

Bewertung von DAX-Optionsscheinen

**Eine theoretische und empirische Analyse
der Bewertung von Plain-Vanilla-Optionsscheinen
auf den Deutschen Aktienindex (DAX)**

*Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Würde
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften
an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Passau*

Vorgelegt von

Dipl.-Volkswirt Stefan Hagl

Passau 2003

Inhaltsverzeichnis

	Seite
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	VI
<i>Tabellenverzeichnis</i>	XII
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	XIX
<i>Symbolverzeichnis</i>	XXII
1 Einführung	1
1.1 Motivation und Zielsetzung.....	1
1.2 Aufbau der Arbeit.....	4
I Theoretischer Teil	7
2 Grundlagen zum Optionsscheingeschäft	7
2.1 Historische Entwicklung	7
2.2 Optionsscheine versus Optionen	9
2.3 Klassifizierung von Optionsscheinen.....	13
2.3.1 Begebungsform und Unterlegung	13
2.3.2 Basiswerte und strukturelle Gestaltung	15
2.4 Charakterisierung von Gewinn- und Verlustpositionen.....	17
2.5 Vorteile von Optionsscheinen und Motive der Investoren.....	21
2.5.1 Vergleich mit dem Direktgeschäft	21
2.5.2 Einsatzmöglichkeiten und Anlagemotive	22
2.6 Options(schein)preis und Options(schein)kennzahlen.....	23
2.6.1 Preiskomponenten	23
2.6.2 Options(schein)kennzahlen	28
2.7 Der Handel mit Optionsscheinen	31
3 Fundamentale Aspekte der Optionsbewertung	33
3.1 Der Wert eines Optionsrechts.....	33
3.2 Preis- und wertbeeinflussende Faktoren.....	34
3.3 Verteilungsfreie Wertabschätzungen aus Arbitrageüberlegungen	38
3.3.1 Prinzip der Arbitragefreiheit	39
3.3.2 Wert eines Optionsrechts am Verfallstag.....	41
3.3.3 Wert eines Optionsrechts vor dem Verfallstag.....	43

3.3.3.1	Wertgrenzen für Kaufoptionsrechte	44
3.3.3.2	Wertgrenzen für Verkaufsoptionsrechte	50
3.3.4	Put-Call-Parität	54
3.4	Verteilungsannahmen und Kursverlaufshypothesen	56
3.4.1	Modellierung von Kurspfaden – Die Random-Walk- Hypothese	57
3.4.2	Grundlagen einer Brown'schen Bewegung	59
3.4.3	Der stochastische Prozess für den Aktienkurs	62
3.5	Ansätze und Verfahren zur Optionsbewertung	65
3.5.1	Modellüberblick und Systematisierung	65
3.5.2	Gleichgewichtsorientierte Modelle	70
3.5.2.1	Partielle und vollständige Gleichgewichtsmodelle ..	70
3.5.2.2	Approximative Verfahren	77
4	Modelle zur Bewertung von (DAX-)Optionsscheinen.....	82
4.1	Das Black/Scholes-Optionsbewertungsmodell	82
4.1.1	Modellidee und Modellannahmen	82
4.1.2	Herleitung der Fundamentalen Partiellen Differentialgleichung (FPD).....	84
4.1.3	Lösung für europäische Kaufoptionen	88
4.1.4	Cox/Ross-Risikoneutralitätstheorem.....	90
4.1.5	Interpretation und Übertragbarkeit des Bewertungsergebnisses auf andere Optionen.....	93
4.1.6	Parameterschätzung und Sensitivitätskennzahlen	97
4.1.7	Bemerkungen zur Modellkritik	103
4.2	Ein analytisches Approximationsverfahren für amerikanische Puts ..	104
4.2.1	Das Problem der vorzeitigen Ausübung.....	104
4.2.2	Quadratischer Approximationsansatz.....	105
4.3	Anwendbarkeit auf die Bewertung von Indexoptionsscheinen	111
II	Empirischer Teil.....	113
5	Grundlagen der empirischen Analyse	113
5.1	Zielsetzung und Stand der Untersuchung.....	113
5.2	Beschreibung der Vorgehensweise	114

5.3	Modellparameter und Datenbasis	115
5.3.1	Optionsscheine und Optionsscheinkurse	116
5.3.2	Deutscher Aktienindex DAX	120
5.3.3	Risikoloser Zinssatz	122
5.3.4	Zukünftige Volatilität	124
6	Voruntersuchungen zu Renditeverteilung und Wertgrenzen	127
6.1	Analyse der Verteilung der DAX-Renditen	127
6.1.1	Verteilungsparameter	127
6.1.2	Visuelle Prüfverfahren	129
6.1.3	Tests auf Normalverteilung	131
6.1.4	Varianz und Volatilität	132
6.2	Wertgrenzenuntersuchungen	135
6.2.1	Wertgrenzenanalyse für DAX-Calls	136
6.2.1.1	Einflussgrößen Umsatz und Emittent.....	137
6.2.1.2	Einflussgrößen Moneyness und Restlaufzeit	142
6.2.2	Wertgrenzenanalyse für DAX-Puts.....	145
6.2.2.1	Einflussgrößen Umsatz und Emittent.....	146
6.2.2.2	Einflussgrößen Moneyness und Restlaufzeit	149
6.3	Zusammenfassung der Ergebnisse der Voruntersuchungen	152
7	Analyse von Bewertungsabweichungen	155
7.1	Beschreibung der Vorgehensweise	155
7.2	Fehlbewertungsanalyse für DAX-Calls.....	160
7.2.1	Modellimmanente Einflussgrößen	160
7.2.1.1	Volatilitätsschätzer	160
7.2.1.2	Moneyness und Restlaufzeit.....	162
7.2.2	Modellfremde Einflussgrößen.....	169
7.2.2.1	Umsatz.....	169
7.2.2.2	Emittenten	170
7.2.3	Einfach- und Mehrfachregressionsanalysen.....	177
7.3	Fehlbewertungsanalyse für DAX-Puts	186
7.3.1	Modellimmanente Einflussgrößen	186
7.3.1.1	Volatilitätsschätzer	186
7.3.1.2	Moneyness und Restlaufzeit.....	187

7.3.2	Modellfremde Einflussgrößen	192
7.3.2.1	Umsatz.....	192
7.3.2.2	Emittenten	194
7.3.3	Einfach- und Mehrfachregressionsanalysen	200
7.4	Bildung von spezifischen Emittentengruppen.....	205
7.5	Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse der Analyse der Fehlbewertungen	215
8	Schlussbemerkungen.....	220
	<i>Anhangsverzeichnis</i>	<i>223</i>
	<i>Literaturverzeichnis.....</i>	<i>275</i>
	<i>Rechtsquellenverzeichnis.....</i>	<i>291</i>

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Anzahl notierter Optionsscheine an der Börse Stuttgart	8
Abb. 2.2:	Die vier Grundpositionen bei Optionsgeschäften	11
Abb. 2.3:	Gewinn-/Verlust-Position beim Kauf eines Calls im Vergleich zum Direkterwerb des Basiswertes	19
Abb. 2.4:	Gewinn-/Verlust-Situation beim Kauf eines Puts im Vergleich zum Direktverkauf/Leerverkauf des Basiswertes.....	20
Abb. 2.5:	Wert eines Calls vor Fälligkeit in Abhängigkeit vom Basiswertkurs	26
Abb. 2.6:	Wert eines (amerik.) Puts vor Fälligkeit in Abhängigkeit vom Basiswertkurs	27
Abb. 2.7:	Handelsplätze für Optionsscheine	32
Abb. 3.1:	Zeitwert in Abhängigkeit von der Restlaufzeit bei unterschiedlicher Moneyness	36
Abb. 3.2:	Wert eines Calls am Verfallstag in Abhängigkeit vom Basiswertkurs	42
Abb. 3.3:	Wert eines Puts am Verfallstag in Abhängigkeit vom Basiswertkurs	43
Abb. 3.4:	Relevanter Bereich für die Bewertung eines europ. bzw. amerik. Calls vor dem Verfallstag.....	48
Abb. 3.5:	Geschätzter Wertverlauf eines europ. bzw. amerik. Calls vor dem Verfallstag	49
Abb. 3.6:	Geschätzter Wertverlauf eines europ. bzw. amerik. Puts vor dem Verfallstag	53
Abb. 3.7:	Optionsbewertungsansätze im Grobüberblick.....	69
Abb. 3.8:	Bewertungsansätze nach Lösungsmethode im chronologischen Überblick	81
Abb. 4.1:	Exemplarischer Wertverlauf eines Calls in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit	95
Abb. 4.2:	Exemplarischer Wertverlauf eines (europ.) Puts in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit	96
Abb. 4.3:	Bestimmung der richtigen Wertverlaufslinie eines amerik. Puts	110

Abb. 5.1:	Absolute Häufigkeiten der untersuchten Optionsscheine nach Emittent	117
Abb. 5.2a:	Relative Häufigkeiten der Basispreise amerik. Calls	119
Abb. 5.2b:	Relative Häufigkeiten der Basispreise europ. Calls	119
Abb. 5.3a:	Relative Häufigkeiten der Basispreise amerik. Puts	120
Abb. 5.3b:	Relative Häufigkeiten der Basispreise europ. Puts	120
Abb. 5.4:	DAX-Tagesschlusskurse vom 02.01.1990 bis 31.07.2002	121
Abb. 5.5:	Kursverlauf des DAX im Untersuchungszeitraum.....	121
Abb. 5.6a:	Zinsentwicklung des EURIBOR im Untersuchungszeitraum (in %).....	123
Abb. 5.6b:	Zinsentwicklung hypothetischer Null-Kupon-Anleihen des Rentenmarktes im Untersuchungszeitraum (in %).....	123
Abb. 5.7:	Historische 250-Tage-Volatilitäten des DAX im Untersuchungszeitraum	125
Abb. 6.1a:	Q-Q- und trendbereinigtes Q-Q-Plot von Monatsrenditen (I).....	129
Abb. 6.1b:	Q-Q- und trendbereinigtes Q-Q-Plot von Tagesrenditen (II).....	130
Abb. 6.1c:	Q-Q- und trendbereinigtes Q-Q-Plot von Tagesrenditen in der Untersuchungsphase (III)	130
Abb. 6.2:	Histogramme der untersuchten DAX-Renditen mit Normalverteilungsverlauf.....	130
Abb. 6.3:	Volatilitäts-Cluster bei den DAX-Tagesrenditen (II).....	133
Abb. 6.4a:	Korrelogramm der Tagesrenditen (II)	134
Abb. 6.4b:	Korrelogramm der quadrierten Tagesrenditen (II).....	134
Abb. 6.5:	Box-Plots der WUG-Verletzungen bei allen Kursen mit Verletzungen und bei Kursen mit Umsatz [aC]	141
Abb. 6.6:	Relative Kurshäufigkeiten nach Moneyness-Kategorien [aC]....	143
Abb. 6.7:	Relative Kurshäufigkeiten nach Restlaufzeit-Kategorien [aC]...	144
Abb. 6.8:	Box-Plots der WUG-Verletzungen bei allen Kursen mit Verletzungen und bei Kursen mit Umsatz [aP].....	149
Abb. 6.9:	Relative Kurshäufigkeiten nach Moneyness-Kategorien [aP]	150
Abb. 6.10:	Relative Kurshäufigkeiten nach Restlaufzeit-Kategorien [aP] ...	151
Abb. 7.1:	Möglicher Wertebereich der relativen Abweichungen (PA) zwischen Marktpreis und Modellwert.....	157

Abb. 7.2:	MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Moneyness-Kategorien [aC]	163
Abb. 7.3a:	MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Restlaufzeit-Kategorien [aC]	164
Abb. 7.3b:	MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Moneyness-Kategorien [eC]	165
Abb. 7.4:	Streudiagramm für Moneyness und Restlaufzeit [aC]	166
Abb. 7.5a:	MPA(30/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC]	167
Abb. 7.5b:	MPA(30/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [eC]	168
Abb. 7.6:	MAPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [aC]	171
Abb. 7.7:	Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Moneyness nach Emittent [aC]	173
Abb. 7.8:	MAPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [eC]	173
Abb. 7.9:	Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Moneyness nach Emittent [eC]	174
Abb. 7.10:	Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Restlaufzeit nach Emittent [aC]	176
Abb. 7.11:	Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Restlaufzeit nach Emittent [eC]	176
Abb. 7.12:	Streudiagramm für Regressionsmodell I (alle Kurse) [aC]	179
Abb. 7.13:	Korrelation zwischen Moneyness und Restlaufzeit bei JPM [aC]	184
Abb. 7.14:	MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Moneyness-Kategorien [aP]	188
Abb. 7.15a:	MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Restlaufzeit-Kategorien [aP]	190
Abb. 7.15b:	MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Restlaufzeit-Kategorien [eP]	190
Abb. 7.16a:	MPA bei Vola(120/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aP]	192
Abb. 7.16b:	MPA bei Vola(120/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [eP]	192

Abb. 7.17: MAPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [aP].....	194
Abb. 7.18: Mittelwertverlaufsdigramm für MPA(120/250) und Moneyness nach Emittent [aP].....	195
Abb. 7.19: MAPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [eP].....	197
Abb. 7.20: Mittelwertverlaufsdigramm für MPA(120/250) und Moneyness nach Emittent [eP].....	198
Abb. 7.21: Mittelwertverlaufsdigramm für MPA(120/250) und Restlaufzeit nach Emittent [aP].....	199
Abb. 7.22: Mittelwertverlaufsdigramm für MPA(120/250) und Restlaufzeit nach Emittent [eP].....	199
Abb. 7.23: Streudiagramm für Regressionsmodell I (alle Kurse) [aP]	201
Abb. 7.24: Korrelation zwischen Moneyness und Restlaufzeit bei JPM [aP]	203
Abb. 7.25: Elbow-Kriterium beim Ward-Verfahren (Calls ohne JPM).....	210
Abb. 7.26: Elbow-Kriterium beim Ward-Verfahren (Puts ohne JPM)	212
Abb. A2.1a: Call-Delta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit	225
Abb. A2.1b: Put-Delta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit.	225
Abb. A2.2: Gamma in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit....	226
Abb. A2.3: Lambda (Vega) in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit.....	226
Abb. A2.4a: Call-Theta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit	227
Abb. A2.4b: Put-Theta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit.	227
Abb. A2.5a: Call-Rho in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit..	228
Abb. A2.5b: Put-Rho in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit...	228
Abb. A2.6a: Call-Omega in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit.....	229
Abb. A2.6b: Put-Omega in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit.....	229
Abb. C1.1a: MPA(60/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC].....	238
Abb. C1.1b: MPA(90/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC].....	238
Abb. C1.1c: MPA(120/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC].....	238

Abb. C1.2a: MPA(60/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eC]	239
Abb. C1.2b: MPA(90/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eC]	239
Abb. C1.2c: MPA(120/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eC]	239
Abb. C1.3: Modellwert bzw. Marktpreis in Abhängigkeit von der Moneyiness [aC].....	247
Abb. C1.4a: Streudiagramm für Regression APA(30/250) auf Moneyiness [aC]	248
Abb. C1.4b: Streudiagramm für Regression lnAPA(30/250) auf Moneyiness [aC]	248
Abb. C1.5: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen PA(30/250) auf Moneyiness [aC].....	249
Abb. C2.1a: MPA(30/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [aP]	256
Abb. C2.1b: MPA(60/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [aP]	256
Abb. C2.1c: MPA(90/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [aP]	256
Abb. C2.2a: MPA(30/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eP]	257
Abb. C2.2b: MPA(60/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eP]	257
Abb. C2.2c: MPA(90/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eP]	257
Abb. C2.3: Modellwert bzw. Marktpreis in Abhängigkeit von der Moneyiness [aP]	265
Abb. C2.4: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen PA(120/250) auf Moneyiness [aP]	266
Abb. C3.1a: Dendrogramm zum Single-Linkage-Verfahren (alle Calls).....	269
Abb. C3.1b: Dendrogramm zum Complete-Linkage-Verfahren (Calls ohne JPM)	270
Abb. C3.1c: Dendrogramm zum Ward-Verfahren (Calls ohne JPM)	271

Abb. C3.2a: Dendrogramm zum Single-Linkage-Verfahren (alle Puts)	272
Abb. C3.2b: Dendrogramm zum Complete-Linkage-Verfahren (Puts ohne JPM)	273
Abb. C3.2c: Dendrogramm zum Ward-Verfahren (Puts ohne JPM).....	274

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Wesentliche Unterschiede zwischen Optionen und Optionsscheinen	12
Tab. 2.2:	Vergleich wesentlicher Merkmale von abgetrennten und getrennt emittierten Optionsscheinen	15
Tab. 2.3:	Überblick über Optionsscheinarten und Sonderkonstruktionen	17
Tab. 2.4:	Gewinn- und Verlustmöglichkeiten bei Optionsscheinen	21
Tab. 2.5:	Moneyness-Kategorien bei Optionsscheinen	25
Tab. 3.1:	Preis- bzw. wertbeeinflussende Effekte von Optionsscheinen....	38
Tab. 3.2:	Arbitrageableau zur Wertuntergrenzenbestimmung eines europ. Calls	46
Tab. 3.3:	Arbitrageableau zur Wertuntergrenzenbestimmung eines europ. Puts	51
Tab. 3.4:	Arbitrageableau zur Put-Call-Parität für europ. Optionsrechte..	54
Tab. 3.5:	Arbitrageableau zur Obergrenze der Put-Call-Parität für amerik. Optionsrechte	56
Tab. 3.6:	Ausgewählte Verallgemeinerungen des Black/Scholes-Modells	73
Tab. 3.7:	Ausgewählte Erweiterungen des Black/Scholes-Modells hinsichtlich der zugrundeliegenden Basiswerte	74
Tab. 5.1:	Absolute Häufigkeiten der untersuchten Optionsscheine und Optionsscheinkurse	117
Tab. 5.2:	Emittentenspezifische Aufteilung der untersuchten Optionsscheine	118
Tab. 5.3:	Emittentenspezifische Aufteilung der untersuchten Optionsscheinkurse	119
Tab. 5.4:	Beschreibung des DAX-Kursverlaufs während der Untersuchungsphase	122
Tab. 5.5:	Deskriptive Statistik der historischen Volatilitäten des DAX im Untersuchungszeitraum	126
Tab. 6.1:	Beschreibung untersuchter DAX-Renditezeitreihen	127
Tab. 6.2:	Deskriptive Analyse der DAX-Renditen	128
Tab. 6.3:	Ergebnisse der Renditeverteilungstests	131

Tab. 6.4a:	Wertuntergrenzen für europ. bzw. amerik. Calls und Puts	135
Tab. 6.4b:	Wertobergrenzen für europ. bzw. amerik. Calls und Puts.....	135
Tab. 6.5a:	Wertgrenzenverletzungen [aC].....	136
Tab. 6.5b:	Wertgrenzenverletzungen [eC].....	136
Tab. 6.6:	Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [aC]	137
Tab. 6.7:	Ergebnisse des t-Tests für die Mittelwerte der WUG- Verletzungen [aC]	138
Tab. 6.8:	Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [aC].....	139
Tab. 6.9:	Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [aC]	140
Tab. 6.10:	Kurse nach Moneyness-Kategorien [aC]	142
Tab. 6.11:	Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [aC].....	143
Tab. 6.12a:	Wertgrenzenverletzungen [aP]	145
Tab. 6.12b:	Wertgrenzenverletzungen [eP]	145
Tab. 6.13:	Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [aP].....	146
Tab. 6.14:	Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [aP]	147
Tab. 6.15:	Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [aP]	148
Tab. 6.16:	Kurse nach Moneyness-Kategorien [aP]	150
Tab. 6.17:	Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [aP]	151
Tab. 7.1:	Aufteilung der Untersuchungsbasis für die Fehlbewertungsanalyse	155
Tab. 7.2:	Untersuchte Einflussgrößen der Fehlbewertung	156
Tab. 7.3a:	Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aC].....	160
Tab. 7.3b:	Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aC]	161
Tab. 7.4:	MPA und MAPA nach Moneyness-Kategorien [aC].....	162
Tab. 7.5:	MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [aC].....	163

Tab. 7.6a:	MAPA nach Umsatz-Gruppen [aC]	169
Tab. 7.6b:	MAPA nach Umsatz-Gruppen [eC]	169
Tab. 7.7:	MPA und MAPA nach Emittenten [aC].....	172
Tab. 7.8:	MPA und MAPA nach Emittenten [eC].....	174
Tab. 7.9:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I (alle Calls)	178
Tab. 7.10:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II (alle Calls)	179
Tab. 7.11:	Ergebnisse der linearen und nichtlinearen Regression der APA(30/250) auf die Moneyness [aC].....	181
Tab. 7.12:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III (alle Calls).....	182
Tab. 7.13:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV (alle Calls).....	184
Tab. 7.14a:	Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aP]	186
Tab. 7.14b:	Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aP]	186
Tab. 7.15:	MPA und MAPA nach Moneyness-Kategorien [aP]	188
Tab. 7.16:	MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [aP]	189
Tab. 7.17a:	MAPA nach Umsatz-Gruppen [aP].....	193
Tab. 7.17b:	MAPA nach Umsatz-Gruppen [eP].....	193
Tab. 7.18:	MPA und MAPA nach Emittenten [aP].....	195
Tab. 7.19:	MPA und MAPA nach Emittenten [eP].....	197
Tab. 7.20:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I (alle Puts).....	200
Tab. 7.21:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II (alle Puts)	202
Tab. 7.22:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III (alle Puts)	203
Tab. 7.23:	Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV (alle Puts).....	204
Tab. 7.24:	Datenbasis für die Clusteranalyse (alle Calls).....	208
Tab. 7.25:	Datenbasis für die Clusteranalyse (alle Puts).....	208
Tab. 7.26:	Clusterzugehörigkeit und clusterspezifische Kennwerte (alle Calls)	211
Tab. 7.27:	Homogenitätsanalyse der identifizierten Cluster (alle Calls).....	211
Tab. 7.28:	Mögliche Clusterzugehörigkeit (alle Puts).....	213
Tab. 7.29:	Clusterspezifische Mittelwerte der Einflussvariablen (alle Calls)	214
Tab. 7.30:	Clusterspezifische Mittelwerte der Einflussvariablen (alle Puts)	214

Tab. B1.1:	Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [eC]	230
Tab. B1.2:	Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [eC].....	230
Tab. B1.3:	Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [eC]	230
Tab. B1.4:	Kurse nach Moneyness-Kategorien [eC]	230
Tab. B1.5:	Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [eC].....	231
Tab. B2.1:	Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [eP].....	232
Tab. B2.2:	Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [eP]	232
Tab. B2.3:	Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [eP]	232
Tab. B2.4:	Kurse nach Moneyness-Kategorien [eP]	233
Tab. B2.5:	Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [eP]	233
Tab. C1.1a:	Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eC].....	234
Tab. C1.1b:	Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eC]	234
Tab. C1.2:	MPA und MAPA nach Moneyness-Kategorien [eC].....	235
Tab. C1.3:	MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [eC].....	235
Tab. C1.4a:	MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Moneyness- und Restlaufzeit-Kategorien [aC]	236
Tab. C1.4b:	MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Moneyness- und Restlaufzeit-Kategorien [eC]	237
Tab. C1.5a:	Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Moneyness und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [aC]	240
Tab. C1.5b:	Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Moneyness und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [eC]	240

Tab. C1.6a: Relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Moneyness-Kategorien und emittentenspezifische Moneyness-Mittelwerte [aC]	241
Tab. C1.6b: Relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Moneyness-Kategorien und emittentenspezifische Moneyness-Mittelwerte [eC]	241
Tab. C1.7a: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [aC]	242
Tab. C1.7b: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [eC]	242
Tab. C1.8a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I [aC]	243
Tab. C1.8b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II [aC]	243
Tab. C1.8c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III [aC]	244
Tab. C1.8d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV [aC]	244
Tab. C1.9a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I [eC]	245
Tab. C1.9b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II [eC]	245
Tab. C1.9c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III [eC]	245
Tab. C1.9d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV [eC]	246
Tab. C2.1a: Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eP]	252
Tab. C2.1b: Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eP]	252
Tab. C2.2: MPA und MAPA nach Moneyness-Kategorien [eP]	253
Tab. C2.3: MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [eP]	253
Tab. C2.4a: MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Moneyness- und Restlaufzeit-Kategorien [aP]	254

Tab. C2.4b: MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Money- und Restlaufzeit-Kategorien [eP].....	255
Tab. C2.5a: Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Money- und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [aP]	258
Tab. C2.5b: Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Money- und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [eP]	258
Tab. C2.6a: Emittentenspezifische Money-Mittelwerte und relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Money-Kategorien [aP]	259
Tab. C2.6b: Emittentenspezifische Money-Mittelwerte und relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Money-Kategorien [eP]	259
Tab. C2.7a: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [aP].....	260
Tab. C2.7b: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [eP].....	260
Tab. C2.8a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I [aP]	261
Tab. C2.8b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II [aP]	261
Tab. C2.8c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III [aP].....	262
Tab. C2.8d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV [aP].....	262
Tab. C2.9a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I [eP]	263
Tab. C2.9b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II [eP]	263
Tab. C2.9c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III [eP].....	263
Tab. C2.9d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV [eP].....	264
Tab. C3.1a: Zuordnungsübersicht beim Single-Linkage-Verfahren (alle Calls)	269

Tab. C3.1b: Zuordnungsübersicht beim Complete-Linkage-Verfahren (Calls ohne JPM).....	270
Tab. C3.1c: Zuordnungsübersicht beim Ward-Verfahren (Calls ohne JPM)..	271
Tab. C3.2a: Zuordnungsübersicht beim Single-Linkage-Verfahren (alle Puts).....	272
Tab. C3.2b: Zuordnungsübersicht beim Complete-Linkage-Verfahren (Puts ohne JPM).....	273
Tab. C3.2c: Zuordnungsübersicht beim Ward-Verfahren (Puts ohne JPM)...	274

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
abs.	absolut
aC	amerikanische Calls
AF	Annualisierungsfaktor
AG	Aktiengesellschaft
AktG	Aktiengesetz
allg.	allgemein
amerik.	amerikanisch
aP	amerikanische Puts
APA	betragsmäßige prozentuale Abweichung
ARCH	Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity
ATM	at the money (am Geld)
ATX	Austrian Traded Index (österreichischer Aktienindex)
Aufl.	Auflage
BAW	Barone-Adesi/Whaley
Bd.	Band
BHF-Bank	Berliner Handels- und Frankfurter Bank
BNP	BNP (Banque National de Paris) Paribas
BörsG	Börsengesetz
BörsZulV	Börsenzulassungs-Verordnung
BS	Black/Scholes
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CAC	Compagnie des Agents de Chance (französischer Aktienindex)
CBOE	Chicago Board Options Exchange
CEV	Constant Elasticity of Variance
CIT	Citibank
COB	Commerzbank
DAX	Deutscher Aktienindex
DB	Deutsche Bank
DG-Bank	Deutsche Genossenschaftsbank
d. h.	das heißt
DITM	deep in the money (tief im Geld)
DJ Ind.	Dow Jones Industrial Average (amerikanischer Aktienindex)
DJ Stoxx	Dow Jones Stoxx (europäischer Aktienindex)
DM	Deutsche Mark
DOTM	deep out of the money (tief aus dem Geld)
DRB	Dresdner Bank
dt.	deutsch
DTB	Deutsche Terminbörse
DZB	DZ (Deutsche Zentral-Genossenschafts-)Bank
eC	europäische Calls
Ed.	Edition
elektr.	elektronisch
engl.	englisch
eP	europäische Puts
et al.	et alii

etc.	et cetera
EUR	Euro
EUREX	European Exchange (Europäische Terminbörse)
EURIBOR	European Interbank Offered Rate
europ.	europäisch
EUWAX	European Warrant Exchange
evtl.	eventuell
f.	folgende
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
ff.	fortfolgende
FIBOR	Frankfurt Interbank Offered Rate
FPD	Fundamentale Partielle Differentialgleichung
FQS	Fehlerquadratsumme
FTSE	Financial Times Stock Exchange (britischer Aktienindex)
FWB	Frankfurter Wertpapierbörse
GARCH	Generalized Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity
GBP	Britisches Pfund
GG	Grundgesamtheit
ggf.	gegebenenfalls
GOL	Goldman Sachs
Hrsg.	Herausgeber
HYP	HypoVereinsbank
i. d. R.	in der Regel
i. H.	in Höhe
ITM	in the money (im Geld)
jap.	japanisch
Jg.	Jahrgang
JPM	JPMorgan
JPY	Japanische Yen
KLR	Klassisches Lineares Regressionsmodell
Konst.	Konstante
lat.	lateinisch
LBF	Lehman Brothers
LIBOR	London Interbank Offered Rate
LIFFE	London International Financial Futures and Options Exchange
MAPA	mittlere betragsmäßige prozentuale Abweichung
Max	Maximum
MDAX	Midcap Aktienindex
MIB	Milano Italia Borse Index (italienischer Aktienindex)
Mio.	Millionen
ML	Merrill Lynch
monatl.	monatlich
MPA	mittlere prozentuale Abweichung
n. a.	not available
Nasdaq Comp.	Nasdaq Composite (amerikanischer Aktienindex)
NEMAX	Neuer Markt Index
No.	Number
NYSE	New York Stock Exchange
o. Jg.	ohne Jahrgang
OPP	Sal. Oppenheim

OS	Optionsscheine
OTC	over the counter
OTM	out of the money (aus dem Geld)
p. a.	per anno
PA	prozentuale Abweichung
PV	Prüfvariable
REX	Deutscher Rentenindex
RLZ	Restlaufzeit
S.	Seite
Sept.	September
SGE	Société Générale
Sign.	Signifikanz
SMI	Swiss Market Index (schweizer Aktienindex)
SOFFEX	Swiss Options and Financial Futures Exchange
sog.	sogenannt
S & P 500	Standard & Poor's 500 (amerikanischer Aktienindex)
stand.	standardisiert
Std.abw.	Standardabweichung
stochast.	stochastisch
Tab.	Tabelle
TB	HBSC Trinkaus & Burkhardt
u. a.	unter anderem
UBS	UBS (Union de Banques Suisses) Warburg
URL	Uniform Resource Locator
US	United States
USD	US-Dollar
u. U.	unter Umständen
v.	vom
VerkProspG	Verkaufsprospektgesetz
VerkProspV	Verkaufsprospekt-Verordnung
vgl.	vergleiche
VNT	Bank Vontobel
Vol.	Volume
Vola	Volatilität
WKN	Wertpapierkennnummer
WLB	WestLB (Westdeutsche Landesbank) Panmure
WOG	Wertobergrenze
WUG	Wertuntergrenze
www	world wide web
z. B.	zum Beispiel
zusätzl.	zusätzlich

Symbolverzeichnis

$AE(C)$	Ausübungserlös eines Calls
$AE(P)$	Ausübungserlös eines Puts
$AU(C)_t^{abs}$	absolutes Aufgeld eines Calls zum Zeitpunkt t
$AU(C)_t^{rel}$	relatives Aufgeld eines Calls zum Zeitpunkt t
$AU(P)_t^{abs}$	absolutes Aufgeld eines Puts zum Zeitpunkt t
b	Bestandshaltekosten mit $b = r_f - d$
C_t	Wert eines Calls zum Zeitpunkt t
C^{am}	Wert eines amerikanischen Calls
C_T^{am}	Wert eines amerikanischen Calls zum Zeitpunkt der Fälligkeit
C_t^{am}	Wert eines amerikanischen Calls zum Zeitpunkt t
C^{eu}	Wert eines europäischen Calls
C_T^{eu}	Wert eines europäischen Calls zum Zeitpunkt der Fälligkeit
C_t^{eu}	Wert eines europäischen Calls zum Zeitpunkt t
$C(S^{(i)})$	Wert eines Calls in Abhängigkeit vom Basiswertkurs
d	stetige Dividendenrendite
e	Euler'sche Zahl mit $e = 2,71828183\dots$
H_0	Wert eines Hedge-Portfolios zum Zeitpunkt $t = 0$
$H(C)_t^{einf}$	einfacher Hebel eines Calls zum Zeitpunkt t
$H(P)_t^{einf}$	einfacher Hebel eines Puts zum Zeitpunkt t
I	Zeitintervall
I_t^{DAX}	DAX-Kurs zum Zeitpunkt t
L	Zeitraum
MP_t	Marktpreis zum Zeitpunkt t
MW_t	Modellwert zum Zeitpunkt t
$N(\mu; \sigma^2)$	Normalverteilung mit den Verteilungsparametern μ und σ^2
n	Anzahl
P_t	Wert eines Puts zum Zeitpunkt t
P^{am}	Wert eines amerikanischen Puts

P_T^{am}	Wert eines amerikanischen Puts zum Zeitpunkt der Fälligkeit
P_t^{am}	Wert eines amerikanischen Puts zum Zeitpunkt t
P^{eu}	Wert eines europäischen Puts
P_T^{eu}	Wert eines europäischen Puts zum Zeitpunkt der Fälligkeit
P_t^{eu}	Wert eines europäischen Puts zum Zeitpunkt t
R_f	diskreter risikoloser Zinssatz
R_t	stetige Rendite des DAX zum Zeitpunkt t
r_f	stetiger risikoloser Zinssatz
r^2	Bestimmtheitsmaß
S_T	Basiswertkurs zum Zeitpunkt der Fälligkeit
S_t	Basiswertkurs zum Zeitpunkt t
$S^{(i)}$	Kurs des Basiswertes i
S^*	kritischer Kurs des Basiswertes (im BAW-Modell)
s	beliebiger Zeitpunkt mit $0 \leq s < t \leq T$
T	Zeitpunkt der Fälligkeit
t	beliebiger Zeitpunkt mit $0 \leq t \leq T$
u_i	Störvariable
$VE(C)$	Verkaufserlös eines Calls
$VE(P)$	Verkaufserlös eines Puts
v_i	Dummy-Variable
w_t	Zufallsvariable zum Zeitpunkt t
X	Basispreis
x	Zufallsvariable
z_t	Zufallsvariable zum Zeitpunkt t
β_k	Regressionskoeffizient
Γ	Gamma, Kenngröße für die Veränderung des Deltas bei Änderung des Basiswertkurses
Δ	Delta, Kenngröße für die Veränderung des Optionswertes bei Änderung des Basiswertkurses
ε	Zusatzwert für das vorzeitige Ausübungsrecht einer amerikanischen Option

η_t	(standardisierte) Zufallsvariable zum Zeitpunkt t
Θ	Theta, Kenngröße für die Veränderung des Optionswertes bei Änderung der Restlaufzeit
κ	Kurtosis einer Verteilung
κ_e	Exzess einer Verteilung mit $\kappa_e = \kappa - 3$
Λ	Lambda, Kenngröße für die Veränderung des Optionswertes bei Änderung der Volatilität
μ	Mittelwert
μ_x	Driftrate eines allgemeinen Wiener-Prozesses
π	Kreiszahl mit $\pi = 3,14159265\dots$
ρ	Rho, Kenngröße für die Veränderung des Optionswertes bei Änderung des Zinsniveaus
σ	Volatilität (Standardabweichung) des Basiswertes
σ_x^2	Varianzrate eines allgemeinen Wiener-Prozesses
$\hat{\sigma}_t^{hist}$	(geschätzte) historische Volatilität des Basiswertes
ζ	Schiefe einer Verteilung
τ	Restlaufzeit in Jahresbruchteilen mit $\tau = T - t$
$\Phi(\cdot)$	Wert der Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung
$\phi(\cdot)$	Wert der Dichtefunktion der Standardnormalverteilung
$\phi_L(\cdot)$	Wert der Dichtefunktion der Lognormalverteilung
Ω	Omega, Kenngröße für die Elastizität des Optionswertes in Bezug auf die Änderung des Basiswertkurses
ω_t^C	Anzahl an Calls zum Zeitpunkt t
ω_t^S	Anzahl an Aktien zum Zeitpunkt t

1 Einführung

1.1 Motivation und Zielsetzung

Derivative Finanzprodukte, insbesondere die zu den bedingten Termingeschäften gehörenden Optionen und Optionsscheine, erfreuen sich in der Finanzwelt immer größerer Beliebtheit. Terminbörsen, an denen standardisierte Optionen und Terminkontrakte auf Aktien, Zinsen, Indizes und Währungen gehandelt werden, verzeichnen weltweit steigende Umsätze. Für den Privatanleger bietet meist nur der Handel mit Optionsscheinen, welche im Gegensatz zu Optionen per Definition als Wertpapiere einzustufen sind und demnach hauptsächlich an Wertpapierbörsen gehandelt werden, die Möglichkeit, sich in Termingeschäften zu engagieren, wobei die Motive vornehmlich spekulativer oder absichernder Natur sind. Die Teilnahme an den eigens für Terminkontrakte wie Optionen und Futures eingerichteten Terminbörsen, etwa der EUREX¹, steht nur den wenigsten Privatanlegern offen und ist überwiegend den professionellen bzw. institutionellen Investoren vorbehalten.

