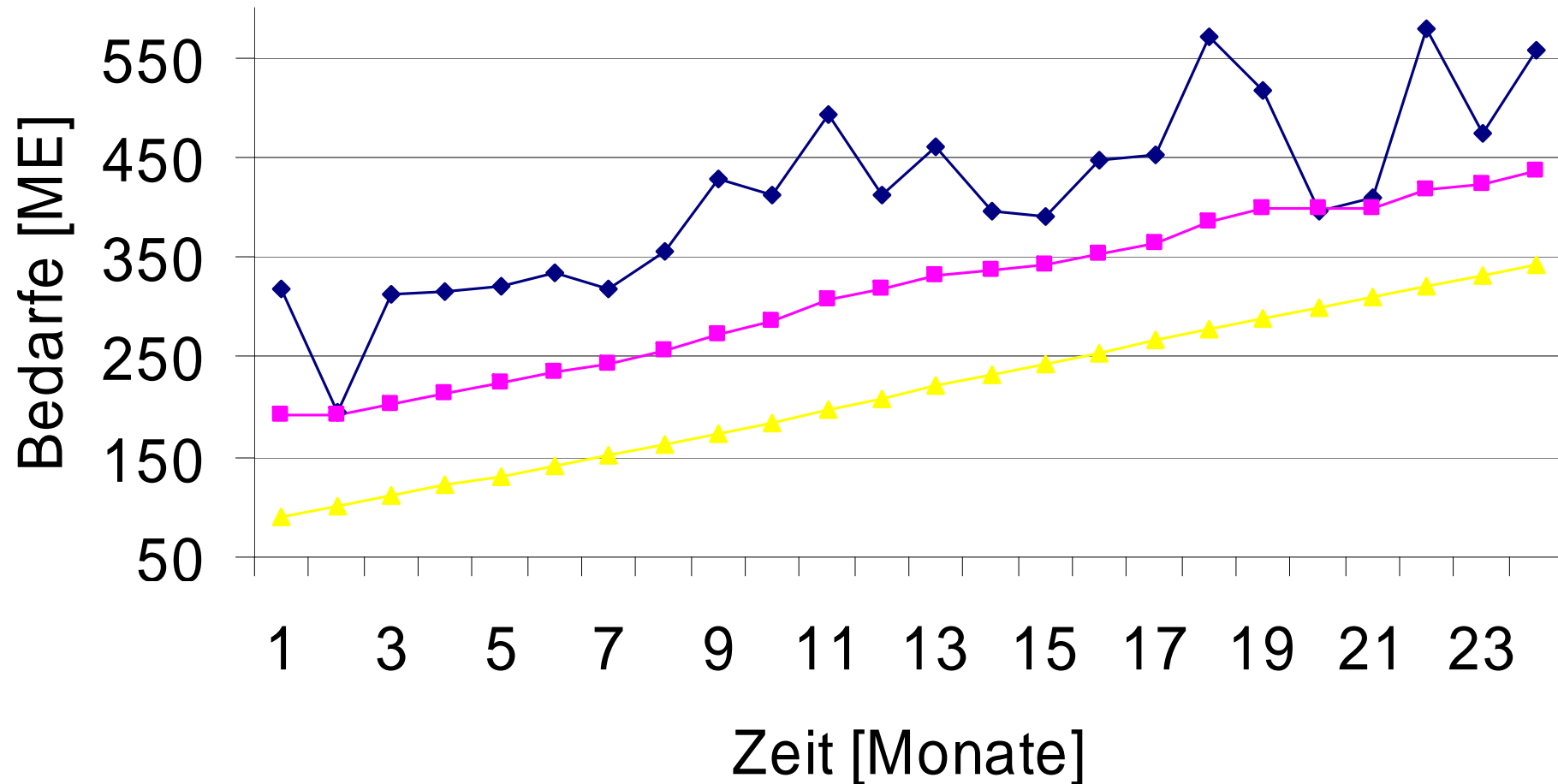
1. ex-post Prognose bis Periode 24 (mit bekannten Daten)
2. ab Periode 24: echte ex-ante Prognose

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y_t	317	194	312	316	322	334	317	356	428	411	494	412

t	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y_t	460	395	392	447	452	571	517	397	410	579	473	558