Der deutsche Markt für Optionsscheine, der mit den ersten getrennt emittierten Optionsscheinen² Ende der Achtziger Jahre wegen des Fehlens eines bis dahin gut funktionierenden Terminmarktes in Deutschland seine Anfänge nahm, entwickelte sich bis heute, aufgrund der nicht zuletzt auch bei den Privatanlegern zunehmenden Popularität von Optionsscheinen, zu einem besonders starken Wachstumssegment in der deutschen Börsenlandschaft. In keinem anderen Land der Welt werden so viele Optionsscheine gehandelt. Die Flut an Scheinen³ ist für den (privaten) Anleger mittlerweile nahezu unüberschaubar geworden ist. Zwar bieten Emissionshäuser zumeist im Internet diverse Such- und Analysetools für Optionsscheine an, aber auch hierfür ist ein tiefgreifendes Verständnis ihrer

¹ Die EUREX (European Exchange) wurde im Dezember 1996 gemeinsam von der Deutsche Börse AG und der Schweizer Börse ins Leben gerufen und durch die Fusion der DTB (Deutsche Terminbörse) und SOFFEX (Swiss Options and Financial Futures Exchange) im Jahr 1998 gegründet. Die EUREX gilt seit Januar 1999 als die größte Derivatebörse weltweit. Vgl. Deutsche Börse (2002).

Als wichtigste Terminbörsen gelten neben der EUREX auch die britische LIFFE (London International Financial Futures and Options Exchange) und die amerikanische CBOE (Chicago Board Options Exchange) als älteste und lange Zeit größte Terminbörse.

² Siehe dazu auch Abschnitt 2.1.3.

³ Die Bezeichnung Schein steht im Folgenden stets als Synonym für Optionsschein.

Funktionsweise und Bewertungsmechanismen sowie genaue Kenntnis der mit ihnen verbundenen Risiken unabdingbare Voraussetzung für einen langfristig erfolgreichen Einsatz von Optionsscheinen als Instrument der Vermögensanlage.

Neben den zahlreichen Kennzahlen, die die Auswahl der vermeintlich „richtigen“ Optionsscheine erleichtern sollen, ist besonderes Augenmerk auf den sog. „fairen Wert“ (fair value) eines Scheins zu legen. Diesen Wert zu bestimmen und Optionsrechte damit exakt und objektiv zu bewerten, ist Aufgabe einer eigenen wissenschaftlichen Disziplin, der Optionspreis- bzw. Optionsbewertungstheorie. Den Anfang nahm die theoretische Auseinandersetzung mit der Optionsthematik bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit der Arbeit von Louis Bachelier⁴, der erstmals ein partielles Gleichgewichtsmodell zur Bewertung von Optionen entwickelte. Weitere Arbeiten und Modelle folgten, ohne jedoch für den entscheidenden Durchbruch in der Optionsbewertungstheorie zu sorgen. Neben den partiellen Gleichgewichtsmodellen, die nicht ohne explizite Annahmen über die Präferenzen der Investoren auskamen, wiesen auch die zahlreichen statistischen Bewertungsansätze diverse Mängel auf. Insbesondere die erwarteten zukünftigen Kursverläufe der den Optionen zugrundeliegenden Basiswerte fanden bei den statistischen Ansätzen keine Berücksichtigung.⁵

Erst mit der Entwicklung ihres Ansatzes einer präferenzfreien Bewertung von Optionen in einem vollständigen Gleichgewichtsmodell gelang es Anfang der Siebziger Jahre Fisher Black und Myron Scholes⁶ einen Meilenstein in der Optionsbewertungstheorie zu setzen. Das nach ihnen benannte Black/Scholes-Modell gilt nach herrschender Meinung der Fachliteratur als der eigentliche Beginn der „modernen Optionsbewertungstheorie“.⁷ Das Black/Scholes-Optionsbewertungsmodell⁸ hat demnach auch nach drei Jahrzehnten nach seiner Veröffentlichung nichts an seiner Bedeutung verloren und gilt trotz aller bis dato

⁴ Vgl. Bachelier (1900).

⁵ Für eine Darstellung der wichtigsten Ansätze und Modelle zur Optionsbewertung siehe Abschnitt 3.5.

⁶ Vgl. Black/Scholes (1973).

⁷ Dies wurde auch 1997 mit der Verleihung des Nobelpreises für Wirtschaftswissenschaften an Robert Merton und Myron Scholes für ihre Arbeiten zur Black/Scholes-Formel gewürdigt. (Fisher Black war zu diesem Zeitpunkt bereits gestorben.)

⁸ Oftmals auch Black/Scholes/Merton-Modell genannt, da wesentliche Ausarbeitungen durch Robert Merton im gleichen Jahr erfolgten. Vgl. Merton (1973b).

vorgebrachter wissenschaftlicher Kritik und empirischen Untersuchungen bzgl. seiner restriktiven Modellannahmen auch heute noch als das in der Praxis meistverwendete Bewertungsmodell für Optionsrechte. Die praktische Anwendung des Modells beschränkt sich dabei nicht nur auf die Bewertung (kurzlaufender) europäischer⁹ Kaufoptionen auf Aktien, auf die das Modell ursprünglich ausgerichtet war. So werden bspw. nicht nur Optionen, sondern auch Optionsscheine mit längeren Laufzeiten und einer jederzeit möglichen Ausübung, welche sich neben Aktien auch auf andere Basiswerte wie etwa Indizes beziehen, mit dem Black/Scholes-Modell bewertet.

Nicht zuletzt aufgrund des boomenden Marktes für Optionsscheine in Deutschland, scheint es von berechtigtem Interesse zu sein, die Eignung der Bewertungsmodelle, die in der Finanzwelt praktische Anwendung bei der Bewertung von Optionsscheinen finden, einer empirischen Untersuchung zu unterziehen. Dass die Black/Scholes-Formel bei Aktienoptionen zu Fehlbewertungen von durchaus signifikantem Ausmaß im Hinblick auf die tatsächlichen Marktpreise führt, wurde vielfach empirisch untersucht.¹⁰ Für den Optionsscheinmarkt in Deutschland liegen bislang jedoch nur vereinzelt brauchbare empirische Ergebnisse zur Anwendbarkeit des Black/Scholes-Modells vor.¹¹

Mit vorliegender Arbeit wird versucht, die Validität des Black/Scholes-Modells bezogen auf ein breites Spektrum der in Deutschland börsennotierten Optionsscheine auf den wichtigsten nationalen Aktienindex, den Deutschen Aktienindex DAX, empirisch zu untersuchen. Dabei werden sowohl Kauf- als auch Verkaufsoptionsscheine europäischer und amerikanischer Art aller in diesem Segment agierender Emittenten an der führenden Optionsscheinbörse, der European Warrant Exchange (EUWAX), betrachtet.

⁹ Mit „europäisch“ ist die Art der Ausübung der Option gemeint. Im Gegensatz zu Optionen amerikanischer Art, welche während der gesamten Laufzeit ausgeübt werden können, ist bei europäischen Optionen eine Ausübung nur zum Ende der Laufzeit möglich. Siehe hierzu auch die Erläuterung in Abschnitt 2.2.

¹⁰ Für einen groben Überblick sei auf Abschnitt 5.1 und die dort angegebene Literatur verwiesen.

¹¹ Diese beziehen sich zumeist auf Call-Optionsscheine auf Aktien oder einige wichtige Aktienindizes. Siehe hierzu auch die Ausführungen in Abschnitt 5.1.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist aufgeteilt in zwei große Bereiche, in einen theoretischen und einen empirischen Teil. Der theoretische Teil umfasst die Kapitel 2 bis 4 und vermittelt das für die sich anschließenden empirischen Untersuchungen notwendige theoretische Rüstzeug.

In Kapitel 2 werden nach einer einleitenden Darstellung der historischen Entwicklung zunächst die grundlegenden Charakteristika von Optionsscheinen, ihre Einordnung und Abgrenzung zu anderen derivativen Finanzinstrumenten, insbesondere der Vergleich mit Optionen, Arten und Begebungsformen, Handelbarkeit sowie die Motivation der Marktakteure dargestellt. Mit der Vorstellung einiger wichtiger Optionsscheinkennzahlen wird dabei bereits ein erster Überblick über die Zusammensetzung des Optionsscheinpreises verschafft.

Das folgende Kapitel 3 vermittelt einen Überblick über fundamentale Aspekte der Optionsrechtsbewertung. Im Anschluss an die notwendige Abgrenzung von Preis und Wert eines Optionsrechts und die Vorstellung möglicher preis- bzw. wertbeeinflussender Faktoren werden im Vorfeld einer modelltheoretischen Bewertung die Möglichkeiten aufgezeigt, lediglich rationalen Arbitrageüberlegungen folgend, Wertgrenzen und Wertbereiche zu definieren, deren Einhaltung konkrete und auf dem Prinzip der Arbitragefreiheit aufbauende Bewertungsmodelle garantieren (müssen). Mit der Darstellung der für eine exakte Bewertung im Rahmen von mathematischen Bewertungsmodellen vorauszusetzenden Annahmen über den zukünftigen Kursverlauf der zugrundeliegenden Basiswerte werden insbesondere die für das Black/Scholes-Modell erforderlichen Kursannahmen präzisiert. Eine abschließende Systematisierung der Bewertungsansätze für Optionsrechte nach inhaltlicher und zeitlicher Entwicklung innerhalb der letzten 100 Jahre verschafft einen Überblick über die Entwicklungsstufen bis zum Black/Scholes-Modell und darüber hinaus. Es werden sowohl Vorläufer des Black/Scholes-Modell als auch Weiterentwicklungen und alternative Ansätze aufgezeigt. Dabei soll lediglich ein Überblick über die Entwicklung und den Stand der Optionsbewertungstheorie verschafft werden, weshalb auf formale Darstellungen der Ansätze und Modelle

verzichtet wird und lediglich die zugrundeliegenden Ideen und Annahmen aufgezeigt werden.

Kapitel 4 beschäftigt sich anschließend mit dem wichtigsten Optionsbewertungsmodell, dem Black/Scholes-Modell, welches auch als Referenzmodell für die spätere empirische Untersuchung gilt, sowie einer Erweiterung zur Anwendbarkeit auf die Bewertung amerikanischer Verkaufsoptionen. Zunächst wird sich ausführlich mit dem Black/Scholes-Modell befasst, die Modellidee und die grundlegenden Modellannahmen erläutert, die Herleitung der Bewertungsgleichung aufgezeigt, die theoretische Übertragbarkeit auf andere Optionsrechte diskutiert sowie eine kurze Sensitivitätsanalyse vorgenommen. Es wird auf die Problematik der Bewertung amerikanischer Optionsrechte und der damit verbundenen Notwendigkeit von Modellerweiterungen des Black/Scholes-Modells eingegangen und ein entsprechender Bewertungsansatz für amerikanische Put-Optionsrechte, der analytische Approximationsansatz nach McMillan bzw. Barone-Adesi und Whaley, vorgestellt. Abschließend erfolgt als Grundlage für die Fehlbewertungsanalyse im Rahmen des empirischen Teils eine kurze Diskussion hinsichtlich der Anwendbarkeit der zuvor vorgestellten Bewertungsmodelle auf Index-Optionsscheine, speziell auf Scheine mit dem Deutschen Aktienindex DAX als Basiswert, aus theoretischer Sicht.

Die empirische Überprüfung der vorgestellten Modelle anhand einer umfassenden Datenbasis für den deutschen Markt für DAX-Optionsscheine erfolgt im zweiten großen Teil der Arbeit in den Kapiteln 5 bis 7.

In einem ersten Abschnitt steht in Kapitel 5 eine ausführliche Beschreibung der zugrundeliegende Datenbasis und der weiteren Vorgehensweise der empirischen Analyse an. Dabei werden sämtliche Parameter der Bewertungsmodelle nochmals anhand konkreter Daten vorgestellt.

Kapitel 6 beschäftigt sich mit Voruntersuchungen zur späteren Bewertungsanalyse. Es wird hierbei zunächst die grundlegende Verteilungsannahme der Basiswertrenditen einer statistischen Analyse unterzogen

und deren Einhaltung überprüft. Des Weiteren wird eine Analyse auftretender Wertgrenzenverletzungen der beobachteten Optionsscheinpreise vorgenommen. Dabei erfolgt die Untersuchung für die verschiedenen Optionsscheingruppen detailliert nach unterschiedlichen Einflussparametern. Ziel dieser Voruntersuchungen ist es, die auf einer Nichteinhaltung spezieller Modellannahmen beruhenden Bewertungsabweichungen zu identifizieren bzw. zu eliminieren, um somit in nachfolgender Analyse das Auftreten von nicht generell durch das Modell bedingte Fehlbewertungen weitestgehend ausschließen zu können.

In Kapitel 7 erfolgt anhand zahlreicher statistischer Testverfahren die Identifizierung und Analyse von Bewertungsabweichungen. Unterschiede zwischen den beobachteten Marktpreisen und den berechneten Modellwerten werden in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen untersucht. Neben modellimmanenten Parametern werden auch modellfremde Einflussgrößen in die Untersuchung eingeschlossen, wobei getrennt nach Calls und Puts amerikanischer und europäischer Art vorgegangen wird. Um eventuelle emittentenspezifische Besonderheiten aufzudecken, werden alle Wirkungszusammenhänge nicht nur für die Gesamtdatenbasis, sondern auch einzeln für alle Emittenten durchgeführt. Ziel ist es, zum einen eine Systematik der Abweichungen hinsichtlich unterschiedlicher Einflussparameter zu identifizieren und damit die grundsätzliche Eignung der Bewertungsmodelle für den Teilmarkt der DAX-Optionsscheine zu bewerten, zum anderen mögliche Emittentengruppen zu identifizieren, die sich durch weitgehend identische charakteristische Bewertungseigenschaften auszeichnen.

I Theoretischer Teil

2 Grundlagen zum Optionsscheingeschäft

2.1 Historische Entwicklung

Nach der Einstellung des Terminhandels an den deutschen Börsen während der Weltwirtschaftskrise im Juli 1931 wurde erst am 1. Juli 1970 der Handel mit zunächst 38 Aktienoptionen an deutschen Wertpapierbörsen wieder aufgenommen.¹² Mangels ausreichender Marktliquidität und Standardisierung der Optionen hinsichtlich Basispreis bzw. Laufzeit, führte der deutsche Börseterminhandel jedoch lange Zeit, zumal es auch keine Clearing-Stelle¹³ gab, ein Schattendasein. Erst mit der Eröffnung der an der Schweizer Terminbörse (SOFFEX) angelehnten Deutschen Terminbörse (DTB) am 26. Januar 1990 wurde eine Terminbörse als vollelektronische Computerbörse mit integriertem Handels- und Clearingsystem in Deutschland geschaffen.

Angesichts des langjährigen Fehlens eines funktionierenden Terminmarktes und die den Aktien ähnliche unkomplizierte Handelbarkeit führte dazu, dass sich Anleger, die an Termingeschäften interessiert waren, vermehrt den Optionsscheinen zuwandten. Dabei wurden die traditionellen Optionsscheine ursprünglich nur zusammen mit einer Optionsanleihe von börsennotierten Unternehmen begeben.¹⁴ Nach nahezu 35 Jahren Stillstand machte 1967 die Lufthansa AG mit einer 6%-Optionsanleihe über 150 Mio. DM den Neubeginn in diesem Marktsegment.¹⁵

Eine stärkere Bedeutung erlangten Optionsanleihen und damit Optionsscheine jedoch erst gegen Ende der Achtziger Jahre. Während bis 1988 Optionsscheine im

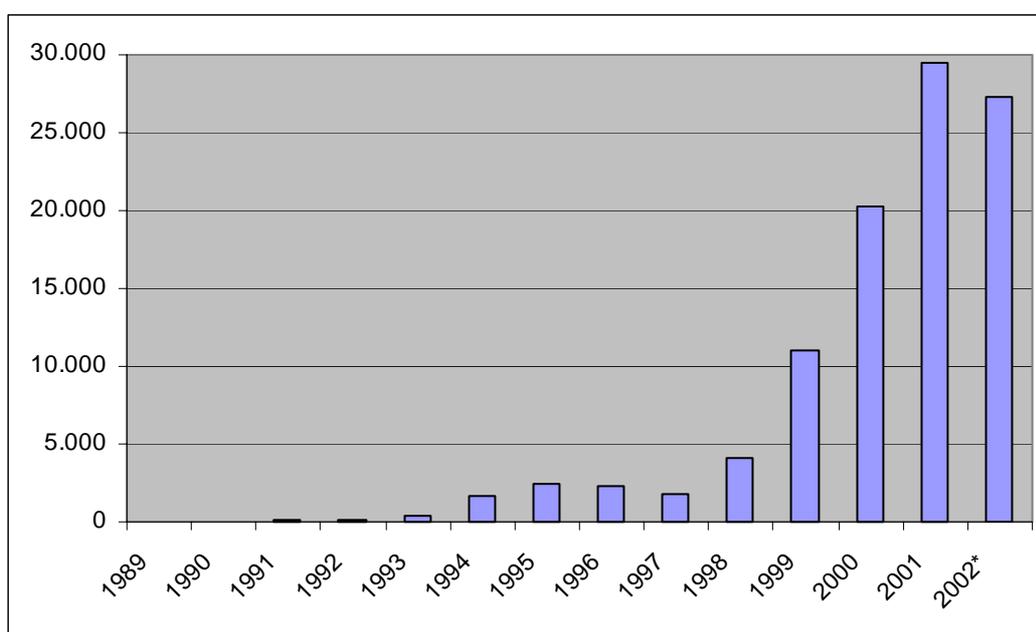
¹² Vgl. Hartmann/Martens (1970), S. 11 f.; Rudolph (1992), S. 315-316, S. 325.

¹³ Sie dient als Verrechnungsstelle für Derivate an einer Terminbörse, tritt als Vertragspartei in alle Termingeschäfte ein und garantiert deren Erfüllung. Vgl. Beer (1997), S. 25.

¹⁴ Bereits 1925 begab die Karstadt AG als erstes deutsches Unternehmen eine Optionsanleihe, allerdings auf dem US-Kapitalmarkt. Ihr folgte ein Jahr später die Leipziger Bierbrauerei Zu Reudnitz Riebeck & Co. AG mit einer Optionsanleihe auf dem deutschen Markt. Vgl. Schumann (1990), S. 9.

¹⁵ Vgl. Ziemer (1990), S. 512; Schumann (1990), S. 11.

Wesentlichen nur als Kaufoptionsscheine auf Aktien in Erscheinung traten, erfuhr der Optionsscheinmarkt in Deutschland in den folgenden Jahren einen grundlegenden Wandel. Zusätzlich zu den bisherigen als „klassisch“ bezeichneten Optionsscheinen wurden nun vermehrt auch sog. „nackte“ Optionsscheine als eigenständige, nicht von einer Optionsanleihe abgetrennte Scheine, emittiert.¹⁶ Diese Art der Optionsscheine hat die traditionellen Scheine inzwischen weit in den Hintergrund gedrängt. Die Entwicklung des Optionsscheinmarktes seit 1989 zeigt Abb. 2.1 anhand der jährlichen Anzahl gelisteter Optionsscheine an der in diesem Segment mittlerweile marktführenden Stuttgarter Börse.¹⁷



* Stand: Mai 2002

Abb. 2.1: Anzahl notierter Optionsscheine an der Börse Stuttgart

Quelle: Baden-Württembergische Wertpapierbörse, Jahresbericht 2000, 2001

Auffallend ist vor allem der explosionsartige Anstieg der Notierungen ab Ende 1998. Während sich bis zu diesem Zeitpunkt die Anzahl der gelisteten Scheine zwischen anfangs 50 und 2.387 im Jahr 1995 bewegte, stieg sie mit der allgemeinen Hausse bis Ende 2001 bis auf das bisherige Rekordniveau von 29.512 an. Dabei nahm der Anteil an Index-Optionsscheinen sogar innerhalb von nur drei

¹⁶ Zur Einordnung und Erläuterung dieser Begebungsform siehe Abschnitt 2.3.1.

¹⁷ Hierbei wird ab 1999 das neu gegründete Marktsegment EUWAX (European Warrant Exchange) betrachtet, das mit einem bundesweiten Marktanteil von 90,15% (Stand: September 2002) im Optionsscheinhandel auch zum größten Optionsscheinhandelsplatz in Europa avanciert ist. Vgl. EUWAX Börse Stuttgart (2002a), S.1.

Jahren von 38% auf 85% (Stand: Mitte 2002) sprunghaft zu.¹⁸ Dies verdeutlicht das zunehmende Interesse der Anleger gerade in diesem Produktsegment.

2.2 Optionsscheine versus Optionen

Optionsscheine und Optionen zählen neben einer Vielzahl von weiteren innovativen Finanzgeschäften zu den Derivaten (derivatives). Derivate sind Finanzinstrumente, die sich auf andere Instrumente wie z. B. Aktien, Devisen oder Zinsinstrumente beziehen und deren Preisentwicklung sich entsprechend von der Preisentwicklung dieser originären Objekte ableitet (lat. derivare). Die den Derivaten zugrunde liegenden Instrumente werden als Basiswerte (Basisobjekte, underlyings) bezeichnet. Die Charakteristik derivativer Instrumente besteht gerade darin, aufgrund der durch ihre Konstruktion bedingten Hebelwirkung mit einem niedrigen Kapitaleinsatz überproportional an der Kursentwicklung des Basiswertes zu partizipieren.¹⁹

Im Hinblick auf die Form der Vertragserfüllung handelt es sich bei den Derivaten um Termingeschäfte. Je nach Termingeschäftsart sind die Vertragsparteien berechtigt oder verpflichtet einen bestimmten Basiswert zu beziehen oder zu verkaufen, wobei Zeitpunkt, Menge und Preis von vorneherein festgelegt werden. Die Erfüllung der vertraglichen Vereinbarungen erfolgt erst zu einem in den Vertragsbedingungen festgelegten Zeitpunkt in der Zukunft.

Des Weiteren spricht man bei Optionen und Optionsscheinen von bedingten Termingeschäften. Während bei den ebenso zu den Derivaten zählenden Forwards²⁰ und Futures²¹, die als unbedingte Termingeschäfte eingestuft werden, die Chancen und Risiken für beide Vertragsparteien gleich verteilt sind, ist für den Käufer einer Option bzw. eines Optionsscheins das Risiko immer auf seinen anfänglichen Kapitaleinsatz in Höhe der Optionsprämie, also den für den Schein

¹⁸ Vgl. Meinel (2002), S. 15.

¹⁹ Zur Hebelwirkung von Optionsscheinen siehe auch Abschnitt 2.6.2.

²⁰ Forwards sind Termingeschäfte auf individueller vertraglicher Basis und bieten somit ein hohes Maß an Flexibilität. Ihr Nachteil besteht darin, dass sie sehr schwer glattzustellen sind, da sie nicht börsenmäßig gehandelt werden.

²¹ Bei Futures handelt es sich hingegen um vertragliche Vereinbarungen (Kontrakte), deren Ausgestaltung standardisiert ist und die zentral an einer Terminbörse gehandelt werden.

bezahlten Preis, beschränkt, da er lediglich ein Recht erwirbt, aber keine Verpflichtung eingeht.²² Im Gegensatz zu unbedingten Termingeschäften sind bedingte Termingeschäfte also keine zweiseitig verpflichtenden Verträge.

Der Käufer eines Optionsrechts²³ erwirbt gegen Zahlung eines Optionsrechtspreis (Optionsprämie) das Recht (aber nicht die Pflicht),

- eine bestimmte Menge eines Basiswertes (Basisobjekt, underlying),
- zu einem im Voraus festgelegten Preis (Basispreis, Ausübungspreis, strike price oder kurz: strike),
- jederzeit bis zur (amerikanische Art, american style) oder ausschließlich bei (europäische Art, european style) Fälligkeit (Verfalltag, expiration date),
- in einem bestimmten Bezugsverhältnis (Optionsverhältnis, option ratio)²⁴,
- zu kaufen/fordern (Kaufoptionsrecht, Call) oder zu verkaufen/liefern (Verkaufsoptionsrecht, Put).

Der Verkäufer ist umgekehrt seinerseits verpflichtet, eine bestimmte Menge eines Basiswertes zu dem im Voraus festgelegten Preis innerhalb eines bestimmten Zeitraums oder am Verfalltag entsprechend zu liefern oder abzunehmen.

Ist die physische Lieferung (physical delivery) oder Abnahme des Basiswertes nicht möglich, verpflichtet sich der Verkäufer stattdessen i. d. R. zur Zahlung der Differenz zwischen Basispreis und dem bei Ausübung aktuellen Marktpreis. Dieser sog. Barausgleich (cash settlement) ist insbesondere bei Index- oder Zinsoptionsrechten die Regel, da eine physische Andienung hier nicht möglich ist.

²² Daher auch der Begriff Option, der dem lateinischen Wort optio, was so viel wie freier Wille bedeutet, entstammt.

²³ Mit Optionsrechten sind im Folgenden aufgrund der bestehenden Analogie das beinhaltete Recht betreffend stets gleichermaßen Optionen und Optionsscheine gemeint.

²⁴ Das Optionsverhältnis bestimmt die Anzahl der Basiswerte die pro Optionsschein gekauft oder verkauft werden können. Bei Index-Optionsscheinen ist zumeist ein Bezugsverhältnis von 0,1 bzw. 0,01 üblich, d. h. es werden 10 bzw. 100 Call-Optionsscheine zum Bezug einer „DAX-Einheit“ benötigt. Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 413; Weissenfeld/Weissenfeld (1998), S. 360, 519.

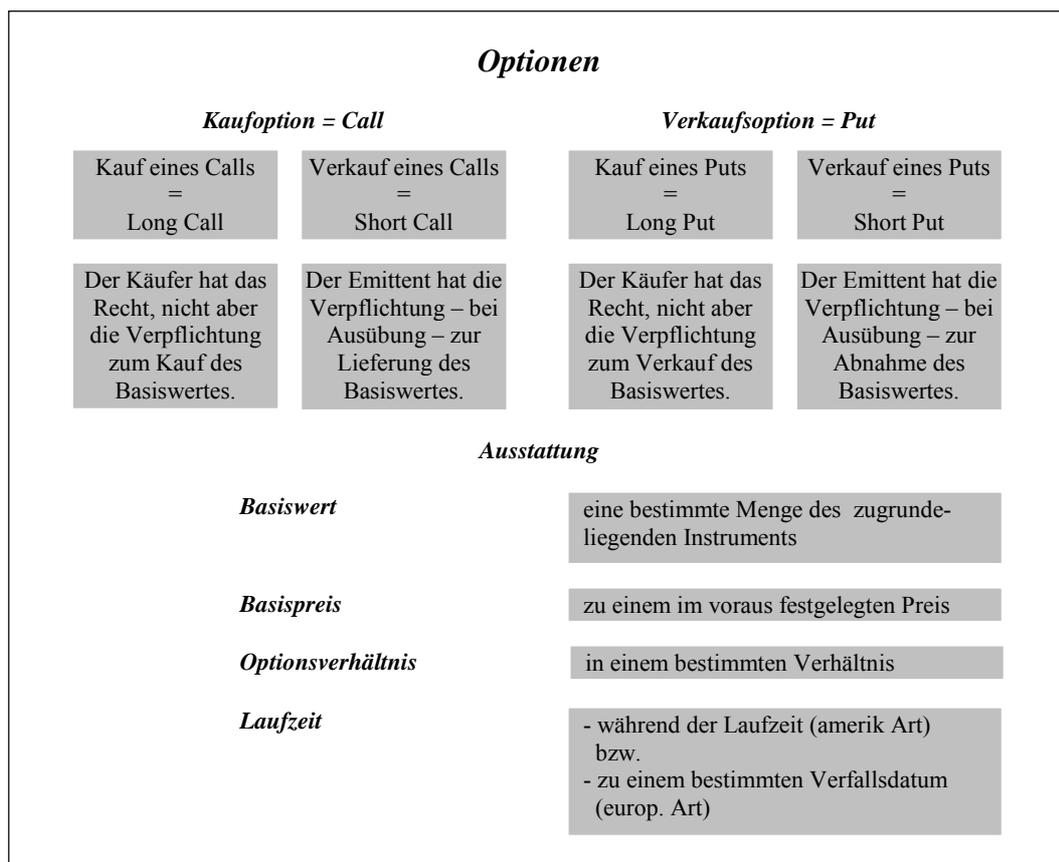


Abb. 2.2: Die vier Grundpositionen bei Optionsgeschäften

Bei an den Terminbörsen gehandelten Optionen können im Gegensatz zu Optionsscheinen die Marktteilnehmer grundsätzlich die Position des Käufers als auch des Verkäufers einnehmen, was letztendlich zu den vier Grundpositionen bei Optionen²⁵ führt wie sie in Abb. 2.2 dargestellt sind. Professionelle Investoren ziehen ein Engagement an den Terminmärkten vor, da sie dort nicht nur Calls und Puts erwerben können, sondern auch die Möglichkeit haben, die Perspektive der Gegenpartei einzunehmen, also Optionen zu verkaufen. Für den Investor am Optionsscheinmarkt beschränken sich die Anlagevarianten dagegen auf die Position des Käufers von Kauf- oder Verkaufsoptionsscheinen.

Der Verkäufer des Optionsrechts trägt das einseitige Ausübungsrisiko, da allein der Käufer über die Ausübung – bei amerikanischer Art auch über deren Zeitpunkt – bestimmt.²⁶ Hieraus resultiert die für bedingte Termingeschäfte

²⁵ Auch elementare Optionspositionen genannt. Vgl. Schäfer, B. (1995), S. 62-63.

²⁶ Der Verkäufer der Option hält sich quasi „still“ und wird daher auch als „Stillhalter“ bezeichnet. Eine andere gängige Bezeichnung für den Optionsverkäufer ist die des „Schreibers“. Er „unterschreibt“ seine Verpflichtung zur Abnahme bzw. Lieferung, wenn der

typische asymmetrische Risikoverteilung zwischen den Geschäftsparteien. Optionen und Optionsscheine weisen zwar die gleiche Risikocharakteristik auf, die formalen Unterschiede sind jedoch enorm.

<i>Option</i>	<i>Optionsschein</i>
- Kontrakt auf handelbares, unverbrieftes Recht	- Wertpapier mit Wertpapierkennnummer
- Laufzeiten zwischen 1 und 24 Monaten	- Laufzeiten von 1 bis zu 15 Jahren möglich
- Kauf und Verkauf von Calls und Puts möglich	- für Investor nur Kauf von Calls und Puts möglich
- standardisiertes Produkt nach den Regeln der Terminbörse	- Emittenten ²⁷ bestimmen die Konditionen im Detail
- kein Emissionsvolumen, unbegrenzter Handel möglich	- vom Emittenten vorgegebenes Emissionsvolumen

Tab. 2.1: Wesentliche Unterschiede zwischen Optionen und Optionsscheinen

Bei Optionsscheinen handelt es sich um in Wertpapierform verbriefte Optionsrechte, die wie andere Wertpapiere mit einer Wertpapierkennnummer versehen an den Aktienbörsen notiert werden.²⁸ Sie stellen im Gegensatz zu den terminbörslich gehandelten Optionen keine Kontrakte dar und weisen darüber hinaus keine einheitliche Standardisierung auf.²⁹ Vielmehr werden Kriterien wie Basispreis, Laufzeit oder Art der Andienung in den Emissionsbedingungen festgelegt, zu deren Veröffentlichung jeder Emittent verpflichtet ist.³⁰ In Tab. 2.1 sind die wesentlichen Unterschiede zusammengefasst.

Käufer dies wünscht. Der Käufer gilt in diesem Zusammenhang als der aktive, der Verkäufer indes als der passive Kontrahent. Vgl. Schäfer, B. (1995), S. 61.

²⁷ Als Emittenten treten bei den meisten heutzutage gehandelten Optionsscheinen Banken oder Brokerhäuser in Erscheinung.

²⁸ Optionsscheine werden heute zumeist als Sammelurkunden hinterlegt und nicht mehr in Form effektiver Stücke begeben.

²⁹ Bei Optionsscheinen ist lediglich eine Standardisierung bezogen auf Laufzeit, Bezugsrecht und Basiswert innerhalb einer begebenen Optionsserie eines Emittenten gegeben.

³⁰ Vgl. dazu §§ 13 ff. BörsZulV. Für die hauptsächlich im Freiverkehr gehandelten Optionsscheine siehe insbesondere § 7 VerkProspG sowie § 12 VerkProspV.

2.3 Klassifizierung von Optionsscheinen

2.3.1 Begebungsform und Unterlegung

Optionsscheine lassen sich anhand verschiedener Kriterien klassifizieren, darunter nach Begebungsform und Art der Unterlegung. So können Optionsscheine einmal von Aktiengesellschaften als Bestandteile von Optionsanleihen³¹ begeben werden, die zum Bezug von Aktien des Emittenten oder einer anderen Aktiengesellschaft berechtigen (stock warrant bonds).³² Bei diesen „klassischen“ Optionsscheinen handelt es sich stets um Kaufoptionsscheine. Scheine, die aus einer Anleihe stammen, werden entweder bereits kurz nach der Emission, i. d. R. aber in den ersten zwei Monaten nach Begebung der Optionsanleihe, abgetrennt und neben der Anleihe „ex“³³ getrennt gehandelt.³⁴ Da der Optionsscheininhaber bei Ausübung des Bezugsrechts neue Aktien der Aktiengesellschaft erhält, führt die Ausübung zu einer veränderten Kapitalstruktur der emittierenden Aktiengesellschaft in dem Sinne, dass sich das Eigenkapital der Gesellschaft erhöht.³⁵ Die Begebung von Aktienoptionsscheinen ist daher für deutsche Aktiengesellschaften nur nach Zustimmung der Anteilseigner im Rahmen einer bedingten Kapitalerhöhung möglich.³⁶

Zwar sind auch heute noch die klassischen Optionsscheine deutscher Aktiengesellschaften an den Börsen notiert, die überwiegende Anzahl stellen mittlerweile aber die getrennt von einer Anleihe emittierten Optionsscheine dar.³⁷ Diese beziehen sich auf bereits im Umlauf befindliche Basiswerte wie Wertpapiere, Derivate, Zinsen, Indizes oder Rohstoffe und werden sowohl als

³¹ Eine Optionsanleihe (Optionsschuldverschreibung) ist eine mit einem Optionsschein ausgestattete festverzinsliche Anleihe und galt bis Mitte der Achtziger Jahre lange Zeit als etwas vernachlässigtes Instrument der Kapitalmarktfinanzierung. Vgl. dazu auch Zahn (1991), S. 228.

³² Die DG-Bank hatte bspw. 1990 Optionsanleihen begeben, deren Bezugsrecht sich auf die Aktien der BHF-Bank bezog. Vgl. Deutsche Genossenschaftsbank (1990).

³³ Vor Abtrennung des Optionsscheins ist die emittierte Anleihe „cum“, also mit Optionsschein an der Börse notiert.

³⁴ Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 406; Heussinger et al. (2000), S. 21.

³⁵ Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom sog. Verwässerungseffekt (dilution effect). Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 400; Hull (2000), S. 253-254; Kohler (1992), S. 45-49.

³⁶ Die Emission einer Optionsanleihe erfordert nach § 221 AktG einen Beschluss der Hauptversammlung mit $\frac{3}{4}$ -Mehrheit. Vgl. dazu auch Perridon/Steiner (2002), S. 406. Zur rechtlichen Einordnung der Optionsanleihe siehe insbesondere Schumann (1990), S. 19-29.

³⁷ Vgl. Heussinger et al. (2000), S. 21, 39.