Parameter: $\alpha = 0.1$, Achsenabschnitt 275 und Steigung 10.88



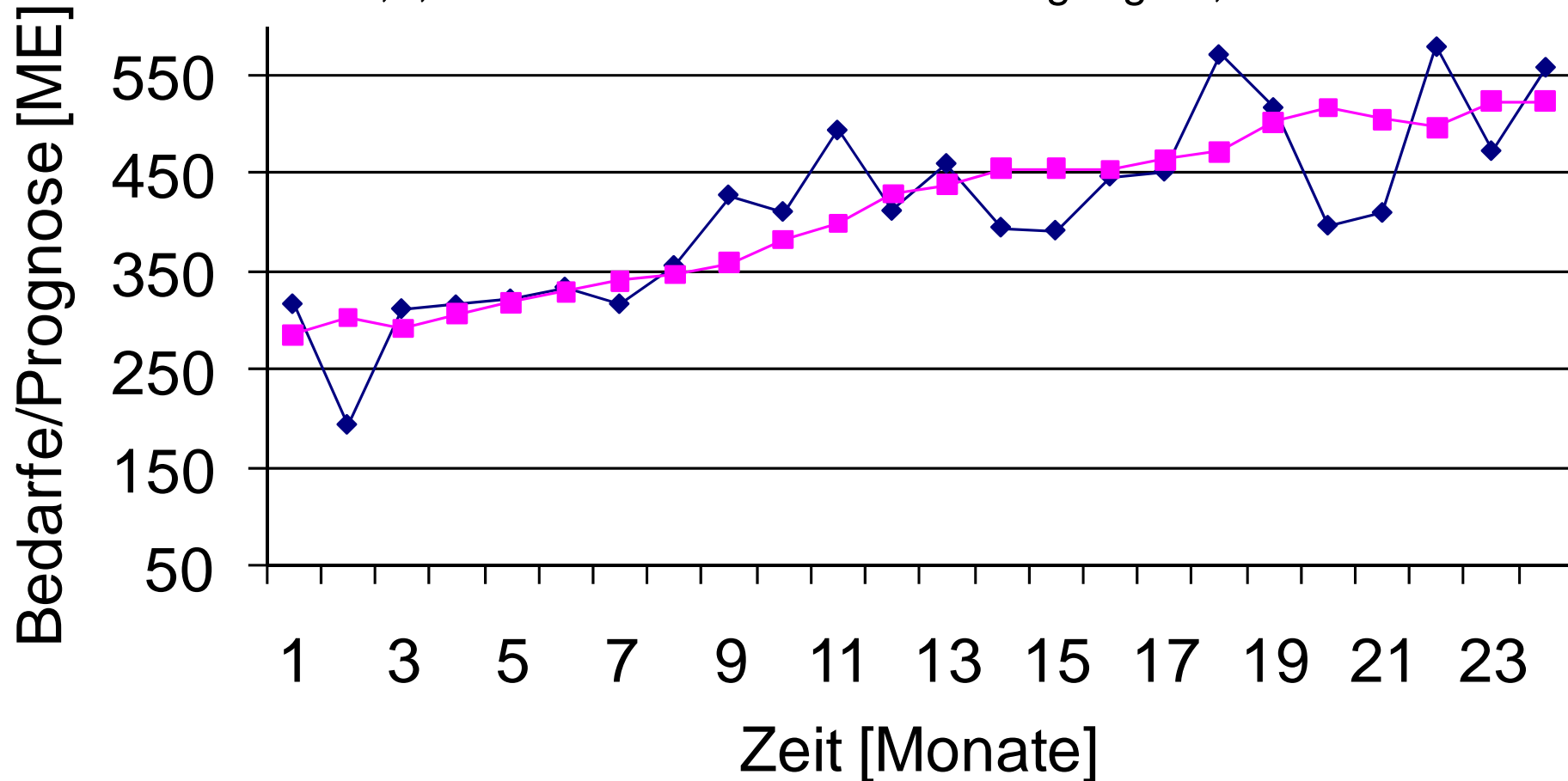
—◆— Beobachtung

—■— Durchschnitt
1. Ordnung

—▲— Durchschnitt
2. Ordnung



Parameter: $\alpha = 0,1$, Achsenabschnitt 275 und Steigung 10,88



—◆— Beobachtung

—■— Prognose

Mittelwert: $\mu_{e,24,24} = -1,67$ Standardabweichung: $\sigma_{e,24,24} = 59,33$



Periode	Nachfrage	Prognose					
t	y _t	y _t ⁽¹⁾	y _t ⁽²⁾	b _t ⁽¹⁾	a _t ⁽¹⁾	p _t	e _t
0		177.08	79.16	10.88	275		
1	317	191.07	90.35	11.19	291.79	285.88	31.12
2	194	191.36	100.45	10.10	282.28	302.98	-108.98
3	312	203.43	110.75	10.30	296.11	292.38	19.62
4	316	214.69	121.14	10.39	308.23	306.40	9.60
5	322	225.42	131.57	10.43	319.26	318.62	3.38
6	334	236.28	142.04	10.47	330.51	329.69	4.31
7	317	244.35	152.27	10.23	336.42	340.98	-23.98
8	356	255.51	162.60	10.32	348.43	346.65	9.35
9	428	272.76	173.61	11.02	371.91	358.75	69.25
10	411	286.59	184.91	11.30	388.26	382.93	28.07
11	494	307.33	197.15	12.24	417.50	399.56	94.44

Periode	Nachfrage	Prognose					
t	y _t	y _t ⁽¹⁾	y _t ⁽²⁾	b _t ⁽¹⁾	a _t ⁽¹⁾	p _t	e _t
12	412	317.79	209.22	12.06	426.37	429.74	-17.74
13	460	332.01	221.50	12.28	442.53	438.44	21.56
14	395	338.31	233.18	11.68	443.45	454.81	-59.81
15	392	343.68	244.23	11.05	443.14	455.13	-63.13
16	447	354.01	255.21	10.98	452.82	454.19	-7.19
17	452	363.81	266.07	10.86	461.56	463.80	-11.80
18	571	384.53	277.91	11.85	491.15	472.42	98.58
19	517	397.78	289.90	11.99	505.66	503.00	14.00
20	397	397.70	300.68	10.78	494.72	517.64	-120.64
21	410	398.93	310.51	9.83	487.36	505.50	-95.50
22	579	416.94	321.15	10.64	512.73	497.18	81.82
23	473	422.54	331.29	10.14	513.80	523.37	-50.37
24	558	436.09	341.77	10.48	530.41	523.94	34.06
25						540.89	