Kauf- als auch als Verkaufsoptionsscheine begeben. Sie stellen im Falle von Aktienoptionsscheinen, im Gegensatz zu den klassischen Scheinen, keine Instrumente zur Kapitalmarktfinanzierung dar, da sie die Eigenkapitalstruktur der Gesellschaft, auf die sich das jeweilige Underlying bezieht unverändert lassen. Aufgrund ihrer von einer Optionsanleihe losgelösten Emission werden diese Optionsscheine auch als „nackt“ (naked warrants) bezeichnet.³⁸ Seit dem Inkrafttreten der Börsengesetznovelle am 1. August 1989 in Deutschland gewannen getrennte Optionsscheine immer mehr an Bedeutung.³⁹ Mit dieser Novelle wurde es nunmehr auch Privatpersonen ermöglicht, rechtlich einwandfreie Börsentermingeschäfte abzuschließen.⁴⁰

Eine weitere heutzutage geläufigere Bezeichnung für Optionsscheine, die nicht aus einer bedingten Kapitalerhöhung stammen, ist die der sog. covered warrants. Ursprünglich wurden als „gedeckte“ Optionsscheine hauptsächlich Aktienoptionsscheine bezeichnet, die von Emissionshäusern begeben werden und das Recht verbriefen, bereits im Umlauf befindliche Aktien zu erwerben, die der Emittent über einen entsprechenden Deckungsbestand bereithält, um eine Bedienung bei Ausübung der Optionsscheine jederzeit zu ermöglichen. Über die Jahre hinweg wurde der Begriff covered warrant inhaltlich immer breiter gefasst. Inzwischen wird zumeist auf einen tatsächlichen physischen Deckungsbestand verzichtet und die Ansprüche des Optionsscheininhabers stattdessen durch entsprechende Hedging-Techniken gesichert.

Einen Vergleich der wichtigsten Merkmale von abgetrennten und getrennt emittierten Optionsscheinen vermittelt Tab. 2.2.

³⁸ Die Bezeichnung „nackte“ Optionsscheine wird mittlerweile (auch) für Optionsscheine verwendet, die ohne einen entsprechenden Deckungsbestand des emittierenden Unternehmens begeben werden.

³⁹ Vgl. Höhling/Schiereck (1994), S.170.

⁴⁰ Voraussetzung ist allerdings auch für den Optionsscheinhandel, dass der Teilnehmer die sog. Termingeschäftsfähigkeit nach § 53 II BörsG nachweisen kann. Dies geschieht i. d. R. durch die Aufklärung des Anlegers über die mit derartigen Geschäften verbundenen Risiken durch die depotführende Bank und einer schriftlichen Bestätigung des Kunden.

<i>Merkmale</i>	<i>Abgetrennte Optionsscheine</i>	<i>Getrennt emittierte Optionsscheine</i>
<i>Zulassung zum Börsenhandel</i>	Börsen-Zulassungsverordnung, Börsengesetz, Börsenprospekt ⁴¹	Optionsscheinbedingungen, Verkaufsprospekt ⁴²
<i>Börsensegment</i>	Amtlicher Handel, Telefonhandel	Amtlicher Handel, Geregelter Markt, Freiverkehr, Telefonhandel
<i>Emittent</i>	Aktiengesellschaft, auf deren Aktien sich das Optionsrecht bezieht	Emissionshäuser wie Banken und Wertpapier-Handelshäuser
<i>Basiswert</i>	Aktien	Neben Aktien z. B. auch Devisen, Indizes, Derivate, Rohstoffe
<i>Optionsrecht</i>	Kaufoptionsscheine, i. d. R. amerik. Art	Kauf- oder Verkaufsoptionsscheine, amerik. oder europ. Art
<i>Laufzeit</i>	meist 5-15 Jahre	meist 1-5 Jahre
<i>Auswirkung auf Kapitalstruktur</i>	bedingte Kapitalerhöhung durch Bezug „junger“ Aktien bei Ausübung	keine
<i>Erstmission</i>	1925	Ende 1988

Tab. 2.2: Vergleich wesentlicher Merkmale von abgetrennten und getrennt emittierten Optionsscheinen⁴³

2.3.2 Basiswerte und strukturelle Gestaltung

Als weitere Unterscheidungskriterien gelten vor allem die Vielzahl unterschiedlicher Basiswerte und die strukturelle Ausgestaltung der Scheine. Typische Basiswerte von Optionsscheinen sind Wertpapiere, hauptsächlich einzelne Aktien, aber auch ganze Aktienkörbe (baskets), Indizes (Aktienindizes, Rentenindizes), Zinsinstrumente (Zinssätze oder konkrete Anleihen)⁴⁴, Währungen (Fremdwährungen oder Fremdwährungswechselkurse) oder selbst Derivate (Optionsscheine, Futures). Daneben spielen Optionsscheine auf Rohstoffe oder Edelmetalle (commodities) eher eine untergeordnete Rolle.⁴⁵ Das größte und umsatzstärkste Segment des deutschen Optionsscheinmarktes stellen neben den Aktienoptionsscheinen die Index-Scheine dar. Dieser Produktbereich

⁴¹ Vgl. § 38 BörsG und §§ 13 ff. BörsZulV.

⁴² Vgl. VerkProspG.

⁴³ Tab. 2.2 angelehnt an Thiel (2001), S. 104.

⁴⁴ Zinsscheine können sich sowohl auf Zinssätze als auch auf Anleihen beziehen. Sie stellen eine Besonderheit dar, da hier der Käufer eines Zinsscheins auf sinkende Zinsen hofft, welches sich in steigenden Anleihekursen ausdrückt. Der Käufer eines Zins-Puts spekuliert dagegen auf steigende Zinsen.

⁴⁵ Aufgrund eines Indexierungsverbots in dem bis Ende 1998 gültigen Bundesbankgesetz war bspw. der Handel mit Calls und Puts auf Edelmetalle an deutschen Börsen nicht möglich. Vgl. Klotz/Philipp (2000), S. 65.

ist in den letzten Jahren überproportional gewachsen, da gerade hier die Möglichkeit besteht, an der Entwicklung eines – je nach gewähltem Index – mehr oder weniger großen Marktsegments überproportional zu partizipieren. Da mit Index-Scheinen quasi der gesamte Markt „gekauft“ werden kann, eignen sich diese auch sehr gut als Absicherungsinstrumente bei einem breit gestreuten Portfolio.⁴⁶

Neben den als Standard- oder Plain-Vanilla-Optionsscheinen bezeichneten, „einfach“ strukturierten Optionsscheinen, die entweder zum Kauf oder Verkauf des Basisobjekts berechtigen oder – in den meisten Fällen – einen Barausgleich vorsehen, sind in den letzten Jahren verstärkt sog. „exotische“ Optionsscheine kreiert worden. Emissionshäuser versuchen durch eine Vielzahl von verschiedenen Ausgestaltungsvarianten den Anforderungen des Marktes gerecht zu werden.⁴⁷ So gibt es den passenden Schein zu jeder möglichen Börsenentwicklung, ob Hausse, Baisse oder Seitwärtsbewegung. Ob Optionsscheine mit überproportionaler Hebelwirkung oder unterer bzw. oberer Kursschwelle, die Kreativität der Emittenten kennt scheinbar keine Grenzen. Einige dieser Sonderkonstruktionen sind – allerdings ohne nähere Erläuterung – auch in nachfolgender Übersicht (Tab. 2.3), die Optionsscheinarten am deutschen Optionsscheinmarkt betreffend, aufgelistet.⁴⁸

In dieser Arbeit bleibt die Betrachtung von exotischen Optionsscheinen und Sonderkonstruktionen gänzlich außen vor.⁴⁹ Die folgenden Ausführungen zur Optionsbewertung sowie die anschließenden empirischen Untersuchungen beschränken sich auf den Fall von Standard-Kauf- und Verkaufsoptionsscheinen,

⁴⁶ Auf den Absicherungsgedanken als klassisches Kaufmotiv wird in Abschnitt 2.5.2 näher eingegangen.

⁴⁷ Der Hauptgrund für die explosionsartige Entwicklung bei den „Exoten“ dürfte jedoch in der zunehmenden Konkurrenz der Emissionshäuser bei den Standard-Scheinen liegen, wodurch sich die Gewinnspannen für die Emittenten stark verringern.

⁴⁸ Auf die Berücksichtigung von Commodity-Optionsscheinen wird in Tab. 2.3 aufgrund ihrer untergeordneten Rolle verzichtet. Eingehende Darstellungen von speziellen Konstruktionen sowie weitere Sonderkonstruktionen finden sich bspw. in Hehn (1994), S. 38-45 sowie Klotz/Philipp (2000), S. 141-170.

⁴⁹ Einsatz und Bewertung exotischer Optionen werden ausführlich von Schäfer, M. (1998) behandelt. Dessen Ausführungen treffen ausnahmslos auch auf Optionsscheine zu, da der Handel mit „Exoten“ entweder mit OTC-Optionen außerbörslich oder mit börsennotierten Optionsscheinen spezieller Ausgestaltung erfolgt.

da sie nach wie vor den überwiegenden Teil aller gehandelter Optionsscheine ausmachen.

	<i>Aktien- optionsscheine</i>	<i>Index- optionsscheine</i>	<i>Währungs- optionsscheine</i>	<i>Zins- optionsscheine</i>
<i>Bezugsobjekte</i>	Nahezu alle in- und ausländischen, an dt. Börsen notierten Aktien (bzw. Aktienkörbe ⁵⁰)	In- und ausländische Aktienindizes (z. B. DAX, DAX 100, MDAX, NEMAX 50, NEMAX-All-Share, DJ Ind., Nasdaq Comp., S&P 500, DJ Stoxx, ATX, FTSE-100, MIB, SMI, etc.) oder Rentenindizes (z. B. REX)	Fremdwährungen (z. B. USD, JPY, GBP etc.) oder Fremdwährungswechselkurse (z. B. EUR/USD, USD/JPY etc.)	Referenzzinssätze (z. B. EUR-6-Monats-LIBOR), Anleihen (Bundesanleihen, Bundesobligationen, amerik. T-Bonds, jap. Government-Bonds) oder Zinsderivate (z. B. Bund-Future, US-Staatsanleihen, etc.)
<i>Optionsrecht</i>	Kauf- oder Verkaufsoptions-scheine meist amerik. Art	Kauf- oder Verkaufsoptions-scheine meist amerik. Art	Kauf- oder Verkaufsoptions-scheine meist amerik. Art	Kauf- oder Verkaufsoptions-scheine meist amerik. Art
<i>Andienung</i>	physische Lieferung bzw. Abnahme oder Barausgleich	Barausgleich	physische Lieferung bzw. Abnahme oder Barausgleich	physische Lieferung bzw. Abnahme oder Barausgleich
<i>Spezielle Konstruktionen</i>	Asian Option, Bull-Spread-, Capped-, Money-back-Scheine, Power-Warrants	Capped-, Earn-, Range-, Look-back-, Barrier-, Chooser-, Wunsch-Dir-Was-Scheine, Power-Warrants	Capped-, Drop-in-, Groi-, Barrier-, Cool-, Best-of-Scheine, Power-Warrants	Capped-Scheine, Straddle-, bzw. Strangle-Scheine

Tab. 2.3: Überblick über Optionsscheinarten und Sonderkonstruktionen⁵¹

2.4 Charakterisierung von Gewinn- und Verlustpositionen

Zur Verdeutlichung der Gewinn- und Verlustsituationen werden im Folgenden anhand von Positionsdiagrammen die für den Käufer eines Optionsscheins (bzw. einer Option) möglichen Grundpositionen den jeweiligen Direktgeschäften

⁵⁰ Optionsscheine auf Aktienkörbe werden gemeinhin nicht als Aktienoptionsscheine, sondern als Basket-Optionsscheine bezeichnet.

⁵¹ Darstellung angelehnt an Thiel (2001), S. 106-107.

gegenüber gestellt.⁵² Die Positionseröffnung erfolgt dabei zum Zeitpunkt t , die Auflösung der Position in T .⁵³

Der Käufer eines Kaufoptionsscheins erwirbt das zeitlich begrenzte Recht, die Lieferung des zugrundeliegenden Basiswertes zu einem festgelegten Basispreis X oder – bei entsprechender Vereinbarung in der Optionsscheinbedingungen – die Zahlung des Differenzbetrages zwischen dem Wert zum Ausübungszeitpunkt S_T und dem Basispreis zu verlangen. Die Eröffnung der Position erfolgt durch den Erwerb eines Calls zum Preis C_t im Zeitpunkt t . Sollte die Entwicklung des Basispreises nicht die gewünschte Richtung aufweisen und die Spanne zwischen dem Kurs des Underlyings bei Positionsauflösung und dem Basispreis nicht mindestens größer als der gezahlte Optionsscheinpreis sein, wird der Käufer die Option verfallen lassen. Im Falle einer positiven Kursentwicklung des Underlyings erzielt der Anleger durch die Ausübung einen Gewinn, wenn $S_T > X + C_T$ gilt. Dieser Gewinn i. H. der Differenz $S_T - X$, abzüglich des gezahlten Marktpreises des Calls, ist wie beim Direktkauf des Basiswertes theoretisch unbegrenzt. Der potenzielle Verlust wird allerdings durch die Höhe des gezahlten Optionsscheinpreises limitiert, beim entsprechenden Kassageschäft hingegen aufgrund sinkender Kurse prinzipiell Verluste bis zur Höhe des Kaufpreises für das Underlying S_t möglich wären.

Hier wird der Versicherungscharakter eines Optionsscheins deutlich. Die Optionsscheinprämie kann als eine Art Versicherungsprämie gegen ungünstige Kursbewegungen des Basiswertes verstanden werden.⁵⁴ Mit dem Erwerb von Calls versichert sich der Käufer als Versicherungsnehmer beim Stillhalter, dem Versicherungsgeber, gegen steigende Preise des Basiswertes.

⁵² Der Einfachheit halber seien Transaktionskosten hier nicht berücksichtigt.

⁵³ Mit dem Zeitpunkt T ist hier nicht der Verfallszeitpunkt des Scheins gemeint, sondern der Zeitpunkt der Ausübung. Die folgenden Überlegungen gelten somit sowohl für europäische als auch für amerikanische Optionsscheine. Eine Differenzierung ist nicht erforderlich.

⁵⁴ Vgl. Jarrow/Rudd (1983), S. 23.

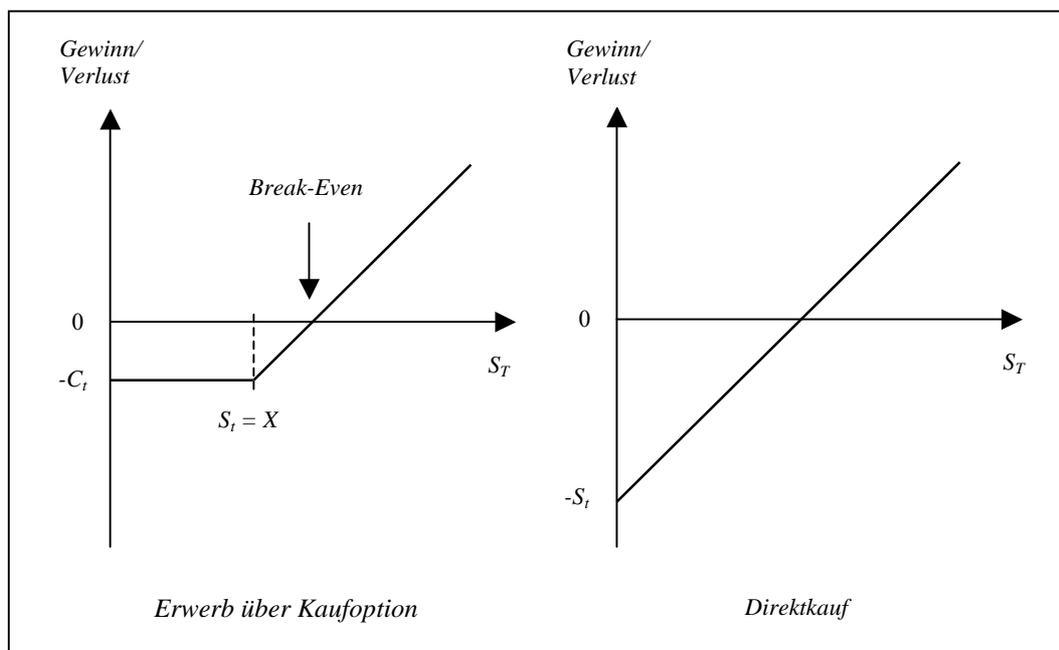


Abb. 2.3: Gewinn-/Verlust-Position beim Kauf eines Calls im Vergleich zum Direkterwerb des Basiswertes

Für den Käufer eines Verkaufsoptionsscheins sind die Erwartungen dagegen auf einen sinkenden Kursverlauf des Basiswertes gerichtet. Mit dem Erwerb des Puts zum Preis P_t wird die Position eröffnet. Falls sich die Erwartungen nicht erfüllen und zum Ausübungszeitpunkt der aktuelle Kurs des Underlyings über dem Basispreis abzüglich bezahltem Optionsscheinpreis liegt ($S_T > X - P_T$), wird die Option nicht ausgeübt und verfällt wertlos. Es entsteht ein auf die Prämie begrenzter Verlust. Gilt bei Positionsschließung $S_T \leq X - P_T$, kommt es hingegen zur Ausübung. Der Inhaber erwirbt den Basiswert zum Preis S_T und liefert diesen an den Stillhalter zum Basispreis X .⁵⁵ Der Gewinn ergibt sich i. H. der Differenz zwischen dem Basispreis und dem Underlyingkurs zum Ausübungszeitpunkt S_T , abzüglich der Optionsprämie. Begrenzt wird der Gewinn dadurch, dass der Kurs des Basiswertes nicht kleiner als null werden kann. Beim entsprechenden Direktgeschäft, dem Leerverkauf⁵⁶ des Basiswertes, kann hingegen bei steigenden Kursen unter Umständen ein größerer Verlust resultieren. Der Anleger muss den geliehenen Wert, den er am Markt zum aktuellen Kurs S_T verkauft, wieder zum

⁵⁵ Ist anstelle der physischen Lieferung ein Barausgleich i. H. von $X - S_T$ in den Optionsbedingungen vorgesehen, ändert dies nichts an der dargestellten Position.

⁵⁶ Beim Leerverkauf als Gegenposition zum Erwerb eines Puts befindet sich der veräußerte Basistitel nicht im Besitz des Investors. In Deutschland sind Leerverkäufe allerdings nur institutionellen Anlegern wie Banken, Fondsgesellschaften oder Versicherung vorbehalten.

vereinbarten Preis S_t zurückzahlen. Steigt der Kurs entgegen seinen Erwartungen über den Rückgabekurs, sind Verluste zu verzeichnen, da der nun teurere Wert geliefert werden muss.⁵⁷ Die Höhe der Verluste ist theoretisch unbegrenzt.

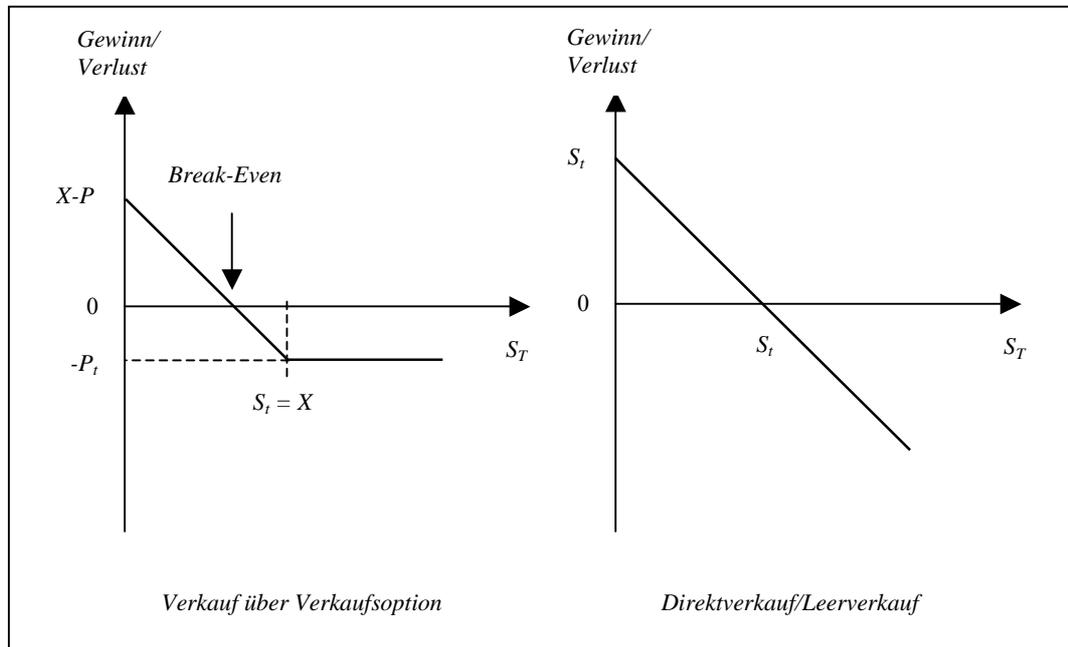


Abb. 2.4: Gewinn-/Verlust-Situation beim Kauf eines Puts im Vergleich zum Direktverkauf/Leerverkauf des Basiswertes

Optionsscheine beinhalten ein in die Zukunft gerichtetes Recht zum Erwerb oder Verkauf des Basistitels ohne jede Verpflichtung und garantieren dem Optionsscheinanleger so im Gegensatz zum direkten Anlagegeschäft einen auf die gezahlte Optionsprämie begrenzten maximalen Verlust, da er je nach Kursentwicklung des Basiswertes die Wahl hat, die Option entweder auszuüben oder aber verfallen zu lassen. Dennoch sollte erwähnt werden, dass das Risiko eines Totalverlusts des eingesetzten Kapitals im Vergleich zum Direktgeschäft wesentlich höher ist, wenn auch in der Höhe der Prämie limitiert.⁵⁸ Tab. 2.4 fasst noch einmal die mit Optionsscheinen verbundenen Rechte und Pflichten sowie die Gewinn- und Verlustmöglichkeiten zusammen.

⁵⁷ Vgl. Acker (1995), S. 24.

⁵⁸ Das Totalverlustrisiko bei einem Direktkauf bspw. einer Aktie ist wohl in aller Regel nahe bei null angesiedelt, zumindest wenn sich das Aktieninvestment auf Standardwerte beschränkt.

	<i>Call-Optionsschein</i>		<i>Put-Optionsschein</i>	
	<i>Kauf</i>	<i>Verkauf</i>	<i>Kauf</i>	<i>Verkauf</i>
<i>Verlust</i>	begrenzt (maximal Prämie)	unbegrenzt	begrenzt (maximal Prämie)	begrenzt (maximal Basispreis minus Prämie)
<i>Gewinn</i>	unbegrenzt	begrenzt (maximal Prämie)	begrenzt (maximal Basispreis minus Prämie)	begrenzt (maximal Prämie)

Tab. 2.4: Gewinn- und Verlustmöglichkeiten bei Optionsscheinen

2.5 Vorteile von Optionsscheinen und Motive der Investoren

2.5.1 Vergleich mit dem Direktgeschäft

Ein wesentlicher Vorteil der sich für den Erwerber eines Optionsscheins gegenüber dem entsprechenden Direktgeschäft ergibt, ist – wie im letzten Abschnitt bereits ausgeführt – der Versicherungscharakter von Optionsscheinen verbunden mit einem in der Höhe begrenzten Verlustpotenzial. Während mit Calls günstige Kaufkurse auf absehbare Zeit gesichert werden können, wird ein Käufer mit Puts in die Lage versetzt, für sich Mindestkurse des Basiswertes zu garantieren.

Daneben können eine Reihe weiterer Vorteile genannt werden. Einige davon sind:⁵⁹

- *Risikobegrenzung:*
Da mit dem Erwerb eines Optionsscheins lediglich ein Recht erworben jedoch keine Verpflichtung eingegangen wird, ist das damit verbundene Risiko begrenzt und in seiner Höhe absehbar.
- *Geringer Kapitaleinsatz und Hebelwirkung:*
Im Vergleich zum Direktgeschäft ist der erforderliche Kapitaleinsatz beim Engagement in Optionsscheinen wesentlich geringer, wodurch zusätzliche

⁵⁹ Vgl. hierzu Schäfer, K (1995), S. 64-65, sowie Cox/Rubinstein (1985), S. 44-59.

finanzielle Mittel frei werden. Ebenso ist die von den Anlegern geschätzte Hebelwirkung durch den relativ geringen Kapitaleinsatz begründet. Dadurch fallen bei Änderungen des Underlyingkurses die prozentualen Änderungen des Optionsscheinpreises höher aus als die des Basiswertes.

- *Umsetzung bestimmter Markterwartungen:*

Privatanlegern, die nicht über die Möglichkeit zu Leerverkäufen verfügen, bietet sich mit dem Erwerb von Puts die einzige vergleichbare Möglichkeit, auch an etwaigen Kursverlusten gewinnbringend teilzuhaben. Mittlerweile ist durch die Existenz von Optionsscheinen mit den verschiedensten Risiko- bzw. Zahlungscharakteristiken sichergestellt, nahezu jeder möglichen Markterwartung der Anleger entsprechen zu können.

2.5.2 Einsatzmöglichkeiten und Anlagemotive

Die Bereitschaft für den Einsatz von Optionsscheinen und das Engagement im Optionsscheinhandel resultiert aufgrund oben genannter Vorteile und äußert sich in den nachfolgenden drei grundlegenden (Haupt-)Motiven.⁶⁰

- *Spekulation (Trading):*

Der Spekulant ist bereit, bewusst Risiken zu übernehmen in der Hoffnung, Gewinne aus erwarteten günstigen Kursentwicklungen zu realisieren. Das Spekulationsgeschäft⁶¹ gilt als wichtigstes Kaufmotiv. Spekuliert wird auf entsprechende Kursbewegungen des Underlyings ohne dieses selbst besitzen zu müssen. Da der Besitzer eines Optionsscheins an der Kursentwicklung des Basiswertes überproportional teilnimmt, ergibt sich für ihn bei vergleichsweise geringem Kapitaleinsatz auch ein überproportionales Gewinnpotenzial. Im Vordergrund steht bei der Spekulationsstrategie also weniger die tatsächliche Ausübung seines Rechts, sondern vielmehr den

⁶⁰ Ähnliche Motivübersichten finden sich bspw. bei Andres (1998), S. 110, Schäfer, K. (1995), S. 65, Kohler (1992), S. 31 sowie Plötz (1991), S. 18-19. Als viertes Motiv wird oft auch das sog. Diversifikationsmotiv angeführt. Demnach gelingt es durch Hinzunahme von verschiedenartigen Optionsscheinen ein bestehendes Portfolio breiter zu streuen (zu diversifizieren) mit dem Ziel, das Rendite-Risikoprofil des Gesamtportfolios zu verbessern. Vgl. Andres (1998), S. 110.

⁶¹ Zur Definition von Spekulationsgeschäften vgl. Becker (1994), S. 572-573.

Schein vor Ablauf der Optionsfrist mit gesteigertem Gewinn wieder zu veräußern. Die Spekulation auf sinkende Kurse ist für den Privatanleger – wie bereits erwähnt – aufgrund fehlender Leerverkaufsmöglichkeit ohnehin nur mit den entsprechenden Puts möglich.

- *Absicherung (Hedging):*

Der sog. Hedger nimmt gewissermaßen eine Gegenposition zum Spekulanten ein, da er versucht die Kursrisiken bestehender oder geplanter Kassageschäfte durch entsprechende Geschäfte am Terminmarkt abzusichern (engl. to hedge). Als eine Art Versicherung gegen Kursschwankungen des Underlyings wird am Optionsscheinmarkt eine Gegenposition zum Geschäft mit dem Basisobjekt eingegangen. Insbesondere sind Put-Optionsscheine dazu geeignet, eine entsprechende Longposition des Basiswertes gegen Verluste abzusichern.

- *Arbitrage:*

Arbitrageure beabsichtigen durch den gleichzeitigen Kauf oder Verkauf der gleichen Werte, Preisunterschiede auf Kassa- und Terminmärkten ohne jedes Risiko für kleine Profite auszunutzen, wobei sie durch ihre Aktivität auf verschiedenen Märkten für die Angleichung der Kurse auf eine fairen Niveau sorgen. Arbitragegeschäfte sind jedoch i. d. R. professionellen Anlegern vorbehalten, da diesen im Gegensatz zu Privatanlegern meist deutlich geringere Transaktionskosten entstehen, wodurch die oft minimalen Kursunterschiede bei Arbitragegeschäften erst profitabel werden.

2.6 Options(schein)preis und Options(schein)kennzahlen⁶²

2.6.1 Preiskomponenten

Je mehr bei einem Call (Put) der aktuelle Kurs des Basiswertes den Basispreis überschreitet (unterschreitet), desto mehr Profit kann ein Investor bei Ausübung seines Optionsrechts erzielen. Der Optionsschein, der ihn dazu berechtigt, gewinnt

⁶² Die folgenden Ausführungen gelten prinzipiell sowohl für Optionsscheine als auch für Optionen.

also umso mehr an Wert, je größer die Differenz zwischen Basispreis und aktuellem Börsenwert ist. Man bezeichnet gemeinhin diese Differenz als rechnerischen oder inneren Wert (intrinsic value) eines Optionsscheins. Der innere Wert entspricht – ungeachtet etwaiger Transaktionskosten – dem Betrag, den ein Investor bei sofortiger Ausübung des Scheins realisieren kann.⁶³

$$\text{Innerer Wert eines Calls} = \begin{cases} S_t - X & \text{für } S_t > X \\ 0 & \text{für } S_t \leq X \end{cases} \quad (2-1a)$$

$$\text{Innerer Wert eines Puts} = \begin{cases} X - S_t & \text{für } S_t < X \\ 0 & \text{für } S_t \geq X \end{cases} \quad (2-1b)$$

Weist ein Optionsschein einen positiven inneren Wert auf, notiert der Schein „im Geld“ (in the money). Entspricht der aktuelle Kurs des Underlyings gerade dem Basispreis, spricht man von einem Optionsschein „am Geld“ (at the money). „Aus dem Geld“ (out of the money) dagegen sind Optionsscheine, wenn bei Calls (Puts) das Underlying unter (über) dem Basispreis notiert.

Die Differenzierung in bestimmte Gruppen geschieht zumeist anhand des sog. Moneyness-Wertes.⁶⁴ Die Moneyness gibt das Verhältnis zwischen dem Kurs des Basiswertes S_t und dem Basispreis X zum Zeitpunkt t an und gilt als eine der wichtigsten optionstheoretischen Kennzahlen.

$$\text{Moneyness}_t = \frac{S_t}{X} \quad (2-2)$$

Dabei gilt es zu beachten, dass eine hohe Moneyness, also ein hoher Moneyness-Wert, bei Calls auf in-the-money-, bei Puts hingegen auf out-of-the-money-Positionen hinweist (vgl. Tab. 2.5).

⁶³ Der innere Wert wird daher oft auch als Ausübungswert bezeichnet.

⁶⁴ Meist wird noch eine feinere Abstufung für Optionsscheine im Bereich in the money bzw. out of the money vorgenommen, wie auch in Tab. 2.5 dargestellt. Die Einteilung erfolgt in Anlehnung an Trautmann (1990), S. 95. Vgl. dazu auch Höhling/Schiereck (1995), S. 174, sowie Schäfer, B. (1995), S.64.

	<i>Moneyness</i>	<i>Call-Optionsschein</i>	<i>Put-Optionsschein</i>
$X \gg S_t$	bis 0,85	deep out of money	deep in the money
$X > S_t$	über 0,85 bis 0,95	out of the money	in the money
$X = S_t$	über 0,95 bis 1,05	at the money	at the money
$X < S_t$	über 1,05 bis 1,15	in the money	out of the money
$X \ll S_t$	über 1,15	deep in the money	deep out of money

Tab. 2.5: Moneyness-Kategorien bei Optionsscheinen

Der Optionsscheinpreis, d. h. der Preis der für den Schein am Markt zu zahlen ist, stimmt i. d. R. nicht mit dem inneren Wert überein. Der Marktpreis übersteigt regelmäßig den inneren Wert um den sog. Zeitwert (oder Zeitprämie) des Optionsscheins. Rechnerisch bestimmt sich der Zeitwert als Differenz zwischen dem aktuellen Marktpreis des Scheins und seinem inneren Wert. Für den Zeitwert wird bei Optionsscheinen auch häufig der Begriff Aufgeld als Synonym verwendet.⁶⁵ Dabei ist allerdings festzuhalten, dass das Aufgeld aufgrund seiner Konstruktion auch einen negativen Wert annehmen kann.⁶⁶ Das Aufgeld erweist sich als eine wichtige Kennzahl im Rahmen der beschreibenden Optionsscheinanalyse, da es sich schnell und einfach berechnen lässt und den Vergleich mit anderen Scheinen prinzipiell ermöglicht.⁶⁷

Der Zeitwert stellt für den Verkäufer des Optionsscheins eine Art Risikoprämie dar die er vom Käufer verlangt. Das Risiko des Stillhalters besteht gerade in der (vorzeitigen) Ausübung des Optionsrechts durch den Inhaber. Da eine vorzeitige Ausübung jedoch nur bei amerikanischen Optionsscheinen möglich ist, ist dies für europäische Optionsscheine lediglich eine theoretische Betrachtung.

Der Preis eines Call- bzw. Put-Optionsscheins entspricht bei Fälligkeit (am Laufzeitende) exakt dem inneren Wert, der Zeitwert ist dann gleich null. Vor Fälligkeit ist dagegen noch eine mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit gegeben, dass sich die Moneyness bzw. der Kurs des Basiswertes in die

⁶⁵ Vgl. bspw. Hehn (1994), S. 53.

⁶⁶ Ein negatives Aufgeld wird indes als Abgeld bezeichnet.

⁶⁷ Siehe dazu auch die Ausführungen zu den Optionskennzahlen in Abschnitt 2.6.2.

gewünschte Richtung entwickelt und es zur Ausübung kommt. Der Zeitwert ist positiv.

Die Zusammensetzung des Optionsscheinpreises verdeutlichen die Abb. 2.4 und 2.5. Hier wird allerdings nicht der tatsächliche Optionsscheinpreis als Ergebnis des Zusammenwirkens von Angebot und Nachfrage auf dem Optionsscheinmarkt, sondern der theoretische, idealtypische Wert eines Call- (C_t) bzw. Put-Optionsscheins (P_t) vor Fälligkeit in Abhängigkeit vom Kurs des Underlyings S_t und vom Basispreis X als Summe aus innerem Wert und Zeitwert dargestellt.⁶⁸

Abb. 2.4 gibt sowohl die Wertsituation bei einem Optionsschein europäischer als auch amerikanischen Art wieder. Ohne Berücksichtigung von kursbeeinflussenden Dividendenzahlungen kann gezeigt werden, dass der Wert eines amerikanischen Calls während der gesamten Laufzeit dem eines europäischen Calls entspricht, da das mit dem amerikanischen Call verbundene vorzeitige Ausübungsrecht für einen rational handelnden Investor wertlos ist.⁶⁹

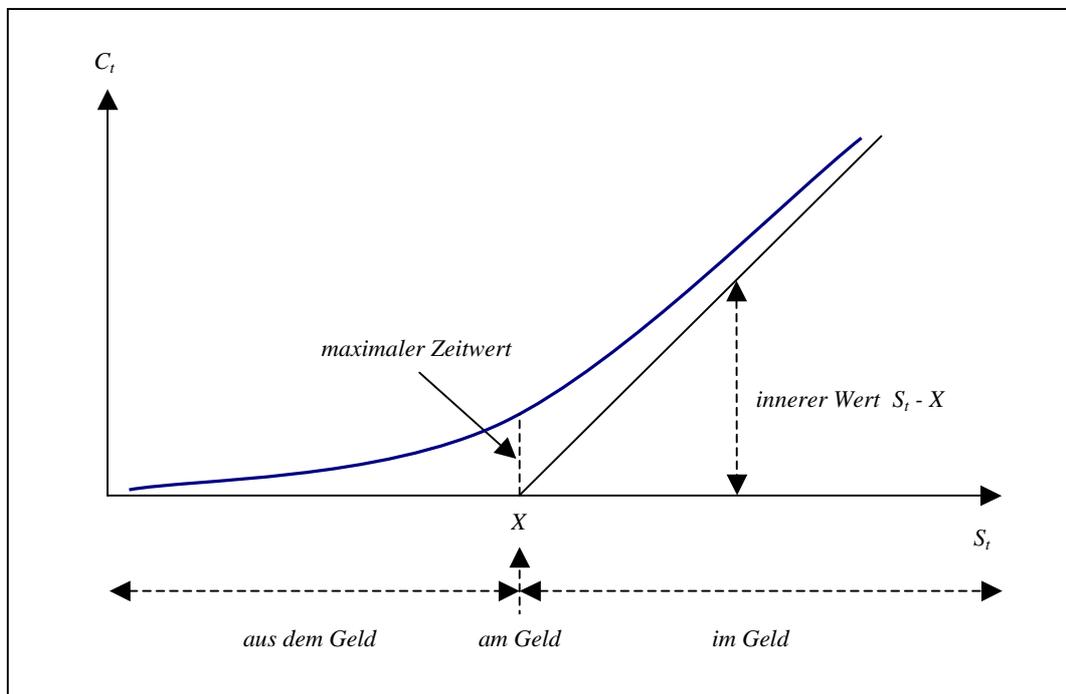


Abb. 2.5: Wert eines Calls vor Fälligkeit in Abhängigkeit vom Basiswertkurs

⁶⁸ Der theoretische Wert ergibt sich als Ergebnis modellgestützter Bewertungsverfahren und nimmt hier den dargestellten idealtypischen Verlauf an. Der tatsächliche Marktpreis eines Optionsscheins wird davon meist mehr oder weniger stark abweichen.

⁶⁹ Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 3.3.3.1.

Dagegen stellt Abb. 2.5 lediglich die Situation für einen amerikanischen Put dar. Es kann hier gezeigt werden, dass eine Ausübung des Optionsrechts vor Fälligkeit bei einem amerikanischen Put ab einem hinreichend niedrigen Kursniveau des Underlyings (Punkt K in Abb. 2.5) nicht nur sinnvoll, sondern optimal ist (sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung von Dividendenzahlungen).⁷⁰ Der Wert des Puts besteht dann gänzlich aus seinem inneren Wert. Diese Möglichkeit einer vorzeitigen Ausübung kostet den Optionsscheinkäufer eine zusätzliche Prämie. Der Wert eines europäischen Puts ohne vorzeitige Möglichkeit zur Ausübung wird daher den Wert eines amerikanischen Puts gerade um diese Prämie unterschreiten.⁷¹

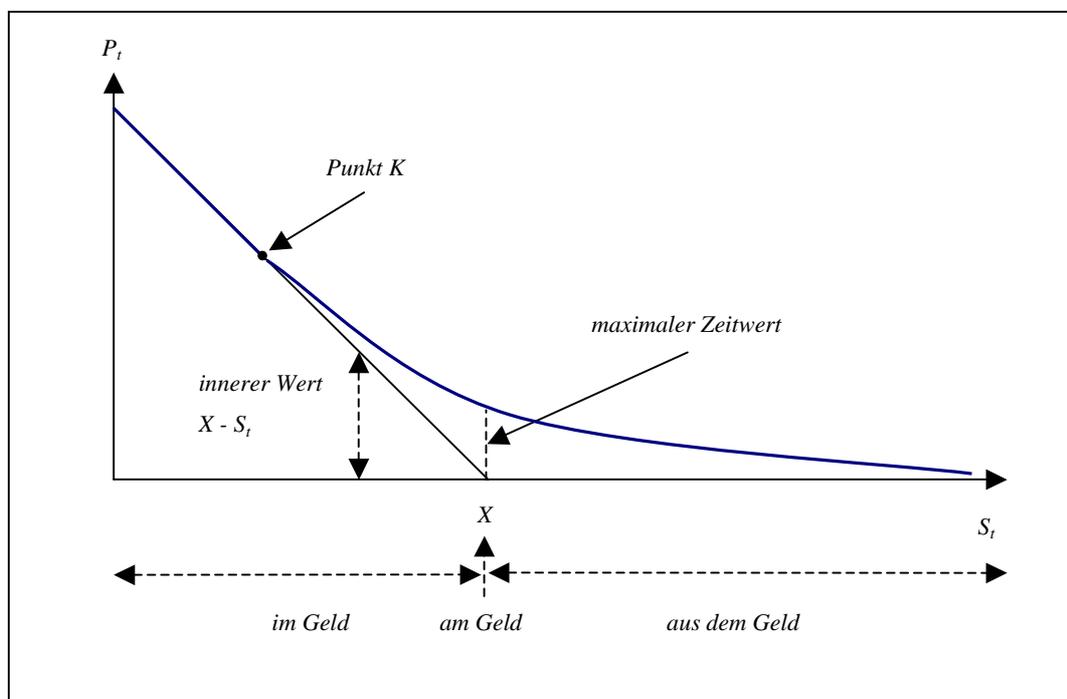


Abb. 2.6: Wert eines (amerik.) Puts vor Fälligkeit in Abhängigkeit vom Basiswertkurs

⁷⁰ Dieser kritische Basiswertkurs wird später mit S^* bezeichnet werden. Siehe hierzu Abschnitt 3.3.3.2 bzw. 4.2.

⁷¹ Dadurch kann der Wert eines europäischen Puts auch unter seinen inneren Wert fallen.

2.6.2 Options(schein)kennzahlen

Optionskennzahlen⁷² dienen in besonders einfacher Art und Weise dazu, die Preiswürdigkeit von Optionsrechten, insbesondere im Hinblick auf den Vergleich zwischen ähnlich gestalteten Rechten, einem potenziellen Investor aufzuzeigen. Sie sind rein beschreibender Natur und für die Auswahlentscheidung durchaus von Nutzen. Ihre Aussagekraft diesbezüglich wird in der Praxis aber oft, mangels Berücksichtigung unterschiedlicher Ausstattungsmerkmale oder weiterer Kennzahlen wie bspw. den Grad der Moneyness, deutlich überschätzt. Die geläufigsten Kennzahlen seien dennoch kurz angesprochen. Neben den bereits erwähnten Größen innerer Wert, Zeitwert und Moneyness, gehören das Aufgeld⁷³, der Hebel sowie die sog. „Griechen“⁷⁴ (greek letters) dazu.

Das Aufgeld drückt aus, um wie viel teurer der Erwerb (bzw. Verkauf) des Underlyings zum Zeitpunkt t durch Ausübung des Call- (bzw. Put-)Optionsrechts im Vergleich zum Direktgeschäft, also Kauf oder Verkauf des Basiswertes am Kassamarkt, ist.⁷⁵ Das Aufgeld ist damit eine wesentliche Kennzahl zur Beschreibung bzw. Beurteilung eines Optionsscheins. Das absolute Aufgeld⁷⁶ zum Zeitpunkt t wird wie folgt berechnet:

$$\text{Absolutes Aufgeld eines Calls: } AU(C)_t^{abs} = C_t - \underbrace{(S_t - X)}_{\text{Parität (C)}} \quad (2-3a)$$

$$\text{Absolutes Aufgeld eines Puts: } AU(P)_t^{abs} = P_t - \underbrace{(X - S_t)}_{\text{Parität (P)}} \quad (2-3b)$$

⁷² Für die nachfolgend dargestellten Kennzahlen bleibt das Optionsverhältnis unberücksichtigt.

⁷³ Für Aufgeld findet häufig als Synonym auch Agio Verwendung, für Abgeld entsprechend Disagio.

⁷⁴ Bei den „Griechen“ handelt es sich um Sensitivitätskennzahlen, ermittelt auf Grundlage eines speziellen Optionsbewertungsmodells, welche Auskunft über das Verhalten des (theoretischen) Wertes eines Optionsscheins bei Veränderung spezieller wertbeeinflussender Faktoren geben. Siehe hierzu die entsprechenden Ausführungen zur Sensitivitätsanalyse in Abschnitt 4.1.6.

⁷⁵ Für europäische Optionsscheine ist dies wiederum nur eine theoretische Betrachtung, da das Optionsrecht nur zu einem fest bestimmten Zeitpunkt am Ende der Laufzeit ausgeübt werden kann.

⁷⁶ Die Bezeichnungen sind in der Literatur nicht eindeutig. Häufig wird das absolute Aufgeld auch als Prämie bezeichnet. Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 403. Hehn hingegen setzt das relative Aufgeld dem Begriff Prämie oder Zeitwert gleich. Vgl. Hehn (1994), S. 53.

Das Aufgeld ergibt sich also aus der Differenz zwischen dem Preis und der sog. Parität des Optionsscheins. Die Parität ist bis auf das Fehlen der Nichtnegativitätsbedingung identisch mit dem inneren Wert.⁷⁷ Somit entspricht das Aufgeld für den Fall, dass die Parität nicht negativ ist, dem Zeitwert des Optionsscheins. Für einen Vergleich mit anderen Warrants, insbesondere bei unterschiedlichen Laufzeiten, berechnet man meist aber das relative bzw. jährliche (relative) Aufgeld.⁷⁸

Des Weiteren gilt der sog. Hebel⁷⁹ als eine wichtige Kenngröße, die Leistung eines Optionsscheins zu beurteilen.⁸⁰ Hierbei wird das Verhältnis zwischen dem Kurs des Basiswertes und dem Optionsscheinpreis betrachtet. Der einfache Hebel ergibt sich demnach wie folgt.

$$\text{Einfacher Hebel eines Calls: } H_t^{\text{einf}} = \frac{S_t}{C_t} \quad (2-4a)$$

$$\text{Einfacher Hebel eines Puts: } H_t^{\text{einf}} = \frac{S_t}{P_t} \quad (2-4b)$$

Der Hebel suggeriert, dass mit dem Schein bei gleichem Kapitaleinsatz um ein Vielfaches (Betrag des Hebels) von der Entwicklung des Basiswertes partizipiert werden kann.⁸¹ Somit ist es möglich, die gleiche Rendite mit geringerem Kapitaleinsatz zu erreichen. Allerdings kann die Verwendung des Hebels zu enormen Fehleinschätzungen bzgl. der Leistung eines Optionsscheins führen, falls

⁷⁷ Eine positive Parität gibt daher den Betrag an, der bei sofortiger Ausübung und zeitgleicher Gattstellung am Kassamarkt zu realisieren wäre. Eine negative Parität gibt an, um welchen Betrag der Basiswert steigen (Call) bzw. sinken (Put) müsste, damit die Option im Geld notieren würde. In der Praxis werden die Begriffe Parität und innerer Wert häufig synonym verwendet.

⁷⁸ Das relative Aufgeld (Aufgeld in %) ergibt sich als Aufgeld in Relation zum Kurs des Underlyings. Für einen Call gilt bspw.: $AU(C)_t^{\text{rel}} = \frac{C_t + X - S_t}{S_t} \cdot 100$. Für das jährliche Aufgeld ist dieser Wert noch durch die Restlaufzeit (in Jahren) zu dividieren.

⁷⁹ In der Praxis finden auch Begriffe wie Leverage oder Leveragefaktor synonyme Bedeutung. Vgl. Steiner/Bruns (2000), S. 404; Hehn (1994), S. 55.

⁸⁰ Vgl. Thiel (2001), S. 25.

⁸¹ Der Hebel ist theoretisch immer größer oder gleich eins, da der Wert eines Rechts auf Bezug (bzw. Verkauf) eines Objekts nicht höher sein kann als der Wert des Objekts selbst. Siehe hierzu auch die Ausführungen zur Wertgrenzenbestimmung in Abschnitt 3.3.

der Hebel fälschlicherweise mit der Elastizität⁸² des Scheins gleichgesetzt wird. Diese Analogie trifft nur bei weit im Geld notierenden Optionsscheinen zu. Deutlich wird dies, wenn man sich den Verlauf des Optionsscheinwertes in Abb. 2.4 bzw. 2.5 nochmals vor Augen führt. Bei Optionsscheinen, die weit im Geld liegen, bestimmt sich ihr Wert (fast) gänzlich durch den inneren Wert, d. h. sie weisen ein Aufgeld nahe null auf. Der Hebel geht in diesem Fall gegen eins und der Optionsschein verhält sich nahezu identisch zum Basiswert.⁸³

Für einen Call gelten daher beispielhaft die folgenden Überlegungen. Die Veränderung, die der Call-Wert durch eine Änderung des Basiswertes erfährt, wird ausgedrückt durch folgende Größe: $\partial C_t / \partial S_t$.⁸⁴ Bei weit im Geld notierenden Optionsscheinen gilt $C_t \approx S_t - X$ und damit $\partial C_t / \partial S_t \approx 1$. In diesem Fall entspricht der absolute Hebel der Elastizität des Optionsscheinpreises bzgl. des Underlyingkurses und es gilt:

$$\frac{S_t}{C_t} \approx \underbrace{\frac{\partial C_t}{\partial S_t} \frac{S_t}{C_t}}_{\approx 1} \approx 1. \quad (2-5)$$

Elastizität

Für alle anderen Moneyness-Bereiche ist der absolute Hebel keine adäquate Kennzahl für die Elastizität, da $\partial C_t / \partial S_t$ mit zunehmendem Basiswertkurs immer kleiner wird und sich immer weiter dem Wert null annähert.⁸⁵ Auch die Verwendung des sog. effektiven Hebels, der unter Berücksichtigung des jährlichen Aufgeldes bei am- oder aus-dem-Geld-notierenden Optionsscheinen den einfachen Hebel entsprechend den Erwartungen für Scheine in diesen Moneyness-Bereichen zu vermindern vermag, gilt ebenfalls nur als grobe Approximation und stellt sich ebenso wenig als geeignete Kennzahl für eine Kursprognose oder Auswahl von Optionsscheinen dar.⁸⁶

⁸² Die Elastizität gilt im Rahmen der Sensibilitätsanalyse als wichtige Kennzahl und wird dort mit Ω bezeichnet. Siehe dazu auch Abschnitt 4.1.6.

⁸³ Vgl. Hehn (1994), S. 55.

⁸⁴ Diesen Ausdruck erhält man i. d. R. jedoch erst bei Zugrundelegung eines entsprechenden Bewertungsmodells durch partielle Ableitung der Wertgleichung für den Optionsschein nach dem Kurs des Basiswertes. Siehe hierzu auch Abschnitt 4.1.6.

⁸⁵ Vgl. Thiel (2001), S. 25-26; Hehn (1994), S. 55-56.

⁸⁶ Vgl. Thiel (2001), S. 26.

2.7 Der Handel mit Optionsscheinen

Der Handel mit Optionsscheinen in Deutschland vollzieht sich im Gegensatz zu den Optionen nicht an der Terminbörse, sondern trotz ihrer rechtlichen Einstufung als Termingeschäft hauptsächlich an den Wertpapierbörsen. Daneben existiert noch der außerbörsliche Handel (Over-The-Counter-Handel, kurz: OTC-Handel). Man versteht darunter ein Direktgeschäft zwischen der Bank des Anlegers und dem Optionsschein-Emittenten. Der Anleger kann dabei telefonisch oder über ein elektronisches Handelssystem des Emittenten handeln. Die vertraglichen Vereinbarungen können individuell ausgestaltet werden, wobei aufgrund fehlender staatlicher Aufsicht die Vertragserfüllung im Allgemeinen aber weniger Sicherheit bietet.⁸⁷

Der Börsenhandel hingegen garantiert meist einen reibungslosen, fairen Handelsablauf, nicht zuletzt aufgrund vielfältiger Standards. In Deutschland sind vor allem drei Wertpapierbörsen im Optionsscheingeschäft vertreten: die Börsen in Stuttgart, Frankfurt am Main und Düsseldorf. Der Handel vollzieht sich elektronisch oder traditionell auf dem Parkett, wobei der Parketthandel die Notierung von Optionsscheinen in den Segmenten amtlicher Markt⁸⁸, geregelter Markt⁸⁹ oder Freiverkehr⁹⁰ zulässt (Abb. 2.7).

Eine führende Position im börslichen Optionsscheinhandel hat mittlerweile die European Warrant Exchange (EUWAX) als spezielles Börsensegment für Optionsscheine, Hebel- und Anlagezertifikate, Aktienanleihen und Exchange Traded Funds im Freiverkehr der Baden-Württembergischen Wertpapierbörse. Die EUWAX zählt mit einem Marktanteil von über 90% (Stand: Sept. 2002) am börslichen Optionsscheinhandel in Deutschland mittlerweile sogar zum weltgrößten Optionsscheinhandelssegment.

⁸⁷ Dagegen erweisen sich die schnelle Umsetzung der Geschäfte sowie das Fehlen der im Börsenhandel anfallenden Maklercourtage für den erfahrenen Anleger als vorteilhaft.

⁸⁸ Vormals: amtlicher Handel; vgl. 4. Finanzmarktförderungsgesetz, §§ 29 ff., 36 ff. BörsG.

⁸⁹ Vgl. §§ 71 ff. BörsG.

⁹⁰ Der Freiverkehr dominiert hier, da er die geringsten Zulassungsvoraussetzungen erfordert. Vgl. § 71 BörsG.

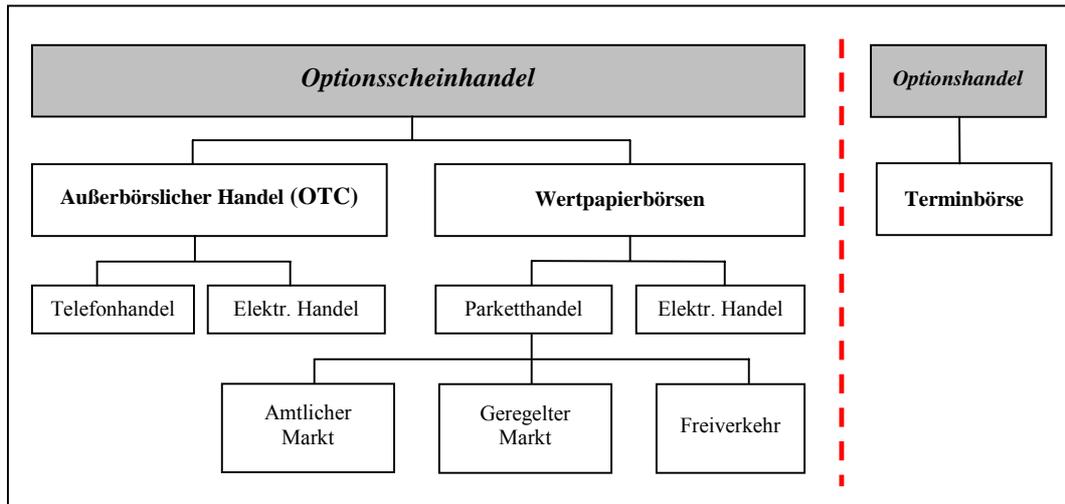


Abb. 2.7: Handelsplätze für Optionsscheine

Von 9.00 bis 20.00 Uhr können an der EUWAX Optionsscheine nach dem üblichen Market-Maker-Prinzip (continuous-quote-drive-system) gehandelt werden.⁹¹ Dabei zeichnet sich die EUWAX durch ihr elektronisches Limit-Controll-System (LUPOX) aus, was eine fortlaufende Überwachung der Ausführbarkeit aller Order und entsprechende Ausführung nach dem Best-Price-Prinzip garantiert. Zudem werden der maximal mögliche spread, also die Spanne zwischen An- und Verkaufskurs und die darauf minimal handelbare Stückzahl eines Emittenten festgelegt.⁹² Die EUWAX gewährleistet durch ihr institutionalisiertes Order- und Preisstellungssystem eine hohe Transparenz bei entsprechend beschränkten Eingriffsmöglichkeiten der Emittenten.⁹³ Somit sollte die prinzipiell vorhandene Möglichkeit der Beeinflussung der sich am Markt bildenden Preise von Optionsscheinen durch die Funktionsweise des Handels, seine strukturelle Gestaltung sowie das innertägliche Marktverhalten (Marktmikrostruktur) an der EUWAX eher von geringem Ausmaß sein. Dies ist mit ein Grund dafür, dass für die Datenbasis der empirischen Untersuchungen auf die an der EUWAX gehandelten Optionsscheine zurückgegriffen wird. Fehlbewertungen aufgrund institutioneller Rahmenbedingungen lassen sich somit möglichst gering halten.

⁹¹ Vgl. EUWAX (2002b); Wilkens (2000), S. 24-26.

⁹² Vgl. Heussinger et al. (2000), S. 188.

⁹³ Vgl. Thiel (2001), S. 273, sowie Feuerbach (2000), S. 645-648.

3 Fundamentale Aspekte der Optionsbewertung

3.1 Der Wert eines Optionsrechts

Bisher wurde oftmals die Bezeichnung Wert und Preis eines Optionsrechts synonym verwendet. Eine definitorische Trennung dieser beiden Begriffe war zur Darstellung der grundlegenden Funktionsweise nicht nötig. Im Folgenden rückt allerdings die Bewertung von Optionsrechten anhand theoretischer mathematischer Modelle in den Mittelpunkt der Betrachtung, was eine Trennung der Begriffe Wert und Preis unverzichtbar macht.

Der Wert eines Optionsrechts (Option, Optionsschein) wird hier definiert als das Ergebnis modellgestützter Bewertungsverfahren, wonach dieser auch mit den verwendeten Bewertungsmodellen variieren kann. Der Optionsrechtswert gilt nicht als der intrinsische, richtige Wert und weicht in der Regel vom Optionsrechtspreis als dem Ergebnis einer marktmäßigen Bewertung ab.⁹⁴ In der Praxis wird dieser Umstand häufig dazu genutzt, (vermeintlich) fehlbewertete Optionen bzw. Optionsscheine ausfindig zu machen, um durch entsprechende Transaktionen, in der Hoffnung auf eine Annäherung des Marktpreises an den theoretischen Wert, Gewinne zu erzielen. Dabei wird aber der Modellwert zumeist fälschlicherweise als der „wahre“ Wert interpretiert. Der Optionsrechtswert sollte vielmehr, da vom gewählten Bewertungsmodell abhängig, als (modell-) theoretischer „fairer“ Wert angesehen werden.

Eine synonyme Verwendung der Begriffe Wert und Preis wäre lediglich dann sinnvoll, wenn das reale Marktmodell als ein spezielles Bewertungsmodell aufgefasst würde und damit eine Identität von Preisen und Werten zur Folge hätte.⁹⁵

Ein Hauptgegenstand dieser Arbeit ist gerade ein Vergleich von, auf spezielle Bewertungsmodelle basierenden, theoretischen Werten mit den tatsächlich am Markt auftretenden Preisen von Optionsscheinen. Die Analyse der Abweichung

⁹⁴ Vgl. hierzu Thiel (2001), S. 13-14, sowie Terstege (1995), S. 27-28.

⁹⁵ Zu möglichen Erklärungsversuchen hierzu siehe Terstege (1995), S. 28-30.

zwischen Modellwert und Marktpreis bzgl. Höhe und Richtung steht im Mittelpunkt. Als Ergebnis wird sich auch eine Aussage über die Bewertungsfähigkeit der verwendeten Modelle ableiten lassen, also eine Aussage darüber, inwieweit es diesen Verfahren gelingt, die tatsächliche marktmäßige Bewertung nachzuvollziehen. Insofern ist eine genaue Trennung der Begriffe Wert und Preis eines Optionsrechts entsprechend gewollt.

3.2 Preis- bzw. wertbeeinflussende Faktoren

Die den Preis eines Optionsrechts beeinflussenden Faktoren können unterteilt werden in direkte und indirekte Determinanten.⁹⁶ Zu den direkten Einflussgrößen zählen der aktuelle Kurs des Basisobjekts, der Basispreis, die Restlaufzeit des Optionsscheins, die Volatilität⁹⁷ des Basiswertes, der risikolose Zinssatz sowie Dividendenzahlungen, die während der Laufzeit auf den Basiswert geleistet werden.⁹⁸ Sie sind im Gegensatz zu den indirekten Faktoren direkt quantifizierbar und finden daher insbesondere bei den gleichgewichtsorientierten Optionsbewertungsmodellen Berücksichtigung. Damit entsprechen die direkten Preisbestimmungsfaktoren auch den modellspezifischen, wertbestimmenden Faktoren.⁹⁹ Diese werden in ihrem Einfluss auf den Optionsrechtswert im Folgenden inhaltlich kurz beschrieben. Dabei handelt es sich um die nahezu gleichen Determinanten, die auch in den sich anschließenden Ausführungen zur präferenz- und verteilungsfreien Bewertung herangezogen werden.

Der aktuelle Kurs und der Basispreis des Underlyings bestimmen nicht nur den inneren Wert eines Optionsscheins. Die Moneyness, also das Verhältnis dieser beiden Größen, beeinflusst auch der Zeitwert. Bei Out-of-the-money-Scheinen ist

⁹⁶ Eine Übersicht über direkte und indirekte Einflussfaktoren findet sich auch bei Andres (1998), S. 123-124.

⁹⁷ Das Wort Volatilität leitet sich ab aus dem englischen Wort volatility, was so viel wie Unbeständigkeit oder Flatterhaftigkeit bedeutet.

⁹⁸ Vgl. Hull (2000), S. 168-170; Andres (1998), S. 123-124; Cox/Rubinstein (1985), S. 33-37.

⁹⁹ Die wertbestimmenden Faktoren sind daher als eine Teilmenge der preisbestimmenden Faktoren anzusehen. Vgl. Thiel (2001), S. 18. Dagegen können die indirekten Preisbestimmungsfaktoren wie Höhe der Transaktionskosten und Steuern, spezielle Erwartungen über die zukünftige Entwicklung des Basiswertkurses sowie die Risikopräferenzen der Investoren bzw. die allgemeine Börsentendenz zwar ebenfalls den Optionsrechtswert beeinflussen, sind aber nur schwer messbar und werden daher in den überwiegenden Bewertungsansätzen nicht betrachtet. Vgl. dazu Perridon/Steiner (2002), S. 328; Andres (1998), S. 124; Cox/Rubinstein (1985), S. 37-39.

die Zeitprämie gering. Sie steigt an, je weiter sich der Optionsschein dem Bereich „am Geld“ nähert und erreicht dort ihr Maximum. Je weiter die Entwicklung weiter ins Geld verläuft, umso geringer wird wiederum der Zeitwert.¹⁰⁰ Da das Risiko einer Ausübung für den Stillhalter bei Optionsscheinen weit aus dem Geld eher gering ist, ist die vom Käufer zu zahlende Risikoprämie und somit der Zeitwert ebenfalls gering. Für den Inhaber ist das Optionsrecht weniger wert, da eine Ausübung nicht lohnt. Je näher der Optionsschein am Geld ist, umso größer ist das Risiko einer Ausübung für den Verkäufer. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Optionsschein ins Geld gerät und ausgeübt wird, ist hier am größten, weshalb bei Optionsscheinen am Geld der Zeitwert maximal ist. Dagegen wird bei einem Optionsschein der Ausübungsfall immer sicherer, je weiter er ins Geld gerät. Die Unsicherheit nimmt stetig weiter ab, sodass das Geschäft immer mehr den „Charakter eines festen Termingeschäfts [bekommt]“.¹⁰¹ Der Zeitwert geht letztlich gegen null, womit der Wert des Optionsrechts gänzlich seinem inneren Wert entspricht. Der Schein gilt quasi als sicheres Geschäft und ist in diesem Fall für den Inhaber am wertvollsten.

Neben den Komponenten Basispreis und aktueller Kurs des Basiswertes (bzw. dem konkreten Moneyness-Wert als Verhältnis dieser Komponenten), übt auch die Restlaufzeit (τ) eines Optionsscheins bedeutenden Einfluss auf dessen Wert, respektive Zeitwert, aus. Der Zeitwert des Scheins ist zu Beginn der Laufzeit am größten und nimmt mit Voranschreiten der Zeit sukzessive ab und zwar umso schneller, je näher der Verfallstermin rückt. Der Zeitwert verringert sich demnach nicht linear mit abnehmender Restlaufzeit, sondern verhält sich proportional zu deren Quadratwurzel.¹⁰² Am Tag der Fälligkeit ergibt sich ein Zeitwert von null. Je länger die Restlaufzeit, umso größer ist die Chance, dass das Optionsgeschäft für den Inhaber (noch) profitabel im Vergleich zum Direktgeschäft wird. Für den Stillhalter ist somit das Risiko einer Ausübung größer, je länger noch die Möglichkeit besteht, dass der Optionsschein (weiter) ins Geld gerät (vgl. Abb. 3.1). Während für Calls einzig dieser Effekt ausschlaggebend ist, ist bei Puts ein zweiter Effekt zu berücksichtigen. Eine Verlängerung der Restlaufzeit wirkt sich

¹⁰⁰ Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 327.

¹⁰¹ Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 328; Weger (1985), S. 62.

¹⁰² Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 329. Siehe hierzu auch die Ausführungen im Rahmen der Sensitivitätsanalyse in Abschnitt 4.1.6.

nämlich unmittelbar auf den Barwert des Basispreises negativ aus und mindert somit den Wert des Verkaufsoptionsrechts.¹⁰³

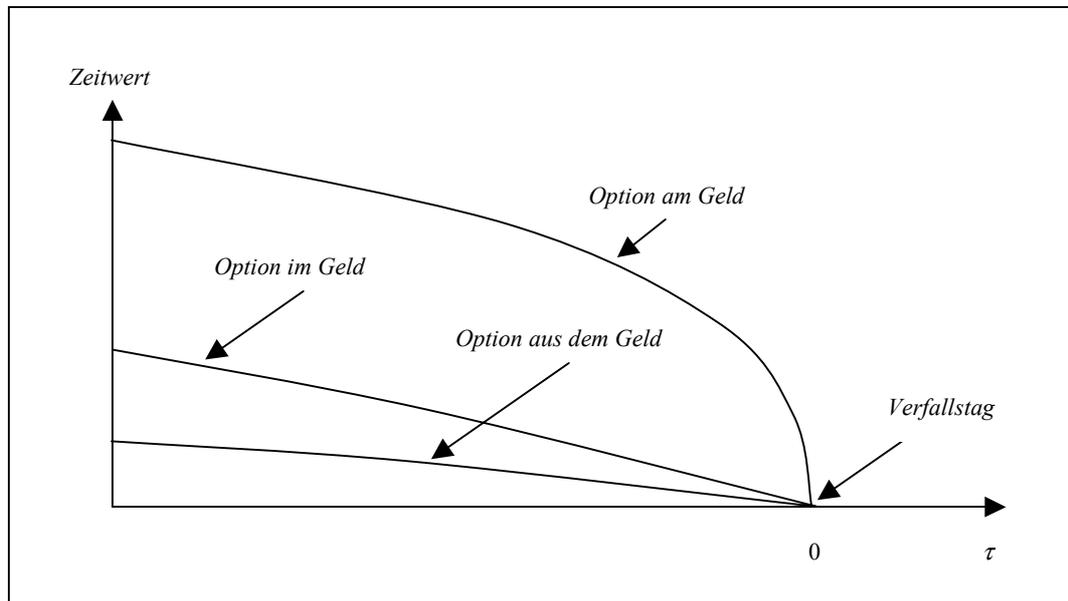


Abb. 3.1: Zeitwert in Abhängigkeit von der Restlaufzeit bei unterschiedlicher Moneyness

Als eine der wichtigsten direkten Determinanten hat die Volatilität des Basiswertes entscheidenden Einfluss auf die Höhe des Optionsscheinpreises. Die Volatilität beschreibt die Streuung der Kursrenditen des Basiswertes um ihren Mittelwert und wird meist als Standardabweichung oder Varianz berechnet.¹⁰⁴ Eine größere Volatilität impliziert bei gleichem Erwartungswert eine größere Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Basiswert höhere (bzw. geringere) Kurse annimmt als bei geringerer Streuung. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Underlyingkurs in die prognostizierte Richtung bewegt und so der Optionsschein

¹⁰³ Für amerikanische Verkaufsoptionsrechte zeigen Cox/Rubinstein (1985), dass aufgrund der Möglichkeit der vorzeitigen Ausübung der erstgenannte Effekt überwiegt. Vgl. Cox/Rubinstein (1985), S. 146.

Allerdings weist Hull (2000) darauf hin, dass der positive Zusammenhang zwischen Restlaufzeit und Optionsrechtswert auch für Call-Optionsrechte nicht notwendigerweise gilt. Zumindest wenn man berücksichtigt, dass bspw. ein langlaufender europäischer Call noch von kursbeeinflussenden, zeitlich absehbaren Maßnahmen (z. B. Dividendenzahlungen) in seinem Wert negativ beeinflusst werden kann, wodurch dieser Wert u. U. geringer ausfallen könnte als der eines entsprechenden Scheins mit kürzerer Restlaufzeit und einem Verfallszeitpunkt (Ausübungszeitpunkt), der vor einem möglichen Dividendentermin liegt. Vgl. Hull (2000), S. 169.

¹⁰⁴ Für eine Unterscheidung zwischen historischer und impliziter Volatilität, wie sie in der Optionsbewertungstheorie als grundsätzliche Prognosemöglichkeit für die zukünftige Volatilität üblich ist, siehe Abschnitt 4.1.6.

profitabel ausgeübt (oder verkauft) wird, ist größer, was den Optionsschein für den Käufer wertvoller macht. Der Verkäufer sieht sich indes wieder einem höheren Risiko entgegen und lässt sich dies durch einen höheren Preis entgelten.

Der risikolose Kapitalmarktzins wirkt sich auf den Wert eines Kaufoptionsscheins positiv und auf den Wert eines Verkaufsoptionsscheins negativ aus. Aus Sicht des Stillhalters stellt sich die Situation wie folgt dar. Da der Optionsscheinkäufer erst bei Ausübung den Basispreis zu leisten hat, entgehen dem Verkäufer Zinserträge. Die entgangenen Zinsen i. H. jener Erträge, die am Kapitalmarkt zum risikolosen Zinssatz erzielbar wären, lässt sich der Verkäufer in Form einer Prämie vergüten. Für den Put-Käufer sinkt hingegen mit steigendem Zinsniveau der Wert seines Puts. Bei Ausübung des Puts wird der Käufer auf jeden Fall den Basispreis erhalten. Um die Zahlung im Ausübungsfall auch gewährleisten zu können, wird der Stillhalter einen bestimmten Betrag zum risikolosen Kapitalmarktzins anlegen. Der anzulegende Betrag fällt dabei umso niedriger aus, je höher das Zinsniveau ist. Der geringere Vorsorgebetrag, den der Stillhalter für eine eventuelle Ausübung bereitzuhalten hat, äußert sich in einer niedrigeren Prämie.¹⁰⁵

Als weitere direkte Einflussgrößen erweisen sich Ausschüttungen oder Dividendenzahlungen, die während der Laufzeit auf den Basiswert erfolgen. Da der Wert eines Calls positiv mit dem Kurs des Underlyings korreliert ist, wird sich aufgrund des Dividendenabschlags, der dem Kurs des Basiswertes wiederfährt, auch der Call-Wert verringern. Zudem ist festzuhalten, dass der Inhaber eines Calls im Gegensatz zum Inhaber des Basiswertes nicht von Zahlungen, die auf das Underlying geleistet werden, unmittelbar profitiert, was den Wert seines Rechts negativ beeinflusst. Für den Besitzer eines Puts hingegen erhöht sich der Wert

¹⁰⁵ Aus Sicht des Käufers ist der Kauf eines Calls als Kredit des Stillhalters an den Käufer zu interpretieren. Da erst bei Ausübung des Kaufoptionsrechts der Basispreis zu zahlen ist, stehen dem Käufer zwischenzeitlich überschüssige finanzielle Mittel zur Verfügung, aus denen er durch Anlage am Kapitalmarkt Zinserträge erwirtschaften kann. Bei höherem Zinsniveau steigen diese Erträge, was den Wert seines Optionsrechts erhöht. Beim Kauf eines Puts, der zum Verkauf des Basiswertes in der Zukunft berechtigt, verzichtet der Käufer auf jene Zinserträge, die er bei sofortigem Verkauf und Anlage des Veräußerungsbetrags am Kapitalmarkt erhalten würde. Die entgangenen Zinserträge sind umso höher, je höher das Zinsniveau ist, was den Wert seines Verkaufsoptionsrechts schmälert.

seines Verkaufsrechts bei Zahlungen während der Laufzeit aufgrund des sinkenden Underlyingkurses.

In Tab. 3.1 sind die Wirkungen der direkten Faktoren nochmals getrennt für Kauf- und Verkaufsoptionsscheine zusammengefasst.