1.3.3 Prognose bei trendförmigen Niveau

1.3.3.1 Grundlagen

1.3.3.2 Lineare Regressionsrechnung

1.3.3.3 Exponentielle Glättung zweiter Ordnung

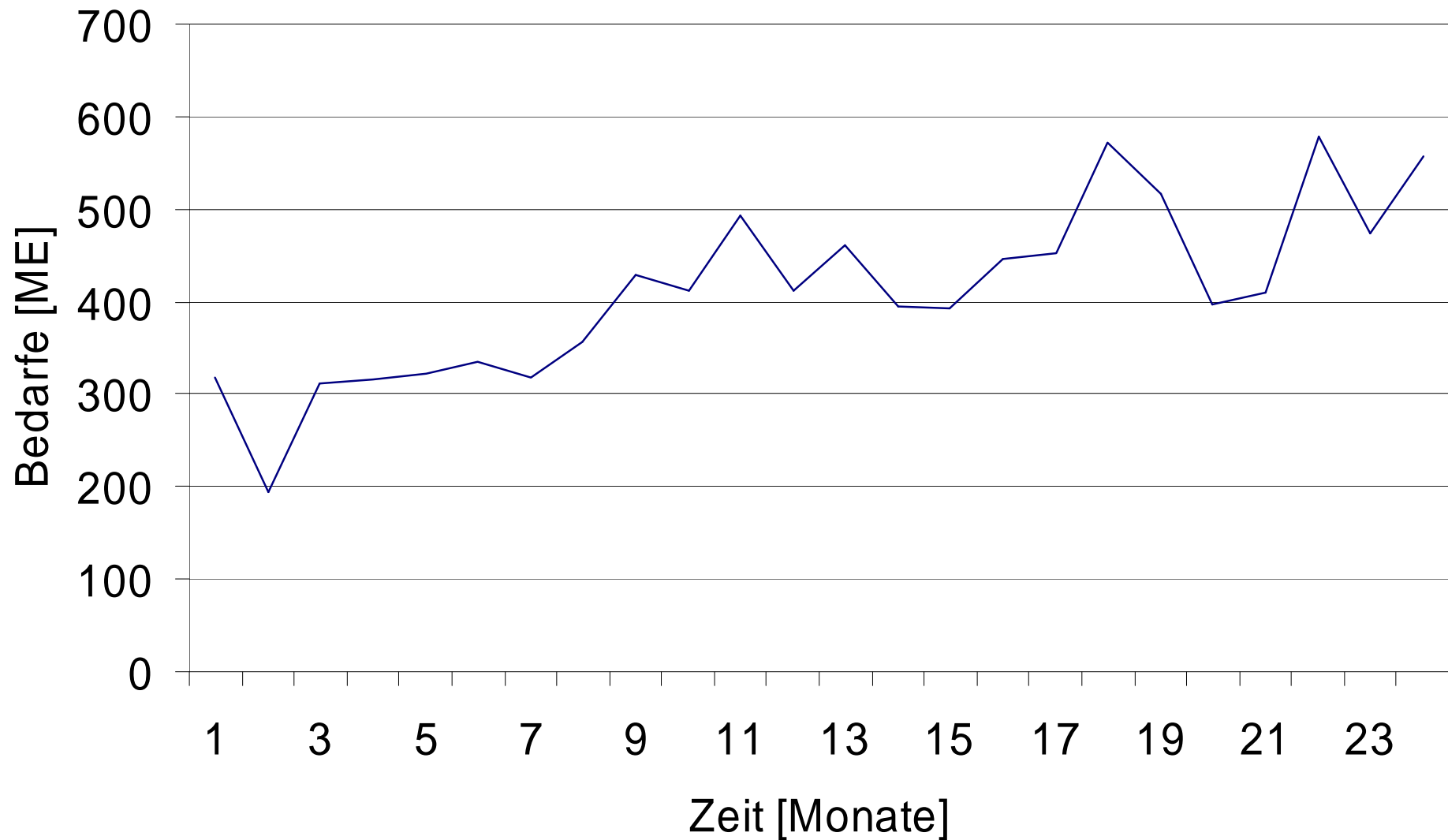
1.3.3.4 Verfahren von Holt

Bedarfwerte eines Produkts in den Jahren 1997-1998 ($t=1,\dots,24$)

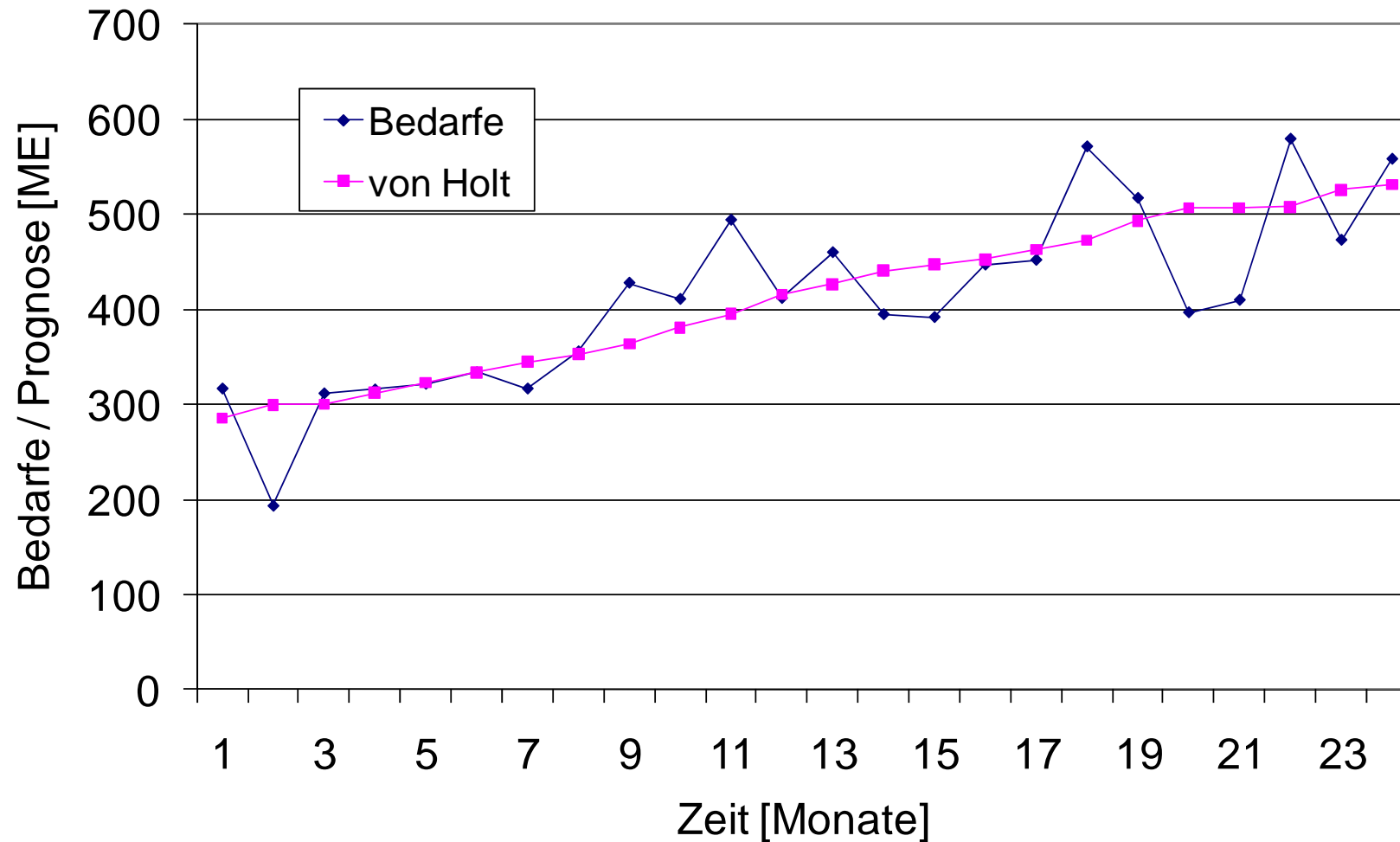
1. ex-post Prognose bis Periode 24 (mit bekannten Daten)
2. ab Periode 24: echte ex-ante Prognose