<i>Einflussparameter</i>	<i>Call-Optionsschein</i>		<i>Put-Optionsschein</i>	
	<i>Europ. Art</i>	<i>Amerik. Art</i>	<i>Europ. Art</i>	<i>Amerik. Art</i>
<i>Kurs des Basiswertes</i>	+	+	-	-
<i>Basispreis</i>	-	-	+	+
<i>Restlaufzeit</i>	+ (?)	+	+ (?)	+
<i>Volatilität</i>	+	+	+	+
<i>Risikoloser Zinssatz</i>	+	+	-	-
<i>Dividenden</i>	-	-	+	+

Tab. 3.1: Preis- bzw. wertbeeinflussende Effekte von Optionsscheinen

Angemerkt sei an dieser Stelle bereits, dass die Volatilität als Maß für die erwartete Streuung des Basiswertes ein Risikomaß darstellt, welches als einzige wertbestimmende Determinante nicht direkt beobachtbar ist, da sie Erwartungen über das zukünftige Marktverhalten des Underlyings beinhaltet. Folglich kann im Rahmen eines geeigneten Bewertungsmodells einzig über die Volatilität, je nach verwendetem Prognoseverfahren, direkt Einfluss auf den (Modell-)Wert des Optionsrechts ausgeübt werden.¹⁰⁶

3.3 Verteilungsfreie Wertabschätzungen aus Arbitrageüberlegungen

Den Bedingungen eines arbitragefreien Marktes folgend, lassen sich ohne spezielle Annahmen über die Präferenzen der Marktteilnehmer oder die Renditeverteilung des zugrundeliegenden Basiswertes untere und obere Wertgrenzen für ein Optionsrecht bestimmen und Aussagen über Abhängigkeiten des Optionsrechtswertes von Einflussparametern ableiten. Während spezielle Bewertungsformeln zur Ermittlung eines konkreten objektiven Wertes eines

¹⁰⁶ Vgl. hierzu die Ausführungen zur Volatilität in Abschnitt 4.1.6 bzw. zur möglichen Preisbeeinflussung des Emittenten über die Volatilität in Abschnitt 7.2.2.2.

Optionsrechts über die gesamte Laufzeit hinweg im Idealfall Ergebnis expliziter, auf zusätzlichen, teils sehr restriktiven Voraussetzungen beruhender Optionsbewertungsmodelle sind, können, einzig basierend auf Arbitrage- und Dominanzüberlegungen, präferenz- und verteilungsfreie Aussagen über den Wertebereich von Optionsrechten getroffen werden.¹⁰⁷

3.3.1 Prinzip der Arbitragefreiheit¹⁰⁸

Ein gleichgewichtiger, vollkommener Kapitalmarkt ist insbesondere gekennzeichnet durch das Fehlen gewinnbringender Arbitragemöglichkeiten.¹⁰⁹ Bestehende Möglichkeiten zur Arbitrage werden durch rational handelnde, ihren erwarteten Nutzen maximierende Investoren dahingehend ausgenutzt, dass ungleichgewichtige Konstellationen erkannt und durch getätigte Arbitrageoperationen beseitigt werden, wodurch sich wieder eine arbitragefreie Gleichgewichtssituation einstellt. Gleichgewichtsorientierte Modelle bauen auf der Grundlage der Arbitragefreiheit auf und müssen sich daher an den nachfolgend hergeleiteten Arbitragebeziehungen messen lassen.

Die grundlegende Begriffsdefinition von Arbitrage ist jedoch keineswegs eindeutig. Aus unterschiedlich eng oder weit gefasster Definition ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an einen vollkommenen Kapitalmarkt. Die Möglichkeit durch simultane Transaktionen, also Kauf und Verkauf derselben Menge eines homogenen Gutes auf unterschiedlichen Teilmärkten¹¹⁰, bestehende Preisunterschiede gewinnbringend auszunutzen, wird als Differenzenarbitrage bezeichnet und als Arbitrage im engeren Sinne verstanden. Ein weiter gefasster Arbitragebegriff akzeptiert hingegen auch Tausch- und Auswahloperationen, also Operationen ohne simultanes Gegengeschäft. Positionen werden dort getätigt, wo

¹⁰⁷ Vgl. Hull (2000), S. 168-182; Kwok (1998), S. 11-17; Stoll/Whaley (1993), S. 175-196; grundlegend dazu insbesondere Merton (1973a, 1973b) und Stoll (1969).

¹⁰⁸ Zu Bewertungskonzepten für Optionen durch Spezialisierung der übergeordneten Arbitragetheorie siehe Trautmann (1986a), Kapitel 4.

¹⁰⁹ Vgl. Merton (1973b), S. 141, 143.

¹¹⁰ Die Teilmärkte und folglich die Arbitragegeschäfte können dabei zeitlich (Zeitarbitrage) oder räumlich (Raumarbitrage) differieren.

sie am günstigsten sind. Man spricht bei diesem weiten Arbitragebegriff von Ausgleichsarbitrage.¹¹¹

Es lassen sich jedoch, trotz unterschiedlicher begrifflicher Auffassung, grundlegende Bedingungen formulieren, unter denen keine Arbitrage möglich ist und welche die gemeinsame Vorstellung von Arbitragefreiheit bei gleichgewichtsorientierten Optionswertmodellen kennzeichnen (Arbitragefreiheitsbedingungen).¹¹²

(A1a) Äquivalente Positionen besitzen zu jedem Zeitpunkt und Zustand im Marktgleichgewicht identische Werte (law of one price¹¹³).

Daraus folgt eine zweite grundlegende Bedingung:

(A1b) Dominierende Positionen besitzen einen höheren Wert als die von ihnen dominierten.¹¹⁴

Neben diesen Grundbedingungen gelten für die anschließende Wertgrenzenbestimmung im Sinne einer verteilungsfreien, rationalen Bewertung auf Basis von Arbitragerelationen weitere Prämissen:¹¹⁵

(A2) Die Marktteilnehmer besitzen homogene Erwartungen bzgl. der Verteilung des zukünftigen Kurses und handeln rational. Sie verhalten sich als Nutzenmaximierer, was bei positivem Grenznutzen des Geldes dazu führt,

¹¹¹ Vgl. hierzu Terstege (1995), S. 38, Fußnote 71, hier zitiert nach Bender (1977), S. 325, sowie Thiel (2001), S. 53.

¹¹² Vgl. Thiel (2001), S. 55; Andres (1998), S. 128; Wilhelm (1985), S. 60-65.

¹¹³ Eingeführt von Jevons (1871) beschreibt dieses „Gesetz der Unterschiedslosigkeit der Preise“, dass für ein Gut nur ein (einheitlicher) Preis gelten kann, wenn räumliche, zeitliche, sachliche und persönliche Differenzierungen entfallen sowie vollkommene Information herrscht, d. h. ein vollkommener Markt vorliegt. Siehe dazu auch Ross (1978).

¹¹⁴ Eine Position gilt dabei einer anderen Position als dominant (überlegen), wenn sie zu allen Zeitpunkten und in allen Umweltzuständen mindestens den gleichen und in mindestens einem Umweltzustand höhere Einzahlungsüberschüsse aufweist. Vgl. Andres (1998), S. 127, Terstege (1995), S. 36, sowie Bös (1990), S. 56; Annahme 1 in: Merton (1973b), S. 143.

¹¹⁵ Vgl. Thiel (2001), S. 55-56; Andres (1998), S. 127.

dass ein höherer finanzieller Wohlstand einem geringeren vorgezogen wird.¹¹⁶

- (A3) Die Finanzmärkte sind friktionslos, d. h. es fallen keine Transaktions- und Informationskosten, Steuern oder sonstige Sicherheitsleistungen an. Die gehandelten Finanztitel sind beliebig teilbar.
- (A4) Es gibt keine institutionellen Restriktionen; insbesondere Leerverkäufe sind uneingeschränkt möglich.
- (A5) Finanzielle Mittel können jederzeit in unbeschränkter Höhe zu einem identischen und im Zeitablauf konstanten und positiven¹¹⁷ Zinssatz aufgenommen oder angelegt werden.

Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass während der Laufzeit der betrachteten Optionsrechte keinerlei Dividendenzahlungen auf den Basiswert erfolgen bzw. es sich um dividendengeschützte Optionsrechte handelt.¹¹⁸ Unter dieser Voraussetzung wird die Bestimmung der Wertgrenzen einfacher. Insbesondere kann gezeigt werden, dass sich dann amerikanische und europäische Call-Optionsscheine, trotz unterschiedlicher Rechte bzgl. der zeitlichen Ausübung, wertmäßig nicht unterscheiden.¹¹⁹

Ziel ist es allerdings nicht, generell sämtliche Arbitragebeziehungen aufzuzeigen.¹²⁰ Es sollen hauptsächlich jene Restriktionen dargestellt werden, die

¹¹⁶ Zur generell in der Literatur akzeptierten Annahme des positiven Grenznutzens siehe bspw. Kampmann (1990), S. 101.

¹¹⁷ Vielfach wird lediglich ein nicht negativer Zinssatz vorausgesetzt. Dies würde sich auf die zu bestimmenden Werterelationen lediglich dahingehend auswirken, dass an den entsprechenden Stellen das strikte „größer“ ($>$) bzw. „kleiner“ ($<$) durch ein „größer/gleich“ (\geq) bzw. „kleiner/gleich“ (\leq) zu ersetzen wäre.

¹¹⁸ Der Wert eines dividendengeschützten Optionsrechts sei dabei annahmegemäß der gleiche wie der Wert eines Optionsrechts, auf deren Underlying keine Dividendenzahlungen erfolgen.

¹¹⁹ Im Hinblick auf die in dieser Arbeit angestrebten Untersuchungen von Optionsscheinen auf den Deutschen Aktienindex DAX als Performanceindex erscheint diese zusätzliche Annahme gerechtfertigt, da hier im Gegensatz zu reinen Kursindizes sämtliche Dividendenausschüttungen auf die im Index enthaltenen Aktien rechnerisch wieder angelegt werden und somit eine entsprechende Bereinigung und Neuberechnung des Indexes erfolgt.

¹²⁰ Ausführlich behandelt bspw. Terstege alle für eine präferenz- und verteilungsfreie Bewertung zu berücksichtigenden Arbitragerestriktionen und -relationen. Vgl. Terstege (1995).

für die späteren verteilungsabhängigen Bewertungsansätze Modellrelevanz besitzen und in den empirischen Untersuchungen zu berücksichtigen sind.

3.3.2 Wert eines Optionsrechts am Verfallstag

Zum Zeitpunkt der Fälligkeit T steht der Optionsrechtsinhaber vor der Alternative, entweder das Optionsrecht verfallen zu lassen oder auszuüben. Da zu diesem Zeitpunkt keinerlei Unsicherheit bzgl. der wertbeeinflussenden Faktoren mehr besteht, lässt sich der Wert des Optionsrechts genau bestimmen. Ein rational handelnder Inhaber wird sein Recht nur ausüben, wenn bei einem Call (Put) der Kurs des Basiswertes S_T den Basispreis X übersteigen (unterschreiten) wird, andernfalls wird er das Optionsrecht unausgeübt verfallen lassen.

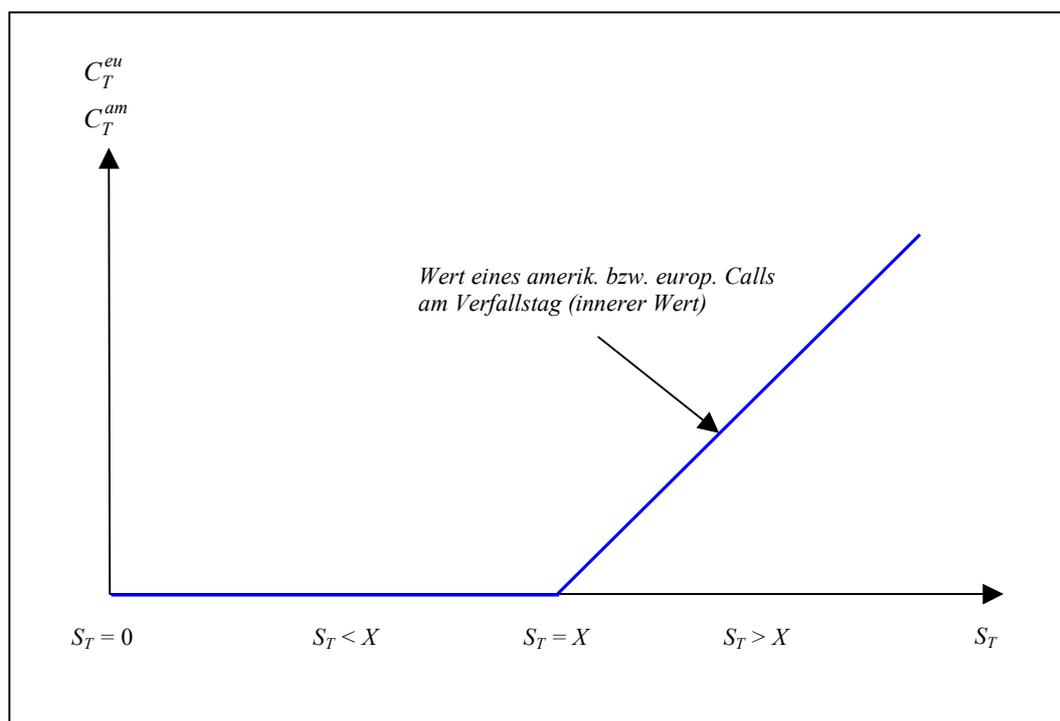


Abb. 3.2: Wert eines Calls am Verfallstag in Abhängigkeit vom Basiswertkurs

Der Wert am Verfallstag ist demnach mit dem innerem Wert des Optionsrechts identisch. Dies gilt sowohl für europäische (C^{eu} , P^{eu}) als auch für amerikanische Optionsrechte (C^{am} , P^{am}), da bei letzteren das zusätzliche Recht einer vorzeitigen Ausübung am Verfallstag nicht mehr besteht. Es gilt demnach:¹²¹

¹²¹ Vgl. Franke et al. (2001), S. 20.

$$C_T^{eu} = C_T^{am} = \max[0, S_T - X], \quad (3-1a)$$

$$P_T^{eu} = P_T^{am} = \max[0, X - S_T]. \quad (3-1b)$$

Die Abb. 3.2 und 3.3 stellen die Werte von Kauf- und Verkaufsoptionsrechten bei Fälligkeit in Abhängigkeit von der Höhe des Underlyingkurses dar.

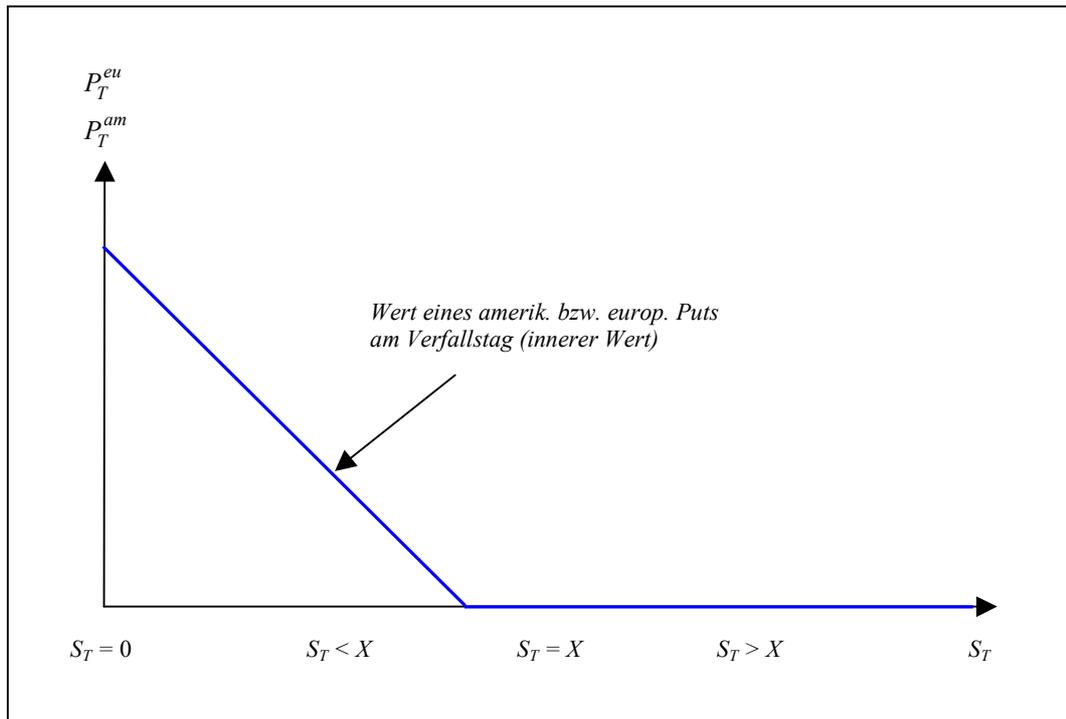


Abb. 3.3: Wert eines Puts am Verfallstag in Abhängigkeit vom Basiswertkurs

3.3.3 Wert eines Optionsrechts vor dem Verfallstag

Ist am Verfallstag der Wert eines Optionsrechts eindeutig bestimmbar, lassen sich während der Laufzeit lediglich Grenzen angeben, innerhalb derer sich sein Wert allein aufgrund rationaler Arbitrageüberlegungen bewegen wird. Bei positiver Restlaufzeit ($\tau = T - t > 0$), d. h. zu jedem Zeitpunkt t mit $0 \leq t < T$ während seiner Laufzeit, besteht für das Optionsrecht eine positive Wahrscheinlichkeit dafür, dass es sich (weiter) ins Geld bewegt und zur Ausübung kommt. Der Zeitwert als Maß für diese Wahrscheinlichkeit ist positiv. Ohne konkrete Annahmen über die Wahrscheinlichkeitsverteilung bzw. des Kursprozesses des zugrundeliegenden Basiswertes, ist der Zeitwert jedoch nicht exakt zu bestimmen.

Daneben sind noch die unterschiedlichen Ausübungsrechte europäischer und amerikanischer Optionsrechte zu berücksichtigen.

Folgende Wertgrenzenbestimmung erfolgt aufgrund von Arbitrageüberlegungen, indem jeweils gezeigt wird, dass bei Nichteinhaltung dieser Wertgrenzenbedingungen durch die Bildung eines geeigneten Portfolios risikolose Gewinne möglich wären.

3.3.3.1 Wertgrenzen für Kaufoptionsrechte

Ein amerikanisches Kaufoptionsrecht besitzt im Gegensatz zu einem europäischen ein vorzeitiges Ausübungsrecht. Die Ausübung ist somit jederzeit während der Laufzeit möglich und nicht auf den Verfallszeitpunkt T beschränkt. Wird angenommen, dass dieses zusätzliche Ausübungsrecht einen nicht negativen Wert besitzt, so muss ein amerikanischer Call zu jedem Zeitpunkt t mindestens so viel wert sein wie ein ansonsten gleich ausgestatteter europäischer Call.¹²²

Die Bestimmung einer Wertobergrenze (WOG) ist für (europäische wie auch amerikanische) Kaufoptionsrechte trivial. Da das Recht auf ein Gut nicht wertvoller sein kann als das Gut selbst, muss gelten:¹²³

$$C_t^{eu}(S_t, X, \tau) \leq C_t^{am}(S_t, X, \tau) \leq S_t. \quad (3-2)$$

Andernfalls wäre durch den Verkauf des Optionsrechts zum Zeitpunkt t und gleichzeitigem Kauf des Underlyings die Bildung eines Arbitrageportfolios möglich, welches unabhängig von der Entwicklung des Underlyingkurses in Zukunft positive Salden brächte.¹²⁴

Zur Bestimmung einer Wertuntergrenze (WUG) ist zunächst von folgender Überlegung auszugehen. Eine Option beinhaltet lediglich ein Recht, nicht aber eine Verpflichtung für den Inhaber. Sie kann demnach keinen negativen Wert

¹²² Vgl. Franke et al. (2001), S. 21; Kwok (1998), S. 12; Merton (1973b), S. 143.

¹²³ Vgl. Hull (2000), S. 171; Andres (1998), S. 130; Jarrow/Rudd (1983); S. 58; Merton (1973b), S. 144.

¹²⁴ Vgl. Testege (1995), S. 91-92.

aufweisen.¹²⁵ Unter Berücksichtigung des zusätzlichen jederzeitigen Ausübungsrechts amerikanischer Calls, lässt sich somit folgende Bedingung angeben:

$$C_t^{am}(S_t, X, \tau) \geq C_t^{eu}(S_t, X, \tau) \geq 0. \quad (3-3)$$

Für amerikanische Calls gilt aufgrund ihrer vorzeitigen Ausübungsmöglichkeit, dass ihr Wert zu jedem Zeitpunkt t mindestens ihrem inneren Wert entsprechen muss. Somit gilt:¹²⁶

$$C_t^{am}(S_t, X, \tau) \geq \max[0, S_t - X]. \quad (3-4)$$

Bei Bedingung (3-4) handelt es sich um die Wertuntergrenze für amerikanische Kaufoptionsrechte. Ist diese Restriktion verletzt, gilt also $C_t < S_t - X$, dann könnte durch den Kauf der Option, einer sofortigen Ausübung und Verkauf des erhaltenen Basiswertes ein risikoloser Arbitragegewinn in Höhe von $-C_t - X + S_t > 0$ erzielt werden.

Der Inhaber eines europäischen Kaufoptionsrechts erhält bei Ausübung am Verfallstag den Basiswert zum Preis X . Bis dahin kann er den Betrag am Kapitalmarkt zum (risikolosen) Zinssatz r_f anlegen.¹²⁷ Unter Berücksichtigung dieser Möglichkeit, erhält man für den Wert eines europäischen Calls¹²⁸

$$C_t^{eu}(S_t, X, \tau) \geq \max[0, S_t - X \cdot e^{-r_f \tau}]. \quad (3-5)$$

Im Falle einer Verletzung von Bedingung (3-5) wären wiederum risikolose Arbitragegewinne möglich. Ein Beweis hierfür erfolgt durch den Vergleich zweier

¹²⁵ Vgl. Franke et al. (2001), S. 20; Smith (1976), S. 7.

¹²⁶ Vgl. Franke et al. (2001), S. 20; Kwok (1998), S. 12.

¹²⁷ Es wird von stetiger Verzinsung ausgegangen, wonach als Abzinsungsfaktor $e^{-r_f \tau}$ resultiert. Grundsätzlich könnte auch mit diskretem Zinssatz R_f und entsprechendem Diskontierungsfaktor verfahren werden. Im Hinblick auf die später verwendeten zeitstetigen Bewertungsmodelle wird jedoch die stetige Verzinsung gewählt.

¹²⁸ Vgl. Hull (2000), S. 172; Kwok (1998), S. 15. Plötz verwendet hingegen einen Abzinsungsfaktor für eine diskrete Verzinsung. Vgl. Plötz (1991), S. 56.

Portfolios. Portfolio A, bestehend aus einem europäischen Call C_t^{eu} und einer Geldanlage in Höhe des Barwertes des am Verfallstag zu zahlenden Basispreises $X \cdot e^{-r_f \tau}$ und Portfolio B, bestehend lediglich aus dem Kauf des Basiswertes S_t (Tab. 3.2).

	Gegenwartswert in t	Zustandsabhängiger Wert am Verfallstag T	
		$S_T < X$	$S_T \geq X$
Portfolio A	$C_t^{eu} + X \cdot e^{-r_f \tau}$	$0 + X$	$(S_T - X) + X$
Portfolio B	S_t	S_T	S_T
Wertvergleich der Portfolios A und B		Wert (A) > Wert (B)	Wert (A) = Wert (B)

Tab. 3.2: Arbitrageableau zur Wertuntergrenzenbestimmung eines europ. Calls

Da unabhängig vom eintretenden Zustand Portfolio A nie weniger wert ist als Portfolio B, handelt es sich bei Portfolio A um eine dominante Strategie. Um risikolose Arbitragegewinne ausschließen zu können, muss der Gegenwartswert von Portfolio A zum Zeitpunkt t mindestens gleich dem gegenwärtigen Wert von Portfolio B sein. Somit muss

$$C_t^{eu} + X \cdot e^{-r_f \tau} \geq S_t \quad \text{bzw.} \quad C_t^{eu} \geq S_t - X \cdot e^{-r_f \tau} \quad (3-6)$$

gelten, was unter Berücksichtigung der Nichtnegativitätsbedingung zur Wertuntergrenze für europäische Kaufoptionsrechte führt.

Da $C_t^{am} \geq C_t^{eu}$ gilt, lässt sich (3-5) entsprechend erweitern auf die Relation

$$C_t^{am}(S_t, X, \tau) \geq C_t^{eu}(S_t, X, \tau) \geq \max[0, S_t - X \cdot e^{-r_f \tau}]. \quad (3-7)$$

Da bei beliebigem $\tau > 0$ sowie einem positiven Zinssatz r_f immer

$$\max[0, S_t - X \cdot e^{-r_f \tau}] \geq \max[0, S_t - X] \quad (3-8)$$

gilt, stellt Bedingung (3-7) für amerikanische Kaufoptionen eine strengere Bedingung als (3-4) dar.

Sind weiterhin – wie eingangs angenommen – Dividendenzahlungen auf das Underlying während der Laufzeit ausgeschlossen oder ist die amerikanische Kaufoption dividendengeschützt, lässt sich unter Berücksichtigung von (3-8) unmittelbar folgern, dass das vorzeitige Ausübungsrecht eines amerikanischen Calls wertlos ist.¹²⁹ Der Wert bei Ausübung vor Fälligkeit, der Ausübungserlös des Calls $AE(C)$, entspricht dem inneren Wert $\max[0, S_t - X]$. Der Barwert bzw. Verkaufserlös $VE(C)$ in t beträgt gemäß (3-7) aber mindestens $\max[0, S_t - X \cdot e^{-r_f \tau}]$ und somit gilt nach (3-8): $AE(C) \leq VE(C)$.

Würden indes Dividendenzahlungen auf den Basiswert berücksichtigt, könnte bei bestimmten Konstellationen eine Ausübung des Optionsrechts optimal sein. Zwar erzielt der Inhaber eines amerikanischen Calls bei Ausübung lediglich den inneren Wert, kommt allerdings in den Genuss der auf den angedienten Basiswert gezahlten Dividende. Ist die Ausschüttung genügend hoch und wird die Ausübung kurz vor dem Ausschüttungstermin vollzogen, ist die Ausübung die beste Strategie.¹³⁰

Solange ein amerikanisches Kaufoptionsrecht unausgeübt bleibt, liegt sein Wert über seinem inneren Wert und eine vorzeitige Ausübung lohnt nicht. Der Wert eines amerikanischen Calls entspricht daher unter den gegebenen Rahmenbedingungen während der gesamten Laufzeit dem Wert eines identisch

¹²⁹ Diese Aussage ist in der Literatur bekannt als der „Satz von Merton“; nach Theorem 2 in: Merton (1973b), S. 144.

¹³⁰ Für eine formale Begründung müssten die sog. Bestandshaltekosten (b) in die Überlegungen miteinbezogen werden. Im Falle einer stetigen Dividendenrendite (d) ergeben sich diese dann mit $b = r_f - d$. Für die Wertuntergrenze eines europ. Calls resultiert in diesem Fall aber allg. $\max[0, S_t e^{(b-r_f)\tau} - X e^{-r_f \tau}]$, da der Optionsrechtswert durch Zahlung einer Dividende über den sich verändernden Underlyingkurs beeinflusst wird. (Für den Inhaber des Basiswertes stellt die Dividendenrendite d quasi „negative Kosten“ dar.) Für $d > 0$ wird sich daher ein Bereich ergeben, in welchem $S_t e^{(b-r_f)\tau} - X e^{-r_f \tau} < S_t - X$ gilt, d. h. der Wert bei Ausübung liegt oberhalb der europ. Wertuntergrenze. Somit ist ab einem bestimmten Basiswertkurs die vorzeitige Ausübung profitabel. Da bei stetigen positiven Erträgen (Dividenden) jederzeit mit einer Ausübung gerechnet werden kann, ist der Wert eines amerik. Calls stets größer als der eines europ. Calls. Vgl. hierzu die Darstellungen bei Stoll/Wahley (1993), S. 184-187, sowie die Anmerkungen bei Steiner/Uhlir (2001), S. 224-225, bzw. Plötz (1991), S. 67-68.

ausgestatteten europäischen Calls.¹³¹ Ein rational handelnder Inhaber eines amerikanischen Calls wird sein Recht nie vorzeitig ausüben, sondern entweder den Call bis zur Fälligkeit halten oder vorher verkaufen.¹³² Ein amerikanisches Optionsrecht ist unter diesen Voraussetzungen „lebend“ mehr wert als „tot“.¹³³

Der mögliche Wertebereich für Kaufoptionen europäischer und amerikanischer Art lässt sich zusammenfassend wie folgt angeben:

$$S_t \geq C_t^{eu}(S_t, X, \tau) = C_t^{am}(S_t, X, \tau) \geq \max[0, S_t - X \cdot e^{-r_f \tau}]. \quad (3-9)$$

Abb. 3.4 zeigt die für Calls gültigen Wertunter- und -obergrenzen sowie den relevanten Bewertungsbereich vor dem Fälligkeitszeitpunkt.

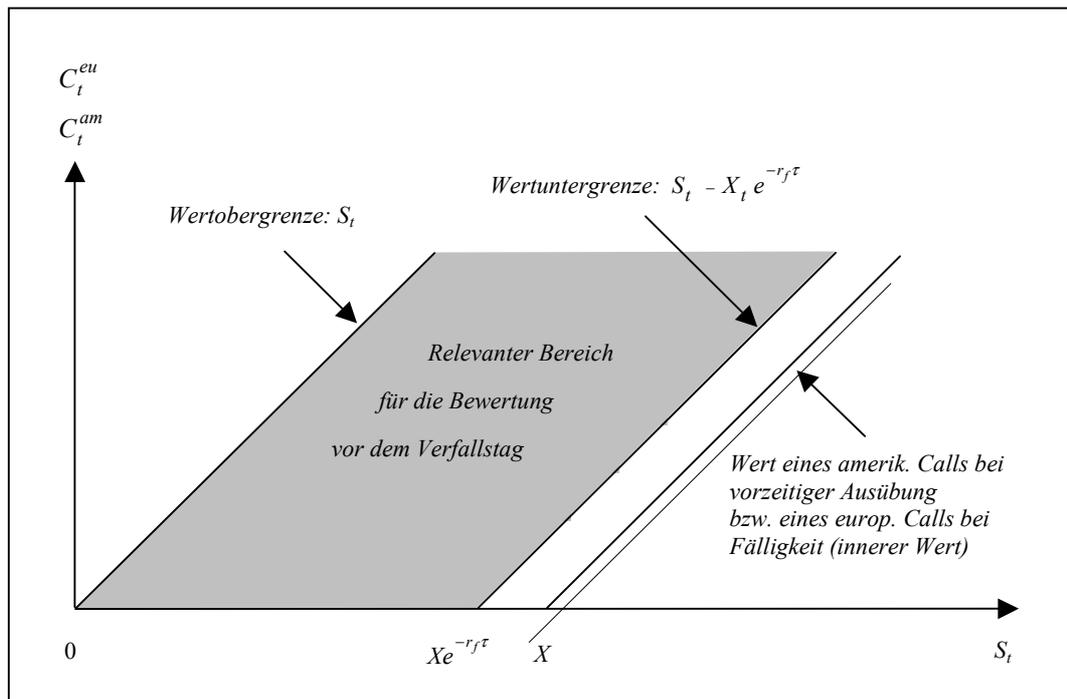


Abb. 3.4: Relevanter Bereich für die Bewertung eines europ. bzw. amerik. Calls vor dem Verfalltag

Der tatsächliche Verlauf der Wertlinie eines Calls innerhalb des relevanten Bereichs kann erst mithilfe konkreter Bewertungsmodelle eindeutig bestimmt

¹³¹ Vgl. Hull (2000), S. 176; Kwok (1998), S. 15.

¹³² Es kann bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass diese Argumentation für amerik. Puts nicht zutrifft, egal ob Dividendenzahlungen berücksichtigt werden oder nicht.

¹³³ Vgl. Plötz (1991), S. 66, Fußnote 29; Stoll/Whaley (1993), S. 185.

werden. Allerdings lässt sich durch weitergehende Betrachtung von Arbitragebeziehungen der ungefähre Verlauf auch ohne mathematisches Modell angeben. Insbesondere kann mittels zweier Restriktionen festgestellt werden, dass der Wertverlauf eines Calls den in Abb. 3.5 dargestellten Verlauf einer monoton ansteigenden, konvexen Funktion des Basiswertkurses besitzt.¹³⁴ Zum einen muss für zwei ansonsten identische Calls gelten:¹³⁵

$$C(S^{(1)}) \leq C(S^{(2)}), \text{ falls } S^{(1)} < S^{(2)}. \quad (3-10)$$

Zum anderen muss für drei ansonsten gleiche Calls mit Basiswertkursen $S^{(1)} < S^{(2)} < S^{(3)}$ gelten (Konvexitätsbedingung):

$$C(S^{(2)}) \leq \left(\frac{S^{(3)} - S^{(2)}}{S^{(3)} - S^{(1)}} \right) C(S^{(1)}) + \left(\frac{S^{(2)} - S^{(1)}}{S^{(3)} - S^{(1)}} \right) C(S^{(3)}). \quad (3-11)$$

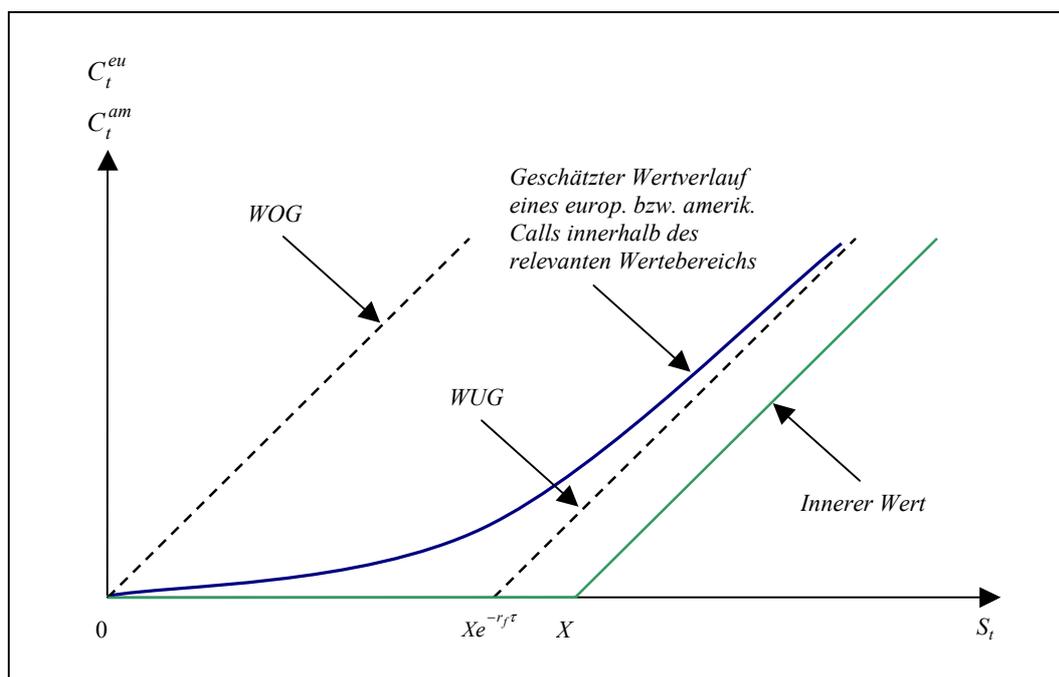


Abb. 3.5: Geschätzter Wertverlauf eines europ. bzw. amerik. Calls vor dem Verfalltag

¹³⁴ Auf entsprechende Arbitragebeweise sei an dieser Stelle verzichtet. Vgl. hierzu insbesondere Andres (1998), S. 133-134, Plötz (1991), S. 61-69, sowie vor allem Cox/Rubinstein (1985), S. 129-144, 154-161.

¹³⁵ Der Übersichtlichkeit halber wird auf nicht benötigte Parameter und Indexierungen bei der Darstellung verzichtet. Die hochgestellten Ziffern (1), (2) und (3) in Klammern repräsentieren hier die unterschiedlichen Kurse des Basiswertes.

3.3.3.2 Wertgrenzen für Verkaufsoptionsrechte

Der Inhaber eines amerikanischen Verkaufsoptionsrechts hat die Möglichkeit, zu jedem Zeitpunkt t sein Optionsrecht auszuüben und den Basiswert zum Basis- bzw. Ausübungspreis X zu verkaufen. Da der Wert eines Puts mit sinkendem Basiswertkurs steigt, ist für den Fall $S_t = 0$ der maximale Wert eines amerikanischen Puts gleich X . Der Ausübungspreis stellt somit die Wertobergrenze eines amerikanischen Puts dar.

Ein europäischer Put hingegen kann nur zum Zeitpunkt T zum Ausübungspreis X ausgeübt werden. Für alle früheren Zeitpunkte ist dieser maximale Wert aber noch abzuzinsen zu $X \cdot e^{-r_f \tau}$. Wäre P_t^{eu} größer als dieser Wert, könnte ein risikofreier Gewinn erzielt werden, da durch sofortigem Verkauf des Optionsrechts und Anlage des Erlöses bis zum Zeitpunkt T Erträge i. H. von $P_t^{eu} \cdot e^{r_f \tau}$ erzielbar wären und bei Ausübung lediglich X zu zahlen wäre.

Zusammenfassend gelten somit die folgenden Wertobergrenzen für Verkaufsoptionsrechte:

$$P_t^{eu}(S_t, X, \tau) \leq X \cdot e^{-r_f \tau}, \quad (3-12)$$

$$P_t^{am}(S_t, X, \tau) \leq X. \quad (3-13)$$

Bei positivem Zinssatz folgt daraus für $\tau > 0$

$$P_t^{eu}(S_t, X, \tau) < P_t^{am}(S_t, X, \tau) \leq X, \quad (3-14)$$

d. h. ein europäischer Put kann (aufgrund des fehlenden vorzeitigen Ausübungsrechts) zu keinem Zeitpunkt während der Laufzeit wertvoller sein als ein entsprechender amerikanischer Put.

Zur Ermittlung der Wertuntergrenzen ist auch für die Verkaufsoptionsrechte zunächst wieder die Nichtnegativitätsbedingung zu beachten:

$$P_t^{am}(S_t, X, \tau) > P_t^{eu}(S_t, X, \tau) \geq 0. \quad (3-15)$$

Amerikanische Puts besitzen – analog zu den entsprechenden Calls – aufgrund ihres Zusatzrechts zu jedem Zeitpunkt t einen Mindestwert i. H. ihres inneren Wertes:¹³⁶

$$P_t^{am}(S_t, X, \tau) \geq \max[0, X - S_t]. \quad (3-16)$$

Für die Wertuntergrenze eines europäischen Puts gelten die folgenden Überlegungen. Zum Verfallszeitpunkt T sind amerikanische und europäische Puts ceteris paribus wertmäßig äquivalent gemäß Bedingung (3-1b). Mangels fehlender Ausübungsmöglichkeit während der Laufzeit muss daher dieser Wert – analog zur Vorgehensweise beim europäischen Call – durch Abzinsung des Basispreises angeglichen werden. Die Wertuntergrenze eines europäischen Puts lautet demnach

$$P_t^{eu}(S_t, X, \tau) \geq \max[0, X \cdot e^{-r_f \tau} - S_t]. \quad (3-17)$$

Bei Verletzung von Bedingung (3-17) ergäben sich risikolose Arbitragegewinne. Der Beweis soll erneut anhand des Vergleichs der Wertentwicklung zweier in t gebildeter Portfolios erfolgen (Tab. 3.3). Portfolio A beinhaltet einen Put P_t^{eu} sowie den Basiswert zum Kurs S_t . Portfolio B besteht aus einer Geldanlage in Höhe von $X \cdot e^{-r_f \tau}$.

	Gegenwartswert in t	Zustandsabhängiger Wert am Verfallstag T	
		$S_T < X$	$S_T \geq X$
Portfolio A	$P_t^{eu} + S_t$	$(X - S_T) + S_T$	$0 + S_T$
Portfolio B	$X \cdot e^{-r_f \tau}$	X	X
Wertvergleich der Portfolios A und B		Wert (A) = Wert (B)	Wert (A) \geq Wert (B)

Tab. 3.3: Arbitrage-tabelleau zur Wertuntergrenzenbestimmung eines europ. Puts

¹³⁶ Auf einen Arbitragebeweis sei an dieser Stelle verzichtet. Dieser würde analog zur Wertuntergrenze eines amerikanischen Calls gemäß Bedingung (3-4) erfolgen.

Entwickelt sich der Basiswert in die gewünschte Richtung, weist der Put am Verfallstag einen inneren Wert auf, der bei Ausübung zusammen mit dem Kurs des Underlyings in T exakt dem Ausübungskurs X entspricht. Portfolio A und B sind wertgleich. Im Falle des alternativen Zustandes (Wert des Puts gleich null), entspricht der Wert von Portfolio A aber mindestens dem Wert von Portfolio B. Somit muss gelten:

$$P_t^{eu} + S_t \geq X \cdot e^{-r_f t} \quad \text{bzw.} \quad P_t^{eu} \geq X \cdot e^{-r_f t} - S_t. \quad (3-18)$$

Da für Puts

$$P(S^{(1)}) \geq P(S^{(2)}), \quad \text{falls} \quad S^{(1)} < S^{(2)} \quad (3-19)$$

sowie analog zur Konvexitätsbedingung (3-11) bei den Calls für $S^{(1)} < S^{(2)} < S^{(3)}$ ebenfalls

$$P(S^{(2)}) \leq \left(\frac{S^{(3)} - S^{(2)}}{S^{(3)} - S^{(1)}} \right) P(S^{(1)}) + \left(\frac{S^{(2)} - S^{(1)}}{S^{(3)} - S^{(1)}} \right) P(S^{(3)}) \quad (3-20)$$

gilt, lässt sich der geschätzte Verlauf eines europäischen und amerikanischen Puts innerhalb ihrer jeweiligen Wertgrenzen in Abb. 3.6 wiedergeben.

Erkennbar ist, dass der Wert eines amerikanischen Puts vor dem Verfallstag und bei positivem Zinssatz stets größer ist als der Wert eines europäischen Puts. Im Gegensatz zum Call nimmt somit das vorzeitige Ausübungsrecht beim amerikanischen Put immer einen positiven Wert an. Bei vorzeitiger Ausübung wird ein maximaler Ausübungserlös $AE(P)$ i. H. von $X - S_t$ erzielt. Nimmt der Kurs des Underlyings ab, ist ab einem best. „kritischen Kurs“ S^* die sofortige Ausübung die optimale Strategie und der Put hat den Wert $X - S^*$.¹³⁷ Bei S^* ist

¹³⁷ Die Bestimmung des zufallsabhängigen kritischen Kurses ist allerdings nicht in geschlossener analytischer Form möglich. Gerade für das Problem der vorzeitigen Ausübung wird daher entweder auf numerische Verfahren oder analytische Approximationsverfahren zurückgegriffen. Siehe hierzu die Ausführungen in Abschnitt 4.2. Dort wird das in der Praxis

der Wert des nichtausgeübten Verkaufsoptionsrechts gerade gleich dem des ausgeübten Puts.

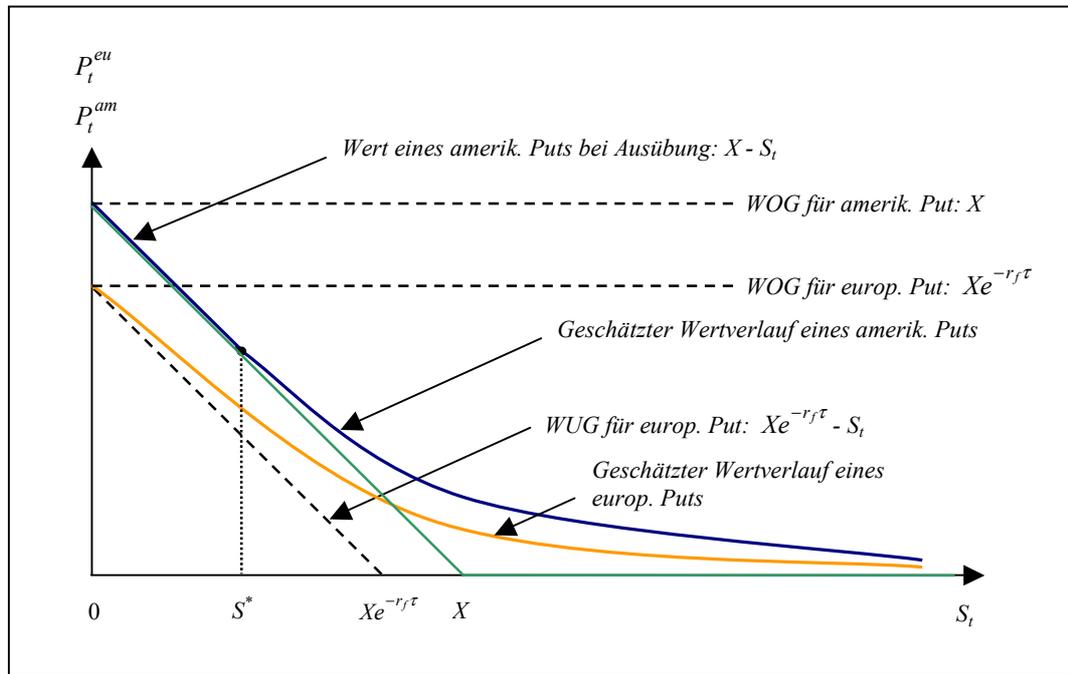


Abb. 3.6: Geschätzter Wertverlauf eines europ. bzw. amerik. Puts vor dem Verfallstag

Folgende Grenzfallüberlegung macht die Optimalität einer vorzeitigen Ausübung nochmals deutlich. Würde bspw. der Kurs des Basiswertes auf null fallen, dann hätte der amerikanische Put seinen Maximalwert X erreicht. Dies wäre aber auch der maximal erreichbare Wert am Verfallstag. Würde der Put daher nicht ausgeübt, ginge der mögliche Zinsertrag auf den Ausübungserlös i. H. von $X(e^{r_f \tau} - 1)$ verloren. Ab dem kritischen Kurs S_t^* wäre der Zinsverlust auf den Ausübungserlös größer als die aufgrund von „günstigen“ Kursbewegungen bis zum Fälligkeitstermin noch möglicherweise eintretenden Wertzuwächse des Puts. Der positive Wert der sog. „early exercise“ ist zudem beim amerikanischen Put unabhängig von möglichen Dividendenzahlungen auf den Basiswert.¹³⁸

am häufigsten verwendete Approximationsverfahren vorgestellt, welches auch im empirischen Teil dieser Arbeit Verwendung findet.

¹³⁸ Die europäische Wertuntergrenze eines Puts, bei Berücksichtigung von Dividendenzahlungen, stellt sich – analog zu den Überlegungen bei den Kaufoptionsrechten (siehe Fußnote 130) – dar als $\max[0, X e^{-r_f \tau} - S_t e^{(b-r_f)\tau}]$. Unabhängig von den Bestandshaltekosten $b = r_f - d$ wird diese Grenze immer in einem bestimmten Bereich unterhalb des Ausübungserlöses eines

3.3.4 Put-Call-Parität

Analog zur Vorgehensweise zur Bestimmung von Wertober- und Wertuntergrenzen lassen sich anhand von Arbitrageüberlegungen auch Gleichungsbeziehungen zwischen dem Wert von Kauf- und Verkaufsoptionsrechten herleiten.

Für Optionsrechte europäischen Typs gilt bei gleicher Ausstattung hinsichtlich Verfallszeitpunkt T und Basispreis X die folgende Beziehung:¹³⁹

$$P_t^{eu} = C_t^{eu} - S_t + X \cdot e^{-r_f t} \quad (3-21)$$

Ein Beweis lässt sich erneut durch einfache Arbitrageüberlegungen führen. Zwei Portfolios, A, bestehend aus einem in t gebildeten europäischen Put P_t^{eu} sowie dem Basisobjekt S_t und B, zusammengesetzt aus einem europäischen Call C_t^{eu} sowie einer Anlage in Höhe $X \cdot e^{-r_f t}$, erzielen zum Zeitpunkt T unabhängig vom eintretenden Umweltzustand den gleichen Ertrag. Demzufolge muss, um Arbitrage zu vermeiden, auch zu jedem früheren Zeitpunkt t Wertgleichheit herrschen (vgl. Tab. 3.4).

Somit gilt mit $P_t^{eu} + S_t = C_t^{eu} + X \cdot e^{-r_f t}$ die Put-Call-Paritätsgleichung (Put-Call-Parity) gemäß (3-21).

	Gegenwartswert in t	Zustandsabhängiger Wert am Verfallstag T	
		$S_T < X$	$S_T \geq X$
Portfolio A	$P_t^{eu} + S_t$	$(X - S_T) + S_T$	S_T
Portfolio B	$C_t^{eu} + X \cdot e^{-r_f t}$	X	$(S_T - X) + X$
Wertvergleich der Portfolios A und B		Wert (A) = Wert (B)	Wert (A) = Wert (B)

Tab. 3.4: Arbitrage tableau zur Put-Call-Parität für europ. Optionsrechte

amerikanischen Puts $(X - S_t)$ liegen, sodass eine vorzeitige Ausübung nie ganz auszuschließen ist. Vgl. Stoll/Whaley (1993), S. 187-190; Kwok (1998), S. 16; Theorem 13 in: Merton (1973b), S. 159-160.

¹³⁹ Vgl. Kwok (1998), S. 21; Hull (2000), S. 174-175; grundlegend dazu: Theorem 12 in: Merton (1973b), S. 157; Stoll (1969).

Wäre bspw. der Put „zu billig“, dann könnte über eine sog. „Conversion-Strategie“ ein risikoloser Gewinn erzielt werden. Dazu wäre in t ein Call zu verkaufen, ein „billiger“ Put und der Basiswert zu kaufen und ein Kredit i. H. des diskontierten Basispreises zum Zinssatz r_f aufzunehmen. Zum Fälligkeitszeitpunkt T ergäben sich keinerlei Zahlungsströme, in t allerdings ein Arbitragegewinn. Wäre indes der Put „zu teuer“, empfehle sich eine sog. „Reversal-Strategie“: Kauf des Calls, Verkauf des Puts, Verkauf des Basiswertes und Geldanlage des abgezinsten Basispreises.¹⁴⁰

Für amerikanische Optionsrechte kann die Put-Call-Parität (3-21), unter Berücksichtigung der Tatsache bereits festgestellter Relationen zwischen europäischen und amerikanischen Optionsrechten, weiterentwickelt werden. Beachtet man entsprechend $C_t^{eu} = C_t^{am}$ sowie $P_t^{eu} < P_t^{am}$, lässt sich die folgende Doppelungleichung für amerikanische Optionsrechte angeben:¹⁴¹

$$C_t^{am} - S_t + X > P_t^{am} > C_t^{am} - S_t + X \cdot e^{-r_f t}. \quad (3-22)$$

Die rechte Ungleichung ist trivial. Da der Wert eines amerikanischen Puts größer als der eines europäischen Puts sein muss, folgt sie unmittelbar aus (3-21). Die linke Gleichung (Obergrenze) bedarf allerdings einer entsprechenden Arbitrageüberlegung.

Hierzu sind in Tab. 3.5 erneut zwei Portfolios einander gegenüber gestellt. Portfolio A besteht aus einem amerikanischen Put P_t^{am} sowie dem Basiswert S_t , Portfolio B aus dem amerikanischen Call C_t^{am} sowie einer Geldanlage i. H. des Basispreises X .¹⁴²

¹⁴⁰ Vgl. Schäfer, K. (1995), S. 89-90.

¹⁴¹ Erstmals entwickelt bei Merton (1973b).

¹⁴² Die Möglichkeit einer vorzeitigen Ausübung braucht bei diesem Vergleich nicht berücksichtigt werden, da zum einen der amerikanische Put in Portfolio A gekauft wird und zum anderen beim Call dieses Recht ohnehin wertlos ist.

	Gegenwartswert in t	Zustandsabhängiger Wert am Verfallstag T	
		$S_T < X$	$S_T \geq X$
Portfolio A	$P_t^{am} + S_t$	$(X - S_T) + S_T$	S_T
Portfolio B	$C_t^{am} + X$	$Xe^{r_f \tau}$	$(S_T - X) + Xe^{r_f \tau}$
Wertvergleich der Portfolios A und B		Wert (A) \leq Wert (B)	Wert (A) \leq Wert (B)

Tab. 3.5: Arbitrage-tabelle zur Obergrenze der Put-Call-Parität für amerik. Optionsrechte

Egal welcher Umweltzustand eintritt, Portfolio B ist zum Zeitpunkt T immer wertvoller als A, da bei positivem Zinssatz immer $X < Xe^{r_f \tau}$ gilt. Daher muss zu jedem früheren Zeitpunkt t

$$C_t^{am} + X > P_t^{am} + S_t \tag{3-23}$$

gelten und somit die linke Gleichung in (3-22), womit die Obergrenze der Put-Call-Beziehung amerikanischer Optionsrechte festgelegt wäre.¹⁴³

3.4 Verteilungsannahmen und Kursverlaufshypothesen

Im vorigen Abschnitt wurde eine präferenz- und verteilungsfreie Optionsbewertung dargestellt. Mangels fehlender konkreter Kursverlaufsannahmen konnten lediglich Grenzen und Relationen der Optionswerte während der Laufzeit angegeben werden. Zu deren exakten Bestimmung im Rahmen von Gleichgewichtsmodellen muss mit bestimmten Kursverlaufshypothesen gearbeitet werden. Mit ihnen werden Annahmen über den zukünftigen Verlauf des Basiswertkurses getroffen.

Im Folgenden werden, in Bezug auf die in dieser Arbeit im Mittelpunkt stehenden Bewertungsansätze, die Grundzüge der Modellierung zukünftiger Basiswertkurse

¹⁴³ Auf eine erweiterte Darstellung mit Berücksichtigung von Dividenden sei an dieser Stelle gänzlich verzichtet. Siehe hierzu bspw. Franke et al. (2002), S. 115-119.

mithilfe des dem Black/Scholes-Optionsbewertungsmodell zugrundeliegenden stochastischen Prozesses, der sog. Brown'schen Bewegung¹⁴⁴, erklärt.

3.4.1 Modellierung von Kurspfaden – Die Random-Walk-Hypothese

Seit den Fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ist die Meinung vorherrschend, Wertpapierkurse folgen einem Zufallspfad¹⁴⁵ und treten unabhängig voneinander auf. Dieser Gedanke basiert auf den folgenden Überlegungen. Ist der heutige Kurs bekannt und soll der morgige Kurs vorausgesagt werden, so hat die Kenntnis von vergangenen Kursen keinerlei Auswirkungen auf die Prognosegüte, da im heutigen Kurs bereits alle verfügbaren Informationen enthalten sind. Genauer gesagt, zu jedem Zeitpunkt spiegelt der Kurs einer Aktie¹⁴⁶ den gesamten vorhandenen Informationsstand bzgl. vergangener Kurse wieder.¹⁴⁷ Informationen treten unabhängig und zufällig auf, stehen allen Marktteilnehmern unmittelbar und gleichzeitig zur Verfügung und tragen über ihre Umsetzung auf dem Kapitalmarkt zur Preisbildung bei, d. h. sie schlagen sich sofort im Preis und damit in der Kursentwicklung nieder.¹⁴⁸ Der Markt befindet sich damit ständig in einem dynamischen Gleichgewicht.¹⁴⁹

Den obigen Überlegungen folgend, lässt sich die Entwicklung des Aktienkurses modellieren als einfacher stochastischer Prozess, dem sog. Random-Walk-

¹⁴⁴ Das Modell der Brown'schen Bewegung beruht auf der von dem englischen Botaniker James Brown im Jahre 1825 gemachten Beobachtung einer Zitterbewegung, die in einer Flüssigkeit oder in einem Gas suspendierte Teilchen ausführen. Im Jahre 1906 benutzte Albert Einstein dieses Konzept zur Beschreibung von Molekularbewegungen. Vgl. Einstein (1906). Wiener formulierte diese Beobachtungen 1923 in einem exakten stochastischen Modell, weshalb die Brown'sche Bewegung auch häufig als Wiener-Prozess bezeichnet wird. Vgl. Wiener (1923). Angemerkt sei, dass es sich bei dem Wiener-Prozess um einen zeitstetigen stochastischen Prozess handelt. Daneben lassen sich auch mit zeitdiskreten Kursprozessen Bewertungsmodelle entwickeln. Beispiel hierfür ist der im Binomialmodell von Cox/Ross/Rubinstein verwendete multiplikative Binomialprozess. Vgl. Cox/Ross/Rubinstein (1979) sowie die Ausführungen dazu in Abschnitt 3.5.

¹⁴⁵ Damit ist natürlich nicht gemeint, dass Kurse rein zufällig entstehen, sondern dass ihre Entwicklung einem Zufallspfad gleicht.

¹⁴⁶ Im folgenden wird stets von Aktien gesprochen. Die Aussagen lassen sich aber prinzipiell auch auf andere Wertpapiere bzw. Finanzmarktprodukte, insbesondere auf die später betrachteten Aktienindizes, übertragen.

¹⁴⁷ Vgl. Fama (1970), S. 383.

¹⁴⁸ Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 269.

¹⁴⁹ Dies ist die Grundaussage der schwachen Informationseffizienzhypothese für den Kapitalmarkt nach Fama (1970). Schwach bedeutet in diesem Zusammenhang, dass nur Informationen über vergangene Kursveränderungen im aktuellen Kurs berücksichtigt sind und dadurch keine Überrenditen erzielbar sind. Vgl. dazu auch Perridon/Steiner (2002), S. 269, oder Thiel (2001), S. 6.

Prozess. Danach gilt für den zufallsbehafteten Zusammenhang zweier zeitlich aufeinander folgender Aktienkurse:

$$\begin{aligned} S_t &= S_{t-1} + w_t && \text{bzw.} \\ S_t - S_{t-1} &= w_t && (t = 1, 2, 3, \dots). \end{aligned} \tag{3-24}$$

Der Aktienkurs in t hängt damit nur ab vom Kurs der Vorperiode und einer zufälligen Komponente w_t . Diese ist eine zunächst beliebig verteilte Zufallsvariable zum Zeitpunkt t und stellt den Kurszuwachs der Aktie zwischen den Zeitperioden $t-1$ und t dar. Ihre Verteilung hat entscheidenden Einfluss auf die Kursentwicklung.

Identisch verteilte und unkorrelierte Zufallsvariablen w_t folgen einem White-Noise-Prozess (weißes Rauschen¹⁵⁰) und weisen einen konstanten Erwartungswert und eine konstante Varianz auf. Der Aktienkurs S_t folgt demgemäß einem Random-Walk-Prozess im weiteren Sinne. Wird für die w_t von einem Erwartungswert von null ausgegangen, so heißt dies letztlich nicht anderes, als dass der Erwartungswert für den zukünftigen Kurs gerade dem aktuellen Kurs entspricht.¹⁵¹ Es handelt sich in diesem Fall um einen Random-Walk-Prozess ohne Drift, d. h. ohne systematische Abweichungen (Trend).¹⁵² Geht man indes in einem weiteren Schritt von der Unkorreliertheit zur Unabhängigkeit der w_t über, so spricht man von einem Strict-White-Noise-Prozess bzw. einem Random-Walk-Prozess im engeren Sinne für S_t .¹⁵³

¹⁵⁰ Dieser Ausdruck entstammt der Physik und bezeichnet die gleichmäßige Zusammensetzung des weißen Lichts durch Lichtwellen verschiedener Frequenzen. Analog dazu liefern alle Frequenzen eines White-Noise-Prozesses denselben Beitrag zur Prozessvarianz. Vgl. Schlittgen/Streitberg (1995), S. 157.

¹⁵¹ Vgl. Grünwald (1980), S. 139.

¹⁵² Man spricht in diesem Zusammenhang von einem schwachen Martingalprozess zweiter Ordnung. Schwach deshalb, da lediglich Unkorreliertheit (und nicht Unabhängigkeit) der Zuwachsvariablen w_t vorausgesetzt wird. Die Bezeichnung Martingal geht zurück auf Fama (1970). Man unterscheidet zwischen Martingal (ohne Trend) und Submartingal (mit Trend, womit für die w_t nicht $E[w_t] = 0$ gilt).

¹⁵³ Die Unabhängigkeit der Zuwächse garantiert somit die Einhaltung der (schwachen) Informationseffizienzhypothese. Der Random-Walk im engeren Sinne ist damit ein sog. Markov-Prozess. Dieser zeichnet sich gerade durch die unabhängigen Zuwächse aus. Die Markov-Eigenschaft besagt zwar, dass sich aus dem vergangenen Kursverlauf keinerlei Erkenntnisse über den zukünftigen Verlauf gewinnen lassen (was im Gegensatz zur überwiegenden Auffassung der Anhänger der technischen Aktienanalyse steht), dennoch kann

3.4.2. Grundlagen einer Brown'schen Bewegung

Der Übergang von einem Random-Walk-Prozess zu einer Brown'schen Bewegung (Wiener-Prozess) erfolgt durch die Annahme einer konkreten Verteilung für die Zufallsvariable w_t . Von einer arithmetischen Brown'schen Bewegung für S_t wird gesprochen, wenn die Zuwächse w_t (als Differenz der absoluten Kursänderungen) unabhängig und identisch normalverteilt sind mit einem Erwartungswert von null und einer Varianz von $\sigma^2 \Delta t$.

Nimmt man mit $\sigma^2 = 1$ eine Standardisierung vor, so bedeutet dies für $\Delta S = w_t$ als Kursveränderung während eines beliebigen Zeitraums Δt , unter Beachtung von $\eta_t = \frac{w_t}{\sigma \sqrt{\Delta t}}$, dass die Kurse einer standardisierten Brown'schen Bewegung (oder standardisiertem Wiener-Prozess) folgen, mit

$$\Delta S = \eta \sqrt{\Delta t}, \quad (3-25)$$

wobei η eine standardnormalverteilte Zufallsvariable darstellt und somit für die Verteilung von ΔS gilt:

$$\Delta S \sim N(0; \Delta t). \quad (3-26)$$

Daraus folgt allerdings, dass eine positive Wahrscheinlichkeit für den Fall negativer Kurse existiert, was wenig realistisch erscheint. Zudem wäre eine Kursänderung um einen bestimmten Wert für „Penny-Stocks“ genauso wahrscheinlich wie für Aktien, die auf vergleichsweise hohem Preisniveau notieren. Das Ausmaß der absoluten Kursänderung wäre also unabhängig vom Kursniveau. Eine Modifikation der arithmetischen Brown'schen Bewegung erscheint angebracht. Es werden deshalb im Folgenden nicht mehr die absoluten, sondern die relativen Preisänderungen $\frac{\Delta S_t}{S_{t-1}}$ betrachtet.

der vergangene Kursverlauf möglicherweise Informationen über den zugrundeliegenden stochastischen Prozess liefern.

Da annahmegemäß die Betrachtungszeitpunkte in infinitesimal kleinen Einheiten gemessen werden, können als Näherung für die Differenz der absoluten Kurse die stetigen Renditen in Form von $\ln(S_t) - \ln(S_{t-1})$ verwendet werden. Diese relativen Preisänderungen sind nach dem Zentralen Grenzwertsatz für hinreichend viele Übergänge in infinitesimal kleinen Zeitintervallen normalverteilt. Für die Aktienkurse selbst folgt dann eine Lognormalverteilung. Da deren Werte teilweise denen der Normalverteilung entsprechen, der Definitionsbereich sich jedoch auf die positiven reellen Zahlen beschränkt, kann die unrealistische Möglichkeit negativer Kurse umgangen werden.

Die folgenden Aussagen beziehen sich daher auf die relativen Preisänderungen als Differenz der logarithmierten Kurse, die durch die Zufallsvariable z wiedergegeben werden.

Die Variable z folge einer Brown'schen Bewegung, d. h. die Veränderung dieser Zufallsvariablen Δz in einem kleinen Zeitintervall Δt wird beschrieben durch

$$\Delta z = \eta_i \sqrt{\Delta t} . \quad (3-27)$$

Dabei ist η_i eine unabhängige, standardnormalverteilte Zufallsvariable. Daraus folgt für Δz eine Normalverteilung mit Erwartungswert null und Varianz Δt .

Unterteilt man einen längeren Zeitraum L in $I = \frac{1}{\Delta t} \cdot L$ gleich große Zeitintervalle

Δt , dann gilt für die Zunahme der Variablen z in diesem längeren Zeitraum:

$$z_L - z_0 = \sum_{i=1}^I \eta_i \sqrt{\Delta t} = \sum_{i=1}^I \Delta z_i , \quad (3-28)$$

d. h. die Zunahme von z im Zeitraum L setzt sich zusammen aus den einzelnen Zunahmen in den Zeitintervallen Δt , wobei diese Gesamtzunahme normalverteilt ist mit einem Erwartungswert null und einer Varianz $I \cdot \Delta t = L$.

Im stetigen Fall¹⁵⁴ ergibt sich für $\Delta t \rightarrow 0$ der standardisierte Wiener-Prozess als

$$dz = \eta\sqrt{dt} . \quad (3-29)$$

Der Standard-Wiener-Prozess besitzt keinen Drift, er ist richtungslos. Der Erwartungswert der Wertänderung ist null, wonach der zukünftige Wert von z dem aktuellen entsprechen wird. Für praktische Anwendungen gerade im Kapitalmarktbereich wird allerdings für erwartete Wertpapierkurse von einer entsprechenden Wachstumsrate mindestens in Höhe einer risikofreien Verzinsung ausgegangen.¹⁵⁵

Berücksichtigung findet diese Überlegung beim Übergang zum allgemeinen Wiener-Prozess mit konstanter Driftrate μ_x und konstanter Varianzrate σ_x^2 :

$$dx = \mu_x dt + \sigma_x dz . \quad (3-30)$$

Die Verallgemeinerung besteht also darin, dass im Gegensatz zum Standard-Wiener-Prozess auch Werte für Erwartungswert und Varianz ungleich null bzw. eins erlaubt sind.

Der Drift $\mu_x dt$ ist dabei die erwartete Prozessveränderung im Zeitablauf, während $\sigma_x dz$ die zufälligen Schwankungen um die erwartete Veränderung, also eine zufällige Störgröße darstellt.

Wird ein beliebiges kleines Zeitintervall Δt betrachtet, so stellt sich der allgemeine Wiener-Prozess unter Beachtung von (3-27) dar als

$$\Delta x = \mu_x \Delta t + \sigma_x \eta \sqrt{\Delta t} \quad (3-31)$$

mit

¹⁵⁴ Im folgenden wird vornehmlich die stetige Form gewählt. Zu beachten ist allerdings, dass ein Wiener-Prozess an keiner Stelle differenzierbar ist. Vgl. Malliaris/Brock (1982), S. 37.

¹⁵⁵ Vgl. Thiel (2001), S. 65-66.

$$\Delta x \sim N(\mu_x \Delta t; \sigma_x^2 \Delta t). \quad (3-32)$$

Für zwei beliebige Zeitpunkte t und s mit $t > s$ ergibt sich im stetigen Fall für die Differenz $x_t - x_s$ eine Normalverteilung mit Erwartungswert $\mu_x(t-s)$ und Varianz $\sigma_x^2(t-s)$.

3.4.3 Der stochastische Prozess für den Aktienkurs

Betrachtet man im Folgenden den Kurspfad für den Aktienkurs S , so wird deutlich, dass für den hierfür anzunehmenden stochastischen Prozess kein allgemeiner Wiener-Prozess, wie er für die relativen Preisänderungen im vorigen Abschnitt modelliert wurde, in Frage kommen kann. Dieser ließe aufgrund der normalverteilten Zuwächse auch negative Aktienkurse zu, was – wie bereits erwähnt – eine unrealistische Möglichkeit darstellt. Daher wurde dieser Prozess nach bisheriger Vorgehensweise nur für die Aktienrenditen modelliert, welche annahmegemäß eine Normalverteilung aufweisen.

Für den Aktienkurs wird indes ein Itô-Prozess angenommen, bei welchem Drift- und Varianzrate nicht konstant, sondern selbst jeweils Funktionen der betrachteten Variablen S und der Zeit t sind, gilt:

$$dS = \mu(S,t)dt + \sigma(S,t)dz. \quad (3-33)$$

Es lässt sich über den funktionalen Zusammenhang zwischen Driftrate und Varianzrate mit dem Aktienkurs und/oder der Zeit berücksichtigen, dass zum einen die absoluten Kurssteigerungen sicher von der Höhe des Aktienkurses abhängen und daher vornehmlich die relativen und nicht die absoluten Steigerungen Konstanz aufweisen werden und zum anderen, dass die Varianz der Kurse (Volatilität) bei höherem Kursniveau ebenfalls größer ausfallen wird. Es wird daher angenommen:

$$\mu(S,t) = \mu S \quad \text{und} \quad \sigma(S,t) = \sigma S. \quad (3-34)$$

Berücksichtigt man (3-29) im Itô-Prozess (3-33), dann resultiert die sog. geometrische Brown'sche Bewegung¹⁵⁶

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (3-35)$$

bzw.

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \quad (3-36)$$

mit Driftrate μ als erwartete relative Veränderung im Zeitablauf, σ als Standardabweichung dieser Änderungsrate und dz als (Standard-)Wiener-Prozess.

Diskretisiert man (3-36) und beachtet (3-27), so wird aus der Beziehung

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu \Delta t + \sigma \eta \sqrt{\Delta t} \quad (3-37)$$

deutlich, dass die relativen Kursänderungen in einem kleinen Zeitintervall Δt normalverteilt sind mit einem Erwartungswert $\mu \Delta t$ und einer Varianz $\sigma^2 \Delta t$, wobei μ und σ als konstant angenommen werden.

Für die kontinuierliche Rendite, definiert als Differenz der logarithmierten Kurse, wurde ein allgemeiner Wiener-Prozess gemäß (3-30) modelliert. Es herrscht somit der folgende Zusammenhang:

$$\ln(S_t) = x_t. \quad (3-38)$$

Über die Anwendung des Lemmas von Itô¹⁵⁷ auf den geometrischen Brown'schen Prozess (3-35) lässt sich zeigen, dass für die Funktion $x = \ln(S)$

¹⁵⁶ Dieser Prozess wurde 1959 von Osborne eingeführt. Vgl. Osborne (1959), S. 146.

¹⁵⁷ Vgl. Itô (1951), S. 1-51, sowie die Ausführungen dazu in Anhang A1.

$$\begin{aligned} dx &= d \ln(S) = \left(\frac{1}{S} \mu S - \frac{1}{2} \frac{1}{S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{1}{S} \sigma S dz \\ &= \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dz \end{aligned} \quad (3-39)$$

folgt.

Für ein beliebiges Zeitintervall $(t-s)$ mit $t > s$ gilt dann – analog zur Folgerung aus (3-31) und (3-32) – für die Differenz zweier logarithmierter Kurse eine Normalverteilung mit Erwartungswert $\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) (t-s)$ und Varianz $\sigma^2 (t-s)$.

Für die kontinuierliche Rendite, definiert als $\ln(S_t) - \ln(S_{t-1})$, ergibt sich dann

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \sim N\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2; \sigma^2\right). \quad (3-40)$$

Für den Aktienkurs folgt daraus eine Lognormalverteilung mit den Parametern $E(S_t) = S_{t-1} e^\mu$ und $Var(S_t) = S_{t-1}^2 e^{2\mu} (e^{\sigma^2} - 1)$.

Ein Vergleich von (3-39) mit (3-30) zeigt, dass für die Parameter μ und σ^2 gilt:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \sigma_x^2 \quad \text{bzw.} \\ \mu &= \mu_x + \frac{1}{2} \sigma^2. \end{aligned} \quad (3-41)$$

D. h. die Varianzrate σ^2 des geometrischen Brown'schen Prozesses der Aktienkurse entspricht der kontinuierlichen Renditevarianz. Die Driftrate μ dagegen setzt sich zusammen aus der kontinuierlichen Rendite und der Hälfte der kontinuierlichen Renditevarianz.¹⁵⁸

¹⁵⁸ Sie beschreibt damit die kontinuierliche Rendite des Erwartungswertes der diskreten Renditen. Vgl. dazu Andres (1998), S. 151.