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y_t	317	194	312	316	322	334	317	356	428	411	494	412

t	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
y_t	460	395	392	447	452	571	517	397	410	579	473	558



Parameter: $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,01$, Achsenabschnitt 275 und Steigung 10,88



Mittelwert: $\mu_{e,24,24} = -0,9$

Standardabweichung: $\sigma_{e,24,24} = 56,93$

Vergleich mit exponentieller Glättung 2. Ordnung 4/4

		Exponentielle Glättung			Verfahren von Holt					
		2. Ordnung mit $\alpha = 0,1$			$\alpha = 0,1$ und $\beta = 0,01$			$\alpha = 0,1$ und $\beta = 0,1$		
t	y_t	a_t	b_t	p_t	a_t	b_t	p_t	a_t	b_t	p_t
1	317	291,79	11,19	285,88	288,99	10,91	285,88	288,99	11,19	285,88
2	194	282,28	10,1	302,98	289,31	10,81	299,9	289,56	10,13	300,18
3	312	296,11	10,3	292,38	301,31	10,82	300,12	300,92	10,25	299,69
4	316	308,23	10,39	306,4	312,51	10,82	312,12	311,66	10,3	311,18
5	322	319,26	10,43	318,62	323,2	10,82	323,33	321,96	10,3	321,96
6	334	330,51	10,47	329,69	334,02	10,82	334,02	332,44	10,32	332,27
7	317	336,42	10,23	340,98	342,05	10,79	344,84	340,18	10,06	342,76
8	356	348,43	10,32	346,65	353,16	10,79	352,84	350,82	10,12	350,24
9	428	371,91	11,02	358,75	370,36	10,86	363,95	367,64	10,79	360,94
10	411	388,26	11,3	382,93	384,2	10,89	381,22	381,69	11,11	378,43

1 Prognoseverfahren

1.1 Zielsetzung

1.2 Bedarfsverlauf von Verbrauchsfaktoren

1.3 Prognose bei regelmäßigen Bedarf

1.4 Prognosemodelle in Standard-ERP-Software

1.5 Ausblick

- Kopieren der alten Verbräuche mit Multiplikator (49%)
- Einfacher Mittelwert (53%)
- Gleitender Mittelwert (47%)
- Exponentielle Glättung erster Ordnung (51%)
- Exponentielle Glättung zweiter Ordnung (36%)
- Lineare Regression (25 %)
- Verfahren nach Winters (17%)