3.5 Ansätze und Verfahren zur Optionsbewertung

3.5.1 Modellüberblick und Systematisierung

Eine einheitliche und übersichtliche Systematisierung erscheint angesichts der Vielzahl von Ansätzen zur Bewertung von Optionen bzw. Optionsscheinen ein schwieriges Unterfangen. Ziel ist es, im Rahmen dieses Abschnitts einen Überblick über die historische und inhaltliche Entwicklung von Optionsbewertungsansätzen und -modellen zu geben, ohne allerdings einen Anspruch auf Vollständigkeit zu stellen. Zunächst wird daher versucht, ausgehend von der auf Smith¹⁵⁹ zurückgehenden Vorgehensweise, einen Grobübersicht über Methoden und Ansätze, gegliedert nach ihrem wissenschaftlichen Gehalt, zu liefern. Dabei werden die grundlegenden Eigenschaften der verschiedenen Richtungen beschrieben und die wichtigsten Vertreter mit ihren jeweiligen Modellen genannt.¹⁶⁰

Neben den im Folgenden interessierenden Optionswertmodellen, deren Absicht es ist, einen monetären Optionswert als Ergebnis eines modelltheoretischen Ansatzes zu liefern oder zumindest einen hinreichend brauchbaren Wertebereich anzugeben, also Ansätze, die den Optionswert als Ergebnisvariable ins Blickfeld rücken, stellen die sog. naiven Ansätze oder Kennzahlenverfahren keine derartigen Ansprüche. Sie zielen einzig auf einen Bewertungsvergleich mit den Marktpreisen als Inputs ab und versuchen die Vorteilhaftigkeit und Preiswürdigkeit von (meist) Optionsscheinen anhand konkreter Kennzahlen wie Moneyness, Hebel, Aufgeld etc. zu beschreiben.¹⁶¹

Die eigentlichen Optionswertmodelle können weiter unterteilt werden in die Klasse der empirisch-ökonomischen Modelle¹⁶² und die Klasse der Gleichgewichts- bzw. gleichgewichtsorientierten Modelle. Die Bezeichnung der

¹⁵⁹ Vgl. Smith (1976).

¹⁶⁰ Auf eine formale Darstellung sei dabei im Hinblick auf die Zielsetzung in dieser Arbeit verzichtet. Jene Modelle, die in die anschließende empirische Untersuchung Eingang finden, werden in Kapitel 4 auch formal dargestellt.

¹⁶¹ Vgl. hierzu die entsprechenden Ausführungen in Abschnitt 2.6.2. Weiterführend zu den Optionsscheinkennzahlen sei auf Doll/Neuroth (1991) verwiesen.

¹⁶² Zur Bezeichnung vgl. bspw. auch Andres (1998), S. 125, oder Kohler (1992), S. 67.

erstgenannten Modellgruppe ist indes in der Literatur nicht einheitlich. Üblicherweise finden sich hier synonyme Bezeichnungen wie Ad-hoc-¹⁶³ oder A-Posteriori-Modelle¹⁶⁴, deskriptive Methoden¹⁶⁵ oder einfach statistische oder ökonometrische Bewertungsansätze¹⁶⁶. Wenngleich die Bezeichnungen unterschiedlich ausfallen, so kommt in ihnen doch das Charakteristikum dieser Ansätze mehr oder weniger gut zum Vorschein. Diese Art der Bewertungsansätze sind induktiver Natur und vergangenheitsorientiert. Sie versuchen erst gar nicht, einen theoretisch „richtigen“ Optionswert auf kausaler Ebene zu bestimmen. Vielmehr ist das Ziel basierend auf empirischen Vergangenheitsdaten, einen rein funktionalen Zusammenhang zu entwickeln, um damit zukünftige Optionspreise zu prognostizieren. Im Grunde handelt es sich lediglich um „theorielose empirische Untersuchungen“¹⁶⁷ oder einfache „Kurvenanpassungstechniken“¹⁶⁸. Zu den wichtigsten und bekanntesten Ansätzen zählen hierbei die Arbeiten der folgenden Autoren:¹⁶⁹ Hallingby, Morrison, Guigère¹⁷⁰, Pease, Kassouf bzw. Thorp und Kassouf sowie Shelton.¹⁷¹

Gleichgewichts- bzw. gleichgewichtsorientierte Modelle¹⁷² zeichnen sich dadurch aus, dass sie als Ausgangspunkt Arbitragefreiheit als Bedingung für einen gleichgewichtigen Kapitalmarkt voraussetzen und je nachdem, welche zusätzlichen Annahmen über die Anlegerpräferenzen bzw. den zugrundeliegenden Kursverlauf des Underlyings getroffen werden, auf logisch-deduktive Weise auf einen theoretischen Modellwert geschlossen wird.¹⁷³

¹⁶³ Vgl. Terstege (1995), S. 31-34; Schäfer, B. (1995), S. 85.

¹⁶⁴ Vgl. Ernst (1973), S. 77.

¹⁶⁵ Vgl. Schäfer, B. (1995), S. 85.

¹⁶⁶ Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 331; Steiner/Bruns (2000), S. 296.

¹⁶⁷ Grünwald (1980), S. 154.

¹⁶⁸ Wilhelm (1978), S. 511.

¹⁶⁹ Vgl. Hallingby (1947); Morrison (1957); Guigère (1958); Pease (1963); Kassouf (1962), (1968), (1969); Thorp/Kassouf (1967); Shelton (1967a), (1967b).

¹⁷⁰ Guigère greift in seiner Arbeit die vorangegangenen Arbeiten von Hallingby (1947) und Morrison (1957) auf.

¹⁷¹ Eine Übersicht zu diesen Ansätzen findet sich bspw. bei Terstege (1995), S. 30-35, sowie Bös (1991), S. 34-39. Die drei wohl bekanntesten Ansätze von Guigère, Shelton und Kassouf behandelt auch Thiel in den Grundzügen. Vgl. Thiel (2001), S. 26-33.

¹⁷² Als Gegenpart zu den deskriptiven (Ad-hoc-)Modellen werden Gleichgewichtsmodelle bei Schäfer als analytisch-deduktive Modelle bezeichnet. Vgl. Schäfer, B. (1995), S. 85.

¹⁷³ Es wird davon ausgegangen, dass sich aufgrund des Fehlens von Arbitragemöglichkeiten der Kapitalmarkt im Gleichgewicht befindet und es deshalb möglich ist, einen „fairen“ Optionswert zu bestimmen oder zumindest einen Wertebereich hierfür anzugeben. Vgl. Andres (1998), S. 35.

Eine weitere Unterteilung ist bei diesen Modellen hinsichtlich zweier bereits genannter Kriterien möglich. Zum einen, die Annahmen über den Kursverlauf des Basiswertes (Kursverlaufshypothese oder Kursverlaufsprozess) und zum anderen, die Annahmen über die Risikopräferenzen der Anleger betreffend.

Verteilungs- (und präferenz-)freie Ansätze, deren einzige sehr schwache Präferenzannahme ist, dass Anleger mehr Wohlstand gegenüber weniger vorziehen, erlauben hingegen nur die Ermittlung eines Wertebereichs sowie bestimmter Werterelationen auf der Grundlage von Arbitrageüberlegungen.¹⁷⁴ Durch ihre hohe Allgemeingültigkeit stellen sie damit den Rahmen für alle, auf spezifischeren Prämissen basierenden Gleichgewichtsmodelle dar.

Werden bestimmte Kursprozessannahmen¹⁷⁵ bzgl. des Basisobjekts getroffen, lassen sich mit den damit resultierenden verteilungsabhängigen Bewertungsmodellen, ggf. ohne oder mit zusätzlichen Präferenzannahmen, konkrete Optionswerte ermitteln.¹⁷⁶ Im ersten Fall wird von vollständigen Gleichgewichtsmodellen gesprochen, letztere werden als partielle Gleichgewichtsmodelle¹⁷⁷ bezeichnet.¹⁷⁸

Die partiellen Gleichgewichtsmodelle gelten gewissermaßen als Vorläufer der vollständigen Gleichgewichtsmodelle und stellen einen wichtigen Beitrag zu

¹⁷⁴ Grundlegend sind hier die Arbeiten von Merton (1973b) sowie Stoll (1969) und Smith (1976). Siehe dazu auch die Ausführungen in Abschnitt 3.3. Andres bezeichnet diese Ansätze nur als verteilungsfreie Modelle und nimmt sie aus der Gruppe der Gleichgewichtsmodelle explizit heraus. Vgl. Andres (1998), S. 125.

¹⁷⁵ Kursänderungen des Underlyings werden bei Gleichgewichtsmodellen als Ergebnis eines stochastischen Prozesses betrachtet. (Siehe dazu auch die Ausführungen im vorigen Abschnitt.) Kohler setzt Gleichgewichtsmodelle daher gleich mit stochastischen Modellen. Vgl. Kohler (1992), S. 67.

¹⁷⁶ Terstege unterscheidet hierbei noch schwache und starke Kursprozessannahmen. Als Beispiel für eine schwache Kursprozessannahme wird das Modell von Levy/Levy (1988) genannt, welches lediglich einen möglichen Wertebereich für die Option am Verfalltag angeben und daraus Rückschlüsse auf den Wert zu einem früheren Zeitpunkt ziehen kann. Vgl. Terstege (1995), S. 46. Bös spricht in diesem Zusammenhang von einer ersten einschränkenden Annahme über die Verteilung. Vgl. Bös (1990), S. 74.

¹⁷⁷ Partielle Gleichgewichtsmodelle werden häufig auch als Wahrscheinlichkeits- oder Erwartungswertmodelle bezeichnet. Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 330-331; Kohler (1992), S. 69; Grünwald (1980), S. 175. Terstege setzt partielle Gleichgewichtsmodelle indes gleich mit präferenzabhängigen Modellen. Vgl. Terstege (1995), S. 41-42.

¹⁷⁸ Vgl. hierzu bspw. Perridon/Steiner (2002), S. 330-331; Thiel (2001), S. 33-34, 40-41; Steiner/Bruns (2000), S. 296; Andres (1998), S. 125; Schäfer, B. (1995), S. 87-88. Die Unterteilung geht zurück auf Smith (1976). Eine geläufige begriffliche Unterscheidung ist auch die in Gleichgewichtsmodelle ohne (partielle) bzw. mit (vollständige) Hedge-Ansatz. Vgl. Bös (1990), S. 33, 39, 44.

deren Entwicklung dar.¹⁷⁹ Zu den Vertretern zählen insbesondere die Arbeiten von Bachelier¹⁸⁰, Sprenkle¹⁸¹, Boness¹⁸² und Samuelson¹⁸³.

Üblicherweise lassen sich die vollständigen Gleichgewichtsmodelle, die in ihren ursprünglichen Formen lediglich für europäische (Aktien-)Optionen entwickelt wurden und entsprechend Lösungen hierfür bieten, weiter untergliedern hinsichtlich des jeweils unterstellten Kursprozesses.¹⁸⁴ Demnach können Modelle nach Art der Kontinuität der Kursänderung (stetig oder diskret) sowie der Streuung der Kursänderung (konstant oder variabel) unterschieden werden.¹⁸⁵ Abb. 3.7 stellt in diesem Kontext den Versuch einer Systematisierung der verschiedenen Ansätze zur Optionsbewertung dar.¹⁸⁶

Angesicht der Bedeutung der Gleichgewichtsmodelle, insbesondere durch die Entwicklung des ersten vollständigen Gleichgewichtsmodells durch Roger Black und Myron Scholes im Jahre 1973, welches als Grundlage zahlreicher Erweiterungen und neuen Modellentwicklungen dient, wird im Folgenden der Bereich der Gleichgewichtsmodelle genauer betrachtet.¹⁸⁷ Damit geht der Versuch einher sowohl einen historischen als auch inhaltlichen Überblick zu vermitteln, mit dem Black/Scholes-Modell im Mittelpunkt der Betrachtung.

¹⁷⁹ Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 3.5.2.

¹⁸⁰ Vgl. Bachelier (1900).

¹⁸¹ Vgl. Sprenkle (1964).

¹⁸² Vgl. Boness (1964).

¹⁸³ Vgl. Samuelson (1965).

¹⁸⁴ Dies ist jedoch nur eine der möglichen Systematisierungen. Weitere Möglichkeiten werden im nächsten Abschnitt erwähnt.

¹⁸⁵ Auf die entsprechenden Modelle dieser Untergruppen, die in Abb. 3.7 bereits beispielhaft wiedergegeben sind, wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen. Es sei jedoch erwähnt, dass es sich bei diesen Ansätzen fast ausnahmslos um Modelle handelt, die bei einzelnen oder mehreren Annahmen des Black/Scholes-Modells ansetzen und versuchen, alternative Bewertungsformeln zu entwickeln.

¹⁸⁶ Ähnliche Abbildungen finden sich bspw. bei Terstege (1995), S. 32, 45, 49, oder Kohler (1992), S. 67.

¹⁸⁷ Auf eine formale Darstellung sei dabei aber, wie bereits bei den bisher erwähnten Ansätzen, verzichtet. Es wird stattdessen auf die angegebene Literatur verwiesen. Die der späteren empirischen Analyse zugrundeliegenden Bewertungsmodelle werden dagegen im nachfolgenden Kapitel ausführlich behandelt.

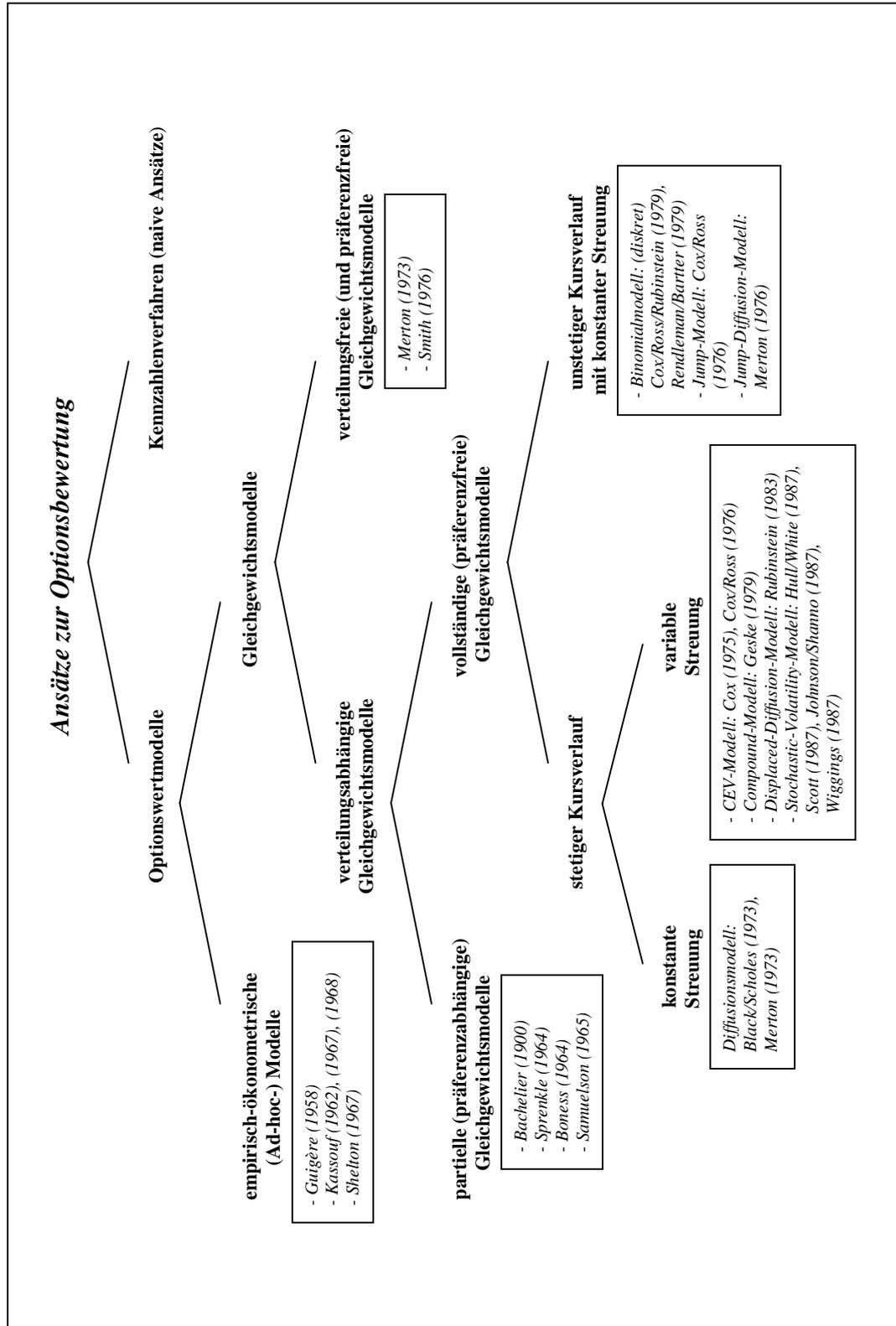


Abb. 3.7: Optionsbewertungsansätze im Grobüberblick

3.5.2 Gleichgewichtsorientierte Modelle

Es wurde bereits eine Unterteilung der Gleichgewichtsmodelle nach partiellen und vollständigen Modellen im Sinne von präferenzabhängigen bzw. präferenzfreien Ansätzen sowie im weiteren in Abhängigkeit vom jeweils unterstellten Kursprozess vorgenommen. Es bietet sich aber, gerade im Hinblick auf die beiden in dieser Arbeit anzuwendenden Ansätze, als weitere Möglichkeit auch eine Gliederung nach der jeweils verwendeten Lösungsmethode an. Nach beiden Gliederungsschemata wird im Folgenden verfahren.¹⁸⁸

3.5.2.1 Partielle und vollständige Gleichgewichtsmodelle

Die Anfänge der gleichgewichtsorientierten Optionsbewertung liegen über 100 Jahre zurück und begannen mit der 1900 an der Sorbonne veröffentlichten mathematischen Dissertation von Louis Bachelier.¹⁸⁹ Er benutzte erstmals das Modell der Brown'schen Bewegung (wenn auch nicht unter diesem Namen) zur Beschreibung von Aktien- bzw. Rentenkursen. Ziel war es, Preise verschiedener Optionen durch Modellierung von Underlyingpreisen mittels einer (arithmetischen) Brown'schen Bewegung abzuleiten und in einer empirischen Analyse mit den tatsächlichen Marktpreisen zu vergleichen. Dabei wurde versucht, aus dem Erwartungswert der Option am Verfallstag Rückschlüsse auf den Wert zum Bewertungszeitpunkt zu ziehen. Seine Folgerung war, dass Aktienkurse normalverteilt sind und damit die Wahrscheinlichkeit für negative Kurse zwar gering aber dennoch vorhanden sind.¹⁹⁰ Zudem wurde sowohl Risikoneutralität der Anleger als auch ein Zinssatz von null unterstellt.¹⁹¹

¹⁸⁸ Dabei werden an entsprechender Stelle insbesondere auch die Ansätze kenntlich gemacht, die speziell für die problematische Bewertung amerikanischer Optionsrechte entwickelt wurden.

¹⁸⁹ Vgl. Bachelier (1900).

¹⁹⁰ Dies ist mitunter der schwerwiegendste Einwand gegen die Wahl eines arithmetischen Brown'schen Prozesses. In den folgenden Modellen wurde daher zu einer geometrischen Brown'schen Bewegung übergegangen, welche für die Basiswertkurse eine Lognormalverteilung impliziert und damit negative Kurse ausschließt. Siehe zum Konzept der Brown'schen Bewegung die Ausführungen des vorhergehenden Abschnitts 3.4.

¹⁹¹ Beides resultiert aus der Annahme Bacheliers, dass die erwarteten Kursänderungen des Basiswertes null sind. Vgl. Bachelier (1900), S. 27.

Erst 1956 erwähnte Richard Kruizenga den Ansatz von Bachelier in seiner Dissertation erneut.¹⁹² Weiterentwicklungen erfolgten durch Sprenkle¹⁹³, der erstmals eine Lognormalverteilung der Aktienkurse annahm sowie eine positive erwartete Durchschnittsrendite des Underlyings unterstellte und damit die Haupteinwände gegen das Bachelier-Modell eliminierte, jedoch weiterhin auf die Abdiskontierung des Erwartungswertes verzichtete, sowie Boness¹⁹⁴, welcher zusätzlich die bei Sprenkle noch fehlende Abzinsung mit berücksichtigte. Allerdings wurde Risikoneutralität der Anleger unterstellt, was implizit dazu führte, dass alle Wertpapiere dieselbe Rendite aufwiesen.¹⁹⁵ Bei Samuelson¹⁹⁶ fand diese Vorstellung identischer Renditenerwartungen nicht Eingang. Er formulierte ein Axiom der mittleren Erwartung, demzufolge bei unterstellter Risikoaversion die erwartete Rendite eines Optionsscheins nicht geringer sein kann als die der zugrundeliegenden Aktie.¹⁹⁷

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass diese partiellen Gleichgewichtsansätze auf der Vorstellung basieren, der Käufer erwirbt die Option am Bewertungstag zu einem Preis, der dem (abdiskontierten) erwarteten Wert der Option am Verfallstag entspricht. Dieser Erwartungswert wird bestimmt über das, mit aus speziellen Kursverlaufsannahmen resultierenden Wahrscheinlichkeiten gewichtete, arithmetische Mittel der möglichen inneren Werte der Option am Verfallstag. Dabei wird allerdings entweder ein realitätsferner Kursprozess unterstellt, die notwendige Diskontierung vernachlässigt oder mindestens ein exogener Modellparameter, entweder bestimmte Annahmen über die individuelle Risikoeinstellungen oder die zukünftige Kursentwicklung des Basiswertes betreffend, (willkürlich) geschätzt.¹⁹⁸ Dennoch gelten diese frühen Ansätze als wichtige Vorreiter zur Entwicklung der vollständigen Gleichgewichtsmodelle.¹⁹⁹

¹⁹² Vgl. Kruizenga (1956).

¹⁹³ Vgl. Sprenkle (1964).

¹⁹⁴ Vgl. Boness (1964).

¹⁹⁵ Vgl. Smith (1976), S. 18.

¹⁹⁶ Vgl. Samuelson (1965).

¹⁹⁷ Vgl. Samuelson (1965), S. 19 ff.

¹⁹⁸ Vgl. Bös (1991), S. 44.

¹⁹⁹ Bspw. unterscheidet sich das Modell von Boness lediglich in der Verwendung der unterstellten Wachstumsrate der Aktienrenditen, welche willkürlich geschätzt wird, vom Black/Scholes-Modell. Vgl. Smith (1976), S. 18.

Die Entwicklung des ersten präferenzfreien, auf einem vollkommenen Kapitalmarktgleichgewicht beruhenden geschlossenen Bewertungsmodells (für europäische Aktienoptionen) gelang erst im Jahre 1973 Fischer Black und Myron Scholes.²⁰⁰ Mit ihrer Arbeit sowie den entscheidenden Erweiterungen von Robert Merton²⁰¹ hielt das Konzept des sog. Hedge- bzw. Duplikationsansatzes Einzug in die moderne Optionsbewertungstheorie. Mit der Bildung eines perfekt gehedgten, im Zeitablauf ständig anzupassenden und keine risikofreie Arbitragegewinne zulassenden Portfolios, bestehend aus Aktien und Optionen, dessen erwarteter Ertrag im Kapitalmarktgleichgewicht dem einer risikolosen Anlage entspricht, konnte der Optionswert unabhängig von Annahmen über individuelle Risikopräferenzen der Marktteilnehmer bestimmt werden.²⁰²

Dies galt als Startschuss für eine Reihe von Verallgemeinerungen und Weiterentwicklungen. Sie alle setzen an den teils als sehr restriktiv geltenden Modellannahmen des Black/Scholes-Modells an.²⁰³ Die bedeutendsten verallgemeinernden Ansätze hierzu sind mit einer kurzen Beschreibung in Tab. 3.6 wiedergegeben.

Ergänzend sollen auch einige Erweiterungen des Black/Scholes-Ansatzes nicht unerwähnt bleiben. Black/Scholes bewerten in ihrem Ansatz (europäische) Aktienoptionen. Einige Autoren haben versucht, das Modell auf die Bewertung von Optionen mit anderen Basisobjekten und/oder Ausgestaltungen zu übertragen. In Tab. 3.7 sind die bekannte Arbeiten diesbezüglich chronologisch genannt.

²⁰⁰ Vgl. Black/Scholes (1973).

²⁰¹ Merton war wesentlich an der Ausarbeitung der von Black und Scholes aufgestellten Bewertungsformel beteiligt. Vgl. Merton (1973b).

²⁰² Vgl. dazu die Ausführungen zum Black/Scholes-Modell in Abschnitt 4.1.

²⁰³ Zusätzlich zu den bereits im Rahmen der verteilungsfreien Bewertung in Abschnitt 3.3.1 erwähnten Prämissen, die auch für das Black/Scholes-Modell gelten, ist vor allem der bei Black/Scholes unterstellte Kursverlaufsprozess (Diffusionsprozess) des Basiswertes Ansatzpunkt für die zahlreichen weiteren Arbeiten. Vgl. hierzu auch die speziellen Ausführungen zu den Annahmen des Black/Scholes-Modells in Abschnitt 4.1.1.

<i>Annahme(n) im Black/Scholes-Modell</i>	<i>Autor(en)²⁰⁴</i>	<i>Verallgemeinerungen</i>
Konstanter Zinssatz	Merton (1973b)	<i>Stochastisches-Zinssatz-Modell</i> : Berücksichtigung eines variablen Zinssatzes
Keine Dividenden		Berücksichtigung von Dividendenzahlungen auf das Underlying sowie eines variablen Zinssatzes
Keine Steuern	Ingersoll (1976)	Aufbauend auf Merton (1973b) zusätzl. Berücksichtigung von Steuern auf Dividenden
Keine Transaktionskosten	Leland (1985)	Berücksichtigung von proportionalen Transaktionskosten
Zeit- und Zustandsstetigkeit des Diffusionsprozesses	Cox/Ross (1976)	<i>Jump-Modell</i> : Modellierung von Kurssprüngen; (Kursänderungen entweder deterministisch oder stochast. mit konstanter Sprunghöhe)
	Merton (1976b)	<i>Jump-Diffusion-Modell</i> : Aufbauend auf Jump-Modell; stochast. Sprungprozesses kombiniert mit Diffusionsprozess zwischen den Sprüngen; (nicht eindeutig über Hedge-Ansatz lösbar)
	Cox/Ross/Rubinstein (1979) Rendleman/Bartter (1979) [aufbauend auf Sharpe (1978)]	<i>Binomialmodell</i> : Weiterentwicklung des Kurssprung-Gedankens; Unterstellung eines zeit- und zustandsdiskreten, multiplikativen Binomialprozesses; (eindeutige numerische Lösbarkeit, sehr hohe Flexibilität)
Konstante Verteilungsannahme des Diffusionsprozesses hinsichtlich der Varianz der Kursrendite	Cox (1975) bzw. Cox/Ross (1976)	<i>CEV-Modelle (Constant Elasticity of Variance)</i> : Unterstellung einer konstanten Elastizität der Varianz der Kursrendite und somit einer variablen Varianz, abhängig von Kursniveau bzw. Zeit; (exogener zu schätzender Modellparameter, da Variabilität nicht durch Modell erklärt wird)
	Geske (1979)	<i>Compound-Option-Modell</i> : Erweiterung des CEV-Ansatzes unter Einbeziehung des Unternehmensgesamtwerthes als elementarer stochast. Wertinflussgröße (Optionen auf Optionen); (Variabilität durch Modell erklärt, aber zusätzl. Parameter exogen zu bestimmen)
	Rubinstein (1983)	<i>Displaced-Diffusion-Modell</i> : Erweiterung des Compound-Option-Modells um zusätzl. heterogene Unternehmensinvestitionen; es resultiert ein funktionaler Zusammenhang zwischen Kursniveau und Varianz; (auch hier zusätzl. Parameter exogen zu bestimmen)
	Hull/White (1987) Scott (1987) Johnson/Shanno (1987) Wiggins (1987)	<i>Stochastic-Volatility-Modell</i> : Neben der Kursänderung wird auch die Volatilität im Zeitablauf als stochast. Prozess formuliert; (Verteilungstyp für den stochast. Prozess der Volatilität zu finden ist problematisch; zudem nur numerische Lösung durch Simulationen möglich)
	Duan (1995)	<i>GARCH-Option-Pricing-Modell</i> : Kein zusätzl. stochast. Prozess für die Varianz, sondern Ersatz des Diffusionsprozesses durch einen GARCH-Prozess ²⁰⁵ ; dieser modelliert sowohl die Veränderung des Basiswertes als auch die Varianz im Zeitablauf und kann sowohl das Phänomen der „volatility cluster“ als auch die empirisch beobachtete leptokurtische Renditeverteilung beschreiben; (aber Lösung nicht über Hedge-Ansatz, sondern nur über aufwendige Simulationen möglich)

Tab. 3.6: Ausgewählte Verallgemeinerungen des Black/Scholes-Modells

²⁰⁴ Vgl. Merton (1973b); Ingersoll (1976); Leland (1985); Cox/Ross (1976); Merton (1976); Cox/Ross/Rubinstein (1979); Rendleman/Bartter (1979); Sharpe (1978); Cox (1975); Cox/Ross (1976); Geske (1979); Rubinstein (1983); Hull/White (1987); Scott (1987); Johnson/Shanno (1987); Wiggins (1987); Duan (1995).

²⁰⁵ Generalized Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity; vgl. Bollerslev (1986); basiert auf dem von Engle (1982) vorgestellten ARCH-Prozess.

<i>Autor(en)</i> ²⁰⁶	<i>Derivative Finanztitel</i>
Black (1976b)	Optionen auf Terminkontrakte (Futures)
Margrabe (1978)	Währungsoptionsanleihen
Galai/Schneller (1978)	„klassische“ Optionsscheine
Goldman/Sosin/Gatto (1979)	Pfadabhängige Optionen („lookback“ options) ²⁰⁷
Garman/Kohlhagen (1983), Grabbe (1983)	Optionen auf Währungen

Tab. 3.7: Ausgewählte Erweiterungen des Black/Scholes-Modells hinsichtlich der zugrundeliegenden Basiswerte

Als eine der bedeutendsten Erweiterungen des Black/Scholes-Ansatzes ist allerdings der Versuch anzusehen, den Bewertungsansatz für europäische Optionen auch auf amerikanische Optionen zu übertragen. Dabei stellt sich grundsätzlich das Problem der vorzeitigen Ausübung. Wie bereits in Abschnitt 3.3, lediglich auf der Grundlage des Prinzips der Arbitragefreiheit gezeigt wurde, sind europäische und amerikanische Kaufoptionen für den Fall wertgleich, dass während ihrer Laufzeit keinerlei Nebenrechte (Dividenden, sonstige Ausschüttungen) auf die zugrundeliegende Aktie²⁰⁸ anfallen oder die Option dividendengeschützt ist. Somit gilt die Bewertungsformel nach Black/Scholes, die auf eben diesen Arbitrageprinzipien beruht, in diesem Falle analog auch für einen amerikanischen Call. Des Weiteren lässt sich die Bewertungsgleichung über die ebenfalls gezeigte Put-Call-Parität auf europäische Verkaufsoptionen anwenden. Problematisch wird die Bewertung in jedem Falle bei amerikanischen Puts oder wenn im Falle amerikanischer Calls Dividendenzahlungen zu berücksichtigen sind.

Neben den rein numerischen Verfahren zur Lösung des geschilderten Problems, welche erst im folgenden Abschnitt angesprochenen werden, sollen hier vornehmlich die auf das Black/Scholes-Modell aufbauenden analytisch-orientierten Hedging-Modelle genannt werden.²⁰⁹

²⁰⁶ Vgl. Black (1976b); Margrabe (1978); Galai/Schneller (1978); Goldman/Sosin/Gatto (1979); Garman/Kohlhagen (1983); Grabbe (1983).

²⁰⁷ Lookback-Optionen sind nur ein Beispiel von pfadabhängigen Optionen, also von Optionen, deren Wert nicht nur von der Höhe, sondern auch von der Kursentwicklung des Basiswertes innerhalb der Laufzeit (Pfad) abhängen. Sie gelten gemeinhin neben einer Vielzahl anderer Konstruktionen als sog. Exoten unter den Optionen und seien hier nur beispielhaft für diese Optionstypen erwähnt.

²⁰⁸ Analog zum Black/Scholes-Modell wird hier als Basiswert von Aktien ausgegangen.

²⁰⁹ Zu dieser Unterscheidung siehe auch Trautmann (1986a), S. 5-43.

Erstmals versuchte demnach Black, unter Verwendung „seiner“ Bewertungsformel für europäische Kaufoptionen, mittels eines Approximationsverfahrens amerikanische Calls, unter Berücksichtigung der Effekte von Dividendenzahlungen und der damit verbundenen Vorteilhaftigkeit einer vorzeitigen Ausübung, zu bewerten.²¹⁰ Blacks Ad-hoc-Anpassung (Black Proxy²¹¹) wird als pseudo-amerikanischer Bewertungsansatz bezeichnet.²¹² Er lässt dem Anleger prinzipiell nur die Wahl, entweder den Call kurz vor einem Ausschüttungstermin auszuüben oder nicht. Da die Vorteilhaftigkeit aber vom Erreichen eines Mindestkurses des Basiswertes abhängt, die Entscheidung aber in Unkenntnis des weiteren Kursverlaufs zu einem früheren Zeitpunkt getroffen werden muss, kann der ermittelte Optionswert lediglich ein Mindestwert sein.²¹³

Eine analytisch geschlossene Bewertungsformel für amerikanische Calls zu entwickeln, gelang erstmals Roll²¹⁴, allerdings beschränkt auf den Fall, dass während der Laufzeit nur eine einzige, in Höhe und Termin bekannten Dividende gezahlt wird. Eine Erweiterung auf eine größere, endliche Anzahl von Dividenden versuchte Geske²¹⁵. Whaley²¹⁶ griff diese Arbeiten auf und korrigierte einige Ungenauigkeiten. Das so bekannte Roll/Geske/Whaley-Modell²¹⁷ ist allerdings aufgrund der verwendeten bivariaten Normalverteilung mathematisch sehr aufwendig. Zudem sind bei mehreren Dividenden Werte dimensionshöherer Normalverteilungen zu verwenden, deren Bestimmung auch über entsprechend aufwendige numerische Verfahren nicht in befriedigender Weise gelingt. Roll/Geske/Whaley behelfen sich dadurch, dass sie bei n Dividenden den Barwert der zeitlich ersten $n-1$ Zahlungen vom Aktienkurs einfach abziehen und das Problem auf eine (letzte) Dividendenzahlung reduzieren, was eine (allerdings nur approximative) Lösung ihrer Bewertungsformel erlaubt. Im weiteren Verlauf

²¹⁰ Vgl. Black (1975), S. 60-61.

²¹¹ Vgl. Steiner/Uhlir (2001), S. 273.

²¹² Diese Bezeichnung wurde erstmals von Cox und Rubinstein 1978 in einem nichtveröffentlichten Manuskript erwähnt. Vgl. Jarrow/Rudd (1983), S. 127.

²¹³ Vgl. Weßels (1992), S. 38.

²¹⁴ Vgl. Roll (1977).

²¹⁵ Vgl. Geske (1979b).

²¹⁶ Vgl. Whaley (1981).

²¹⁷ Das Modell geht zwar vom Bewertungsansatz des Black/Scholes-Modells aus, greift aber auf die Lösungssätze des Compound-Option-Modells zurück. Vgl. zu einer ausführlicheren Darstellung Jarrow/Rudd (1983), S. 57 ff., 143 ff..

versuchen Geske und Johnson²¹⁸ diesen Lösungsansatz auf amerikanische Puts zu übertragen. Hierbei müssen Put-Werte aber teils durch die sog. Richardson-Extrapolation²¹⁹ bestimmt werden und zudem macht die notwendige Verwendung von Werten der bivariaten und trivariaten Normalverteilung das Modell wenig handhabbar.²²⁰

Mangels befriedigender Lösungsansätze für das Ausübungsproblem bei amerikanischen Optionen wurden sog. analytische Approximationen entwickelt. Sie stellen in einer Kombination aus einer analytisch geschlossenen Bewertungsgleichung, der Black/Scholes-Formel für europäische Optionen, und einem Näherungsverfahren²²¹ für den Wert der „early exercise“-Prämie (early exercise premium), also dem Zusatzwert der vorzeitigen Ausübung, eine analytisch-approximative Lösung für die Bewertung amerikanischer Optionen dar. Maßgeblich zu deren Entwicklung beigetragen haben McMillan²²², Stoll und Whaley²²³ sowie Barone-Adesi und Whaley²²⁴. Mit diesen Verfahren stehen recht einfache, auf geringe Rechenzeiten angewiesene, aber dennoch genaue Näherungen zur Bewertung amerikanischer Optionen zur Verfügung. Sie stellen damit in Punkto Anwendbarkeit und Genauigkeit eine echte, auch und gerade in der Praxis honorierte Alternative zu den rein numerischen Verfahren, wie das nachfolgend kurz beschriebene Binomialmodell oder entsprechende Simulationstechniken, dar. Das Barone-Adesi/Whaley-Verfahren wird deshalb auch in dieser Arbeit zur Bewertung amerikanischer Puts verwendet.²²⁵ In diesem Zusammenhang ist noch eine Arbeit zu nennen, die für langlaufende Optionen rechnerisch geringfügig effizientere Lösungen hervorbringt. Es handelt sich um ein verbessertes Approximationsverfahren zur Bewertung amerikanischer Optionen mit längeren Restlaufzeiten von Bjerksund und Stensland²²⁶.