1 Prognoseverfahren

1.1 Zielsetzung

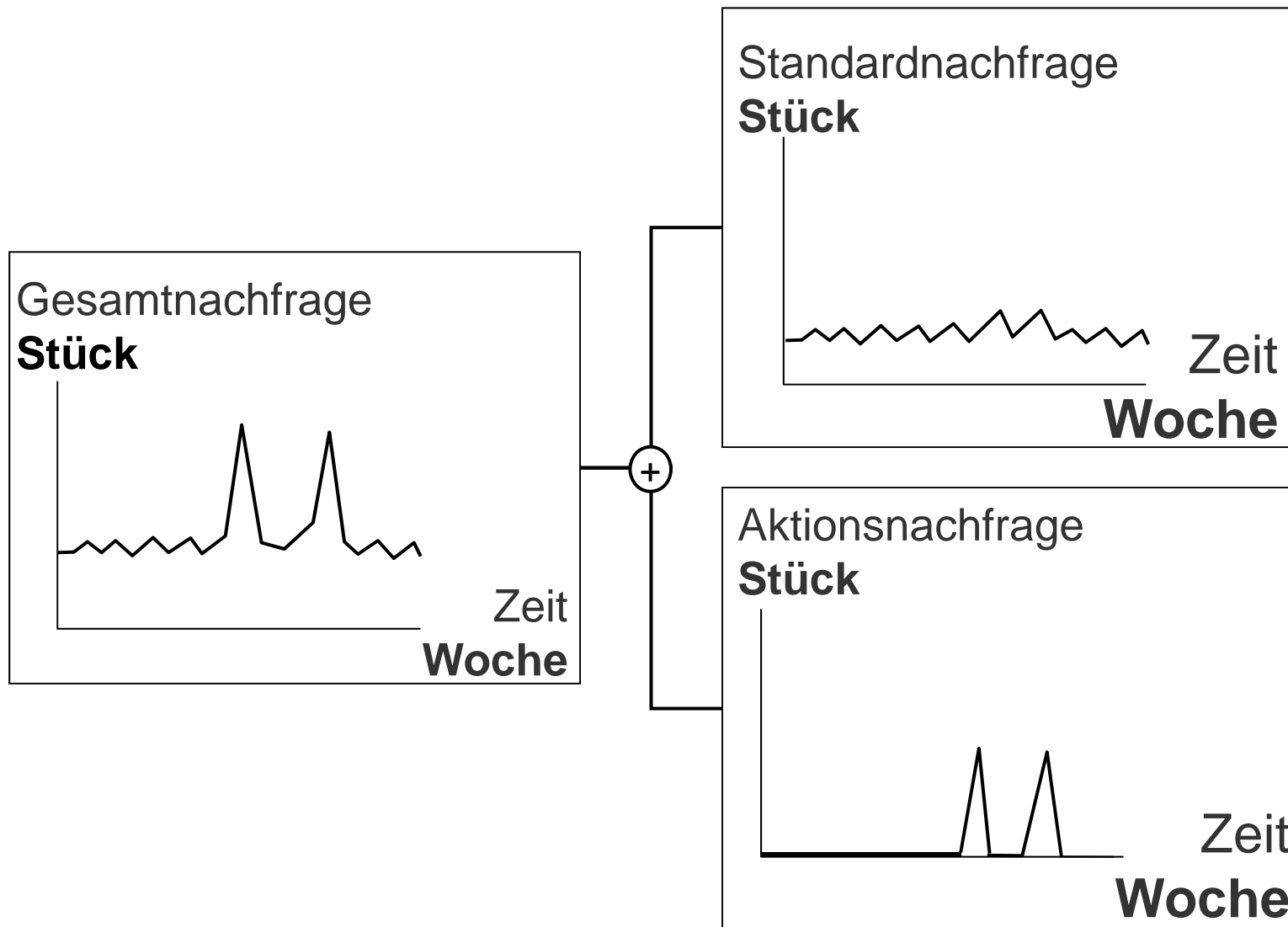
1.2 Bedarfsverlauf von Verbrauchsfaktoren

1.3 Prognose bei regelmäßigen Bedarf

1.4 Prognosemodelle in Standard-ERP-Software

1.5 Ausblick

Effekt von Preisaktionen





Auswahl und laufender Einsatz eines quantitativen Prognoseverfahrens

1. Untersuchung der charakteristischen Merkmale der Zeitreihe
2. Entwicklung eines formalen Prognosemodells
3. Schätzung der Koeffizienten des Prognosemodells (einschließlich Bestimmung von Startwerten)
4. Berechnung der Prognosewerte (für zukünftige Perioden) evtl. unter Rückgriff auf qualitative Urteile, die nicht im formalen Prognosemodell erfasst sind.
5. Beobachtung des Prognosemodells und ggf. Änderung des Prognosemodells.



Operative Planung in IT-Systemen für die
Produktionsplanung und -steuerung
Wirkung, Auswahl und Einstellhinweise von Verfahren
und Parametern

Herrmann, F.

2011, VIII, 349 S. 124 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-8348-1209-4