²¹⁸ Vgl. Geske/Johnson (1984), S. 1517 ff.

²¹⁹ Für eine Beschreibung dieser Methode vgl. bspw. Björck/Dahlquist (1972), S. 5 ff.

²²⁰ Vgl. zum Geske/Johnson-Ansatz auch Trautmann (1986a), S. 5-44.

²²¹ Dabei handelt es sich um eine quadratische Approximation. Näheres dazu in den Ausführungen zum BAW-Modell in Abschnitt 4.2.

²²² Vgl. McMillan (1986).

²²³ Vgl. Stoll/Whaley (1986).

²²⁴ Vgl. Barone-Adesi/Whaley (1987).

²²⁵ Für den später verwendeten Spezialfall amerikanischer Puts ohne Dividenden ist dieses Verfahren identisch mit dem von McMillan (1986) entwickelten Bewertungsansatz.

²²⁶ Vgl. Bjerksund/Stensland (1993).

3.5.2.2 Approximative Verfahren

Bisher erfolgte bereits ein relativ umfangreicher Überblick über die Entwicklung der gleichgewichtsorientierten Optionsbewertungsansätze, allerdings wurden vornehmlich analytisch-orientierte Ansätze, die auf die geschlossene Lösung des Black/Scholes-Modells aufzubauen versuchen, erwähnt. Jenen Modellen, denen es über die Lösung einer partiellen Differentialgleichung unter Beachtung bestimmter Randbedingungen gelingt, einen exakten theoretischen Modellwert abzuleiten, lassen sich die approximativen Verfahren gegenüberstellen, die immer dann zur Anwendung kommen, wenn sich keine exakte Bewertungsformel bestimmen lässt.²²⁷

Die approximativen Methoden lassen erneut eine Unterteilung in numerisch-approximative und analytisch-approximative Verfahren zu. Erstgenannte setzen entweder beim zugrundeliegenden stochastischen Prozess an²²⁸ oder verfolgen eine approximative Lösung der gültigen partiellen Differentialgleichung.²²⁹ Die analytisch-approximativen Verfahren erweisen sich insbesondere bei der Bewertung von amerikanischen Optionsrechten als wegweisend, da sie aufbauend auf der analytischen Lösung für europäische Optionsrechte die „Zusatzprämie“ einer vorzeitigen Ausübung approximativ zu bestimmen versuchen. Die wichtigsten Arbeiten hierzu wurden bereits genannt. Daher werden im Folgenden die rein numerischen Verfahren weiter vorgestellt.

Das Binomialmodell gilt aufgrund seiner Flexibilität als das gebräuchlichste numerische Verfahren. Unabhängig voneinander haben Cox, Ross und Rubinstein²³⁰ sowie Rendleman und Bartter²³¹, unter Rückgriff auf erste

²²⁷ Dies trifft insbesondere bei amerikanischen Put-Optionen oder amerikanischen Calls mit Berücksichtigung von Dividendenzahlungen zu. Damit sind, wie oben bereits angesprochen, approximative Verfahren vornehmlich zur Lösung des „early-exercise“-Problems gedacht.

²²⁸ Hierbei lassen sich wiederum die sog. Lattice-Ansätze (Gitter- oder Baummodelle) unterscheiden von den Monte-Carlo-Simulationsverfahren.

²²⁹ Der Lösungsweg erfolgt hierbei über „Implizite/Explizite Finite-Differenzen-Methoden“.

²³⁰ Vgl. Cox/Ross/Rubinstein (1979). Sekundärdarstellungen finden sich bspw. bei Jarrow/Rudd (1983), S. 175-197, Cox/Rubinstein (1985), S. 165-178, Bös (1991), S. 83-102, Weßels (1992), S. 47-52, Thiel (2001), S. 43-48, Steiner/Bruns (2000), S. 299-322.

²³¹ Vgl. Rendleman/Bartter (1979). Anders als Cox/Ross/Rubinstein (1979) haben sich Rendleman/Bartter an der originalen Herleitung des Black/Scholes-Modells angelehnt. Sie übernehmen dabei eine Inkonsistenz in der Modellherleitung, die bereits bei Black und Scholes auftrat. Vgl. Jurgeit (1989), S. 460-468.

Überlegungen dieser Art von Sharpe²³², ein Modell entwickelt, das an der als kritisch anzusehenden Annahme des Black/Scholes-Modells ansetzt, der Aktienkurs folge einem Diffusionsprozess, ohne die Möglichkeit Kurssprünge zu erklären.²³³ Das Konzept basiert auf einer alternativen Kursverlaufshypothese, einem zeit- und zustandsdiskreten, multiplikativen Binomialprozess für die Kursentwicklung. Die Restlaufzeit wird durch Einteilung in endlich viele äquidistante Zeitpunkte diskretisiert, wobei das zugrundeliegende Basisobjekt, ausgehend von einem bestimmten Kurs am Beginn jeder Zeiteinheit bis zu deren Ende, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit einen von zwei Kursen annehmen kann.²³⁴ Die Kursänderungsfaktoren sind dabei im Zeitablauf konstant. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die beiden möglichen Kursveränderungen werden i. d. R. ebenfalls als konstant angesehen, was letztlich zu einem Modell mit konstantem Erwartungswert und konstanter Varianz führt. Dies ist jedoch keine notwendige Bedingung für die Lösbarkeit.²³⁵

An dieser Stelle soll nur kurz auf das prinzipielle Vorgehen zur Ermittlung des Optionswertes eingegangen werden. Es wird ebenso wie beim Black/Scholes-Ansatz die Zahlungscharakteristik der Option durch die Bildung eines geeigneten Hedge-Portfolios, bestehend aus einer bestimmten Anzahl des Basiswertes und einer risikolosen Anlage, dupliziert. Somit kann vom Wert dieses Portfolios auf den Wert der Option geschlossen werden. Der Portfoliowert entwickelt sich gemäß dem unterstellten Binomialprozess über n Perioden und nimmt zum Zeitpunkt T einen bekannten Wert an, der zugleich dem Wert der Option entspricht. Diese Wertgleichheit muss aber auch zu allen früheren Zeitpunkten gelten, wenn keine risikolosen Arbitragegewinne zugelassen sind. Über rekursive Verfahren kann dann, ausgehend vom Endwert in T und unter Berücksichtigung der entsprechenden Rekursionsbeziehung, die alle denkbaren Pfade der Option vom Gegenwartszeitpunkt t bis zum Verfallstag beinhaltet, der Optionswert in t

²³² Vgl. Sharpe (1978).

²³³ Vgl. Hauck (1991), S. 191.

²³⁴ Daher auch die übliche Bezeichnung Two-State-Option-Pricing-Model. Vgl. Steiner/Uhlir (2001), S. 229; Bös (1990), S. 83.

²³⁵ Vgl. Terstege (1995), S. 56; Jurgeit (1989), S. 101-102.

berechnet werden. Lässt man die Anzahl der Zeitperioden gegen unendlich streben, kann man als Spezialfall das Black/Scholes-Modell ableiten.²³⁶

Dank seiner hohen Flexibilität lassen sich mit dem Binomialmodell sowohl europäische als auch amerikanische Calls und Puts bewerten. Zudem können Dividenden oder Transaktionskosten mit berücksichtigt werden. Allerdings stellt es mit zunehmendem Flexibilisierungsgrad auch höhere Ansprüche an die Bestimmung der Modellparameter.²³⁷ Von den zahlreichen Weiterentwicklungen auf Basis des Binomialmodells sei stellvertretend auf die Arbeiten von Hull/White²³⁸, Boyle²³⁹ sowie Ho/Lee²⁴⁰ und Black/Derman/Toy²⁴¹ verwiesen.

Der Vollständigkeit halber seien noch kurz zwei weitere grundsätzliche Methoden innerhalb der numerischen Verfahren genannt, welche sich bei Absenz einer geschlossenen Bewertungsformel bei einer Reihe von Optionskonstruktionen (insbesondere bei exotischen Optionen) prinzipiell anbieten.

Neben Monte-Carlo-Simulationsanalysen, die erstmals Boyle²⁴² für die Bewertung von Optionen, basierend auf dem risikoneutralen Bewertungsansatz von Cox und Ross²⁴³, einsetzte, können auch Finite-Differenzen-Methoden angewandt werden. Die Verfahren der Finiten Differenzen eignen sich zur numerischen Lösung von komplexen Differentialgleichungen. Im Rahmen der Optionsbewertungstheorie werden sie verwendet, wenn aufgrund bestimmter Umstände (amerikanische Optionen, exotische Optionen, Dividendenproblem etc.) die grundlegende partielle Differentialgleichung des Black/Scholes-Modells nicht analytisch gelöst werden kann. Diese wird dann in ein Gleichungssystem aus

²³⁶ Vgl. Steiner/Uhlir (2001), S. 247; grundlegend dazu: Cox/Ross/Rubinstein (1979), S. 251-254. Daneben können bei entsprechender Parameteranpassung auch Jump- oder CEV-Modelle abgeleitet werden. Vgl. zu erstgenannten Cox/Rubinstein (1985), S. 365-366, zu letztgenannten Cox/Ross/Rubinstein (1979), S. 254-255.

²³⁷ Vgl. Thiel (2001), S. 48.

²³⁸ Vgl. Hull/White (1983). Ihr Modell lässt in nur einem "Baum" die Bestimmung des Wertes einer europäischen und amerikanischen Option zu.

²³⁹ Vgl. Boyle (1986). Eine komplexere, aber effizientere Weiterentwicklung für die Bewertung amerikanischer Optionen stellt dessen Trinomialmodell dar. Vgl. dazu auch Dewynne et al. (1993).

²⁴⁰ Vgl. Ho/Lee (1986).

²⁴¹ Vgl. Black/Derman/Toy (1990). Sie modellieren erstmals eine zeitabhängige Varianzstruktur. Siehe dazu auch die Erweiterungen im Ansatz von Hull/White (1990).

²⁴² Vgl. Boyle (1977).

²⁴³ Vgl. Cox/Ross (1976).

mehreren Differenzgleichungen zerlegt und iterativ gelöst.²⁴⁴ Zu den ersten und wichtigsten Arbeiten zählen hierbei jene von Schwartz²⁴⁵, Brennan und Schwartz²⁴⁶ sowie die Weiterentwicklung durch Courtadon²⁴⁷ und die Trinomialstruktur von Hull und White²⁴⁸.

Abschließend wird versucht, die wichtigsten Arbeiten der erwähnten Entwicklungsrichtungen zur Optionsbewertungstheorie in einem nach Methodik eingeteilten und chronologisch gegliederten Modellschaubild (Abb. 3.8) nochmals in kompakter Weise zu verdeutlichen.

²⁴⁴ Durch die Art der Vorgehensweise lassen sich explizite, implizite Methoden oder „Mischformen“ wie z. B. der Ansatz von Crank-Nicolson unterscheiden. Vgl. hierzu Weißels (1992), S. 28-57.

²⁴⁵ Vgl. Schwartz (1977).

²⁴⁶ Vgl. Brennan/Schwartz (1978).

²⁴⁷ Vgl. Courtadon (1982).

²⁴⁸ Vgl. Hull/White (1990).

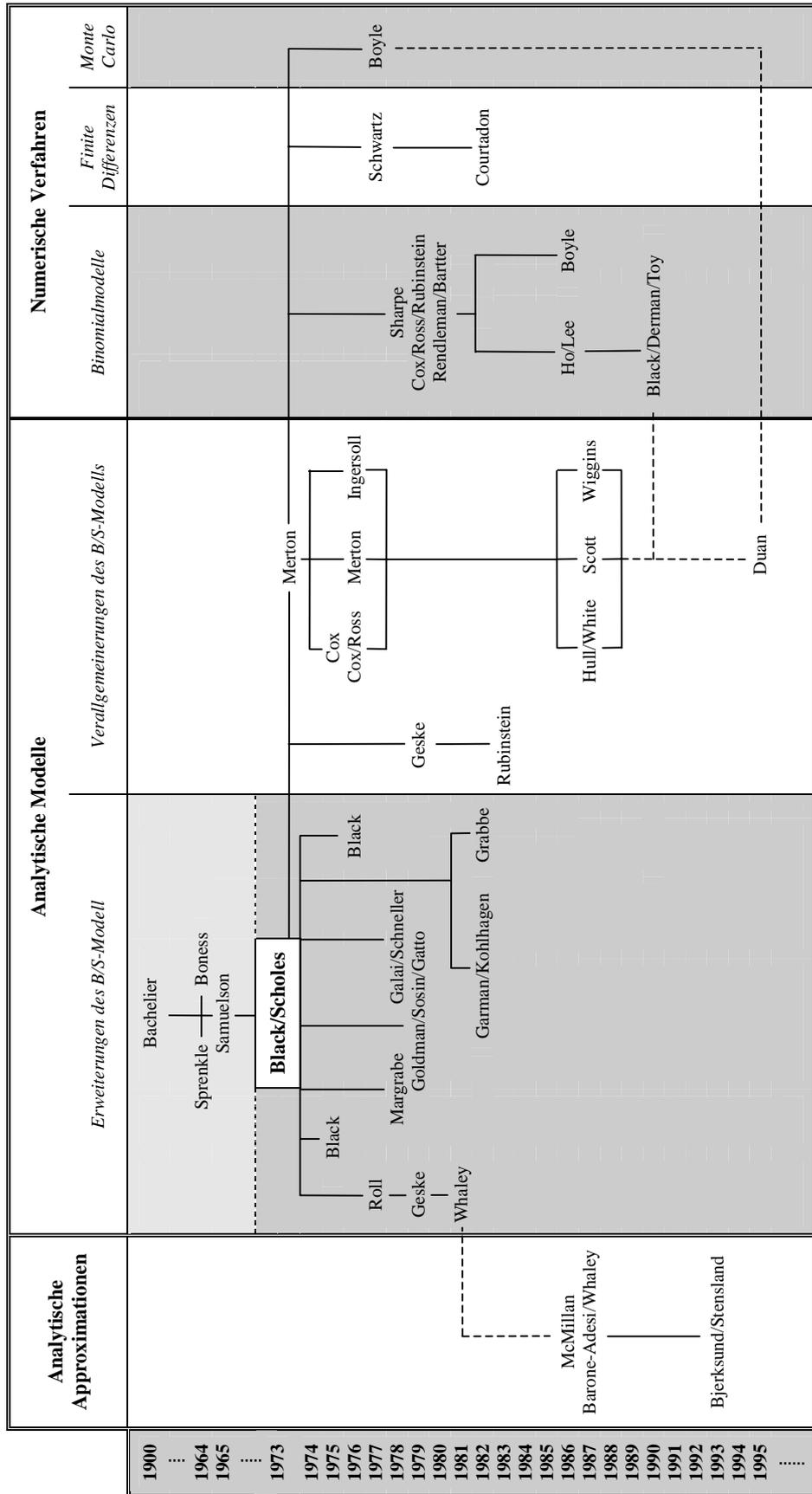


Abb. 3.8: Bewertungsansätze nach Lösungsmethode im chronologischen Überblick

4 Modelle zur Bewertung von (DAX-)Optionsscheinen

Die Optionsbewertungsmodelle, die zur Bewertung von Index-, im speziellen auch DAX-Optionsscheinen in der Praxis angewandt werden, sind mit jenen Bewertungsmodellen identisch, welche ursprünglich für ganz andere Basiswerte entwickelt wurden. Das Black/Scholes-Modell – eigentlich nur für europäische Aktienoptionen²⁴⁹ entwickelt – findet gleichsam Anwendung. In der Regel erfolgt die Bewertung von Index-Calls europäischer und amerikanischer Art sowie europäischer Puts (unter Beachtung der Put-Call-Parität) mit dem Black/Scholes-Modell. Der Problematik der mit amerikanischen Puts verbundenen vorzeitigen Ausübungsmöglichkeit wird durch die Anwendung eines entsprechenden analytischen Approximationsverfahrens, des für die Bewertung verschiedener Optionsrechte entwickelten Verfahrens nach Barone-Adesi und Whaley, Rechnung getragen. Nachfolgend werden diese Modelle sowohl inhaltlich als auch formal dargestellt und im Anschluss daran wird die prinzipielle Übertragbarkeit auf die Bewertung von DAX-Optionsscheinen beurteilt.

4.1 Das Black/Scholes-Optionsbewertungsmodell

4.1.1 Modellidee und Modellannahmen

Das Black/Scholes-Modell, entwickelt 1973 durch Fischer Black und Myron Scholes²⁵⁰ und im selben Jahr mit grundlegenden Erweiterungen durch Robert Merton²⁵¹ versehen, stellt als erstes vollständiges Gleichgewichtsmodell das „klassische“ Optionsbewertungsmodell dar. Es zählt zu den verteilungsabhängigen und präferenzfreien Modellen, da zum einen von einer speziellen Kursverlaufshypothese ausgegangen wird und zum anderen unabhängig davon, welche individuellen Risikopräferenzen die Marktteilnehmer aufweisen, derselbe, aus einer geschlossenen Bewertungsformel exakt ableitbare Optionspreis resultiert.

²⁴⁹ Im folgenden wird daher auch als Basiswert eine Aktie angenommen. Hinsichtlich der Übertragbarkeit auf andere Basisobjekte, insbesondere Aktienindizes, sei auf die Überlegungen in Abschnitt 4.3 verwiesen.

²⁵⁰ Vgl. Black/Scholes (1973).

²⁵¹ Vgl. Merton (1973b).

Das Black/Scholes-Modell basiert auf dem sog. Hedge-Prinzip.²⁵² Demnach wird eine Option unabhängig von der Kursänderung des Basiswertes bewertet. Hierzu wird ein Hedge-Portfolio, bestehend aus Finanztiteln, aus denen sich die mit der Option verbundene Zahlungscharakteristik äquivalent duplizieren lässt, (Duplikationsprinzip) gebildet. Die Wertänderung des Portfolios darf im Zeitablauf nicht stochastisch sein und infolgedessen risikolos. Grundüberlegung ist nämlich, dass auf einem vollkommenen Kapitalmarkt die Rendite eines risikolosen Investments (hier das Hedge-Portfolio) dem marktüblichen Zinssatz für eine risikolose Anlage entspricht.

Das Hedge-Portfolio setzt sich zusammen aus einem festgelegten Verhältnis gegensätzlichen Positionen, bspw. einer Kaufposition in Aktien (Aktien long) und einer (teilgedeckten) Verkaufsposition in Calls (Calls short).²⁵³ Das Verhältnis zwischen beiden Positionen wird so gewählt, dass sich eine Änderung des Aktienkurses auf die Positionen zwar gegensätzlich aber betragsmäßig in gleicher Höhe auswirkt. Nach Marktveränderungen werden die Komponenten des Portfolios so angepasst, dass der ursprüngliche Anpassungsmechanismus wiederhergestellt ist.²⁵⁴ Der Gesamtwert des Portfolios bleibt gehedged und ist daher unabhängig von Kursveränderungen der Aktie. Die Anpassungen des Portfolios an die Aktienkursänderungen müssen zeitkontinuierlich und selbstfinanzierend erfolgen,²⁵⁵ d. h. es muss am Periodenende ein sicheres Endvermögen resultieren, ohne dass zusätzliche Ein- oder Auszahlungen notwendig sind. Die Rendite des Hedge-Portfolios entspricht dann im Gleichgewicht aufgrund der Arbitragefreiheit auf einem vollkommenen Kapitalmarkt der Rendite eines beliebigen zeitkongruenten risikolosen Investments.

²⁵² Merton hat Black und Scholes zu diesem Vorgehen angeregt. Vgl. Black/Scholes (1973), S. 641.

²⁵³ Die Longposition in Aktien setzt sich dabei aus einer Anfangsposition in Aktien und aus der durch den Verkauf der Calls erhaltenen Stillhalterprämie zusammen und bildet damit quasi die Vermögensseite des Hedge-Portfolios. Die Shortposition in Calls spiegelt dagegen die Verbindlichkeitsseite wieder. Vgl. Hauck (1991), S. 166-167. Äquivalent dazu wäre auch eine Shortposition in Aktien (Leerverkauf) und eine Longposition in den entsprechenden Calls (Kauf). Dies wird auch in der anschließenden formalen Darstellung zur Herleitung der Bewertungsgleichung deutlich.

²⁵⁴ Der Gewinn durch einen Aktienkursanstieg wird durch den Kauf von Aktien und einem anzahlmäßig entsprechenden Leerverkauf von Calls genau kompensiert. Entsprechendes geschieht bei einem, durch Kursverfall bedingten Verlust durch Leerverkauf der Aktien und Kauf der Kaufoption.

²⁵⁵ Vgl. Hehn (1994), S. 62.

Das Black/Scholes-Modell setzt die Einhaltung mehrerer Prämissen voraus. Neben den bereits in Abschnitt 2.3.1 erwähnten Arbitragefreiheitsbedingungen (A1) bis (A5) müssen noch eine Reihe weiterer Annahmen erfüllt sein. Es sind dies:

- (A6) Es existieren keine Nebenrechte für Aktien, d. h. während der Laufzeit der Option finden keine Dividendenzahlungen oder sonstige Ausschüttungen auf die zugrundeliegende Aktie statt.
- (A7) Es handelt sich um ein Optionsrecht europäischer Art, d. h. eine Ausübung ist nur an einem einzigen Termin am Ende der Laufzeit (Verfallstermin) möglich.
- (A8) Die Handelstätigkeit erfolgt zeitkontinuierlich, d. h. es besteht zu jeder Zeit die Möglichkeit des Handels von Finanztiteln. In einem endlichen Zeitintervall können unendlich viele Transaktionen durchgeführt werden.
- (A9) Die Aktienkurse folgen einer geometrischen Brown'schen Bewegung (Wiener Prozess) gemäß Beziehung (3-35), d. h. die Aktienrenditen weisen eine Normalverteilung mit unabhängig vom Kursniveau konstantem Erwartungswert und konstanter Varianz im Zeitablauf auf.²⁵⁶

4.1.2 Herleitung der Fundamentalen Partiellen Differentialgleichung (FPD)

Die Bestimmung des Optionswertes erfolgt basierend auf den oben erwähnten Arbitrageüberlegungen, demzufolge die Bildung eines risikolosen Portfolios, welches die Zahlungseigenschaften der Option dupliziert, angestrebt wird.

Es gilt für den gegenwärtigen Wert ($t = 0$) dieses Hedge-Portfolio:

$$H_0 \equiv \omega_0^S S_0 + \omega_0^C C_0 \quad (4-1)$$

²⁵⁶ Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 3.4.3.

mit ω_0^S : Bestand an Aktien zum Zeitpunkt $t = 0$
 ω_0^C : Bestand an Calls zum Zeitpunkt $t = 0$.

Eine Veränderung des Kurses der Aktie (dS) bzw. des Calls (dC) bewirkt eine entsprechende Wertänderung beim Hedge-Portfolio mit

$$dH = \omega_0^S dS + \omega_0^C dC. \quad (4-2)$$

Der Bestand an Aktien und Calls muss nun so angepasst werden, dass Risikofreiheit besteht und sich die Preisschwankungen der beiden Positionen kompensieren.

$$\omega_t^S dS + \omega_t^C dC = 0 \quad (4-3)$$

Die Adjustierung hinsichtlich der Mengenverhältnisse muss in infinitesimal kleinen Zeitintervallen vollzogen werden. Es wird eine kontinuierliche Anpassung gefordert.²⁵⁷ Nur bei hinreichend kleinen Zeitintervallen kann von einer nahezu linearen Beziehung zwischen Aktienkurs und Optionswert ausgegangen werden, was den Erhalt eines risikolosen Hedge-Portfolios erst ermöglicht.²⁵⁸

Marginale Kursänderungen dürfen den Wert des Portfolios nicht beeinflussen. Setzt man vereinfachend $\omega_0^C = 1$, so muss gelten:²⁵⁹

$$\frac{dH}{dS} = 0 = \omega^S + \underbrace{\frac{\partial C}{\partial S}}_{\Delta(C)}. \quad (4-4)$$

Der mit $\Delta(C)$ bezeichnete Ausdruck stellt das sog. Options-Delta dar und misst die Sensitivität des Call-Wertes auf Änderungen des zugrundeliegenden

²⁵⁷ Die kontinuierliche Anpassung wird durch Annahme (A8) gewährleistet.

²⁵⁸ Vgl. Merton (1973b), S. 146-147. Damit kann der Zeiteinfluss auf den Optionswert (Zeitwertverfall), der sich im konvexen Funktionsverlauf zwischen Optionswert und Aktienkurs zeigt, ausgeschaltet werden.

²⁵⁹ Vgl. Black/Scholes (1973), S. 641.

Basiswertkurses. Das Delta gibt die Steigung der Wertverlaufsfunktion eines Calls wieder.²⁶⁰

Aus (4-4) wird deutlich, dass für die für ein perfektes bzw. dynamisches Hedging benötigte Anzahl an Aktien folgende Bedingung gelten muss:

$$\omega^S = -\frac{\partial C}{\partial S} . \quad (4-5)$$

Da für Calls $0 \leq \Delta(C) \leq 1$ gilt, handelt es sich hierbei um eine Leerverkaufsposition als wertmäßig exakte Kompensation den gekauften Calls.²⁶¹

Die Wertänderung des Portfolios stellt sich nun (zu jedem Zeitpunkt bis zum Verfallstermin) dar als

$$dH = \omega^S dS + dC = -\frac{\partial C}{\partial S} dS + dC . \quad (4-6)$$

Um risikolose Arbitragegewinne auszuschließen, muss diese Wertänderung der Rendite einer risikolosen Anlage zum kontinuierlichen, risikolosen Zinssatz r_f entsprechen.²⁶² Es gilt somit:

$$dH = r_f H dt \quad \text{bzw.} \quad \frac{dH}{dt} = r_f H . \quad (4-7)$$

Annahme (A9) verlangt für den Kursverlauf der Aktie eine geometrische Brown'sche Bewegung der Form²⁶³

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz . \quad (4-8)$$

²⁶⁰ Vgl. dazu die Ausführungen zu den Sensitivitätskennzahlen in Abschnitt 4.1.6.

²⁶¹ Vgl. Thiel (2001), S. 75.

²⁶² Der stetige Zinssatz r_f ergibt sich aus dem diskreten Marktzinssatz R_f durch $r_f = \ln(1 + R_f)$.

²⁶³ Thiel geht zwar ebenfalls von einer geometrischen Brown'schen Bewegung für die Kursveränderung aus, modelliert jedoch fälschlicherweise lediglich einen allgemeinen Wiener-Prozess der Form $dS = \mu dt + \sigma dz$.

Der Wert eines Calls stellt sich als Funktion des Aktienkurses und der Zeit dar als $C = C(S, t)$. Eine infinitesimale Wertänderung des Calls (dC) lässt sich dann über die Anwendung des Lemmas von Itô²⁶⁴ aus dem Prozess (4-8) ableiten als

$$dC = \frac{\partial C}{\partial S} dS + \frac{\partial C}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt. \quad (4-9)$$

Einsetzen von (4-9) in (4-6) führt zu

$$dH = \frac{\partial C}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt. \quad (4-10)$$

Setzt man in (4-7) Gleichung (4-1) ein und berücksichtigt zudem (4-5), so erhält man einen Ausdruck für die Veränderung des Portfolios, der nach Gleichsetzen mit (4-10) zur Fundamentalen Partiellen Differentialgleichung (FPD) des Black/Scholes-Optionsbewertungsmodells führt:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 - r_f C + \frac{\partial C}{\partial S} r_f S = 0. \quad (4-11)$$

Es handelt sich bei (4-11) um eine partielle lineare Differentialgleichung zweiter Ordnung, die grundsätzlich nicht nur auf die Wertbestimmung von einfachen Calls beschränkt ist.²⁶⁵ Generell kann sie zur Bewertung eines jeden derivativen Finanzinstruments angewandt werden, sofern das zugrundeliegende Basisobjekt einer geometrischen Brown'schen Bewegung folgt und der Wert des Derivats eine Funktion des Basiswertes und der Zeit ist.²⁶⁶ Einzig die Lösbarkeit hängt von, je nach Derivat, unterschiedlichen zu berücksichtigenden Anfangs-, End- oder Randbedingungen ab. Im Folgenden wird, der ursprünglichen Idee von Black/Scholes folgend, die Lösung für eine europäische Kaufoption hergeleitet.

²⁶⁴ Vgl. dazu die Ausführungen im Anhang A1.

²⁶⁵ Insbesondere handelt es sich um eine sog. parabolische Differentialgleichung.

²⁶⁶ Gleichung (4-11) wurde explizit für einen Call mit der Funktion $C(S, t)$ hergeleitet. Für andere Derivate müsste entsprechend eine andere Wertfunktion $V(S, t)$ eingesetzt werden.

4.1.3 Lösung für europäische Kaufoptionen

Als Endbedingung zur Lösung der Differentialgleichung (4-11) gilt für europäische Calls die bereits in Abschnitt 3.3.2 dargestellte Restriktion, wonach am Verfalltag der Wert einer Kaufoption dem Ausübungswert entsprechen muss:²⁶⁷

$$C(S, T) = \max[0, S_T - X] \quad (0 < S < \infty). \quad (4-12)$$

Zudem muss gelten:²⁶⁸

$$C(0, t) = 0 \quad \text{sowie} \quad \lim_{S \rightarrow \infty} C(S, t) - S = 0 \quad (0 < t < T). \quad (4-13)$$

Die Lösung von (4-11) erfolgt bei Black/Scholes zunächst über folgende Substitution für C (wobei gilt: $\tau = T - t$):

$$\begin{aligned} C &= C(S_t, t) \\ &= e^{-r_f \tau} Y \left[\frac{2}{\sigma^2} \left(r_f - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \left(\ln \left(\frac{S_t}{X} \right) + \left(r_f - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \tau \right) \frac{2}{\sigma^2} \left(r_f - \frac{1}{2} \sigma^2 \right)^2 \tau \right]. \end{aligned} \quad (4-14)$$

Die Differentialgleichung (4-11) lässt sich durch diese Substitution vereinfachen zu

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\partial^2 Y}{\partial S^2}, \quad (4-15)$$

die Randbedingung (4-12) wird zu

²⁶⁷ Vgl. auch Bedingung (3-1a) in Abschnitt 3.3.2.

²⁶⁸ Diese zusätzlichen Randbedingungen ergeben sich aus den Beobachtungen des Verhaltens einer geometrischen Brown'schen Bewegung. Vgl. Franke et al. (2001), S. 77.

$$Y(k,0) = \begin{cases} X \left[\exp \left(\frac{k \frac{1}{2} \sigma^2}{r_f - \frac{1}{2} \sigma^2} \right) - 1 \right] & , \text{ falls } k \geq 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (4-16)$$

Die Differentialgleichung (4-15) mit Randbedingung (4-16) kann gelöst werden, da sie dem (lösbaren) Wärmeleitungsproblem in der Physik gleicht. Die Lösung hierfür lautet:²⁶⁹

$$Y(k,Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{x}{\sqrt{2Z}}}^{\infty} X \left[\exp \left(\frac{(k + q\sqrt{2Z}) \frac{1}{2} \sigma^2}{r_f - \frac{1}{2} \sigma^2} \right) - 1 \right] \exp \left(-\frac{q^2}{2} \right) dq. \quad (4-17)$$

Setzt man (4-17) in (4-14) ein, lässt sich nach entsprechender Vereinfachung die Lösung für die Differentialgleichung (4-11) angeben durch Gleichung (4-18). Sie stellt die Bewertungsformel für europäische Kaufoptionen nach Black/Scholes dar und lautet:

$$C(S_t, X, \tau, \sigma, r_f) = S_t \cdot \Phi(d_1) - X \cdot e^{-r_f \tau} \cdot \Phi(d_2) \quad (4-18)$$

$$\text{mit } d_1 = \frac{\ln \left(\frac{S_t}{X} \right) + \left(r_f + \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \tau}{\sigma \sqrt{\tau}},$$

$$d_2 = \frac{\ln \left(\frac{S_t}{X} \right) + \left(r_f - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \tau}{\sigma \sqrt{\tau}} = d_1 - \sigma \sqrt{\tau},$$

wobei $\Phi(\cdot)$ den Verteilungsfunktionswert der Standardnormalverteilung bezeichnet.

²⁶⁹ Vgl. hierzu Churchill/Brown (1978), S. 251 ff.

4.1.4 Das Cox-Ross-Risikoneutralitätstheorem

Die Herleitung der Optionsbewertungsgleichung durch Lösung von (4-11) über die Wärmeleitgleichung, wie sie in den Arbeiten von Black/Scholes und Merton Verwendung fand, ist – wie gesehen – rechnerisch sehr aufwendig. Cox und Ross schlagen auf Grundlage der FPD einen eleganteren Weg zur Bestimmung des Optionswertes vor.

Cox/Ross²⁷⁰ formulieren erstmals die Möglichkeit einer risikoneutralen Bewertung im Rahmen des Black/Scholes-Modells. Die Wertbestimmungsgleichung (4-18) beinhaltet wie die zugrunde liegende FPD (4-11) nur Größen, die direkt oder einzig im Falle der Volatilität als Schätzung am Markt beobachtbar sind. D. h. nicht in den Bestimmungsgleichungen enthaltene Größen tragen nicht zur Preisbestimmung der Option bei. Insbesondere ist (4-11) unabhängig von den Risikoeinstellungen der Marktteilnehmer und somit gültig für beliebige Präferenzannahmen. Der resultierende Optionspreis ist damit mit einer beliebigen Annahme über die Risikopräferenzen konsistent. Ausgehend von dem (analytisch) einfachsten Fall einer risikoneutralen Welt, in der es folglich keinerlei Risikoprämien gibt und somit die erwartete Rendite aller Anlagen dem risikolosen Zinssatz entsprechen muss, leiten Cox/Ross den Wert einer Option ab aus dem risikoneutralen Erwartungswert der Option bei Fälligkeit, abdiskontiert mit dem risikolosen Zinssatz als einzige existierende erwartete Rendite in einer risikoneutralen Welt. Dieser Ansatz entspricht dem Erwartungswertansatz von Boness²⁷¹, wenn anstelle der dort noch (unnötigerweise verwendeten) willkürlich festgelegten Wachstumsrate für die Aktienkurse einer Risikoklasse²⁷² der risikolose Marktzinssatz als Diskontierungsfaktor verwendet wird.²⁷³ Nach dem risikoneutralen Bewertungsprinzip können derivative Anlagen somit bewertet werden, als ob Risikoneutralität herrschen würde.

²⁷⁰ Vgl. Cox/Ross (1976).

²⁷¹ Vgl. Boness (1964).

²⁷² Vgl. Boness (1964), S. 167.

²⁷³ Da Boness in seinem Ansatz explizit Risikoneutralität unterstellt, wäre die Verwendung des risikolosen Zinssatzes folgerichtig gewesen, was dazu geführt hätte, dass seine Bewertungsgleichung exakt der von Black/Scholes entsprochen hätte. Vgl. Smith (1976), S. 18.

Der Aktienkurs folgt – wie in Abschnitt 3.4.3 gezeigt – einem geometrischen Brown'schen Prozess

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \quad (4-19)$$

mit μdt als Erwartungswert der relativen Kursänderungen.

In einer risikoneutralen Welt muss gelten, dass sich jede Anlage entsprechend dem risikolosen Marktzinssatz r_f rentiert. Somit folgt:

$$E\left[\frac{dS}{S}\right] = r_f dt \quad \text{bzw.} \quad E[dS] = S r_f dt . \quad (4-20)$$

Infolgedessen stellt sich die Risikoneutralitätsbedingung dar als

$$\mu = r_f . \quad (4-21)$$

In Gleichung (3-39) berücksichtigt, führt dies zum risikoneutralen Prozess für die Entwicklung der stetigen Kursrenditen

$$d \ln S = \left(r_f - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dz . \quad (4-22)$$

Für den Erwartungswert der normalverteilten kontinuierlichen Renditen als Differenz der logarithmierten Kurse für zwei beliebige aufeinanderfolgende Zeitpunkte $T-1$ und T gilt somit:

$$E\left[\ln \frac{S_T}{S_{T-1}}\right] = r_f - \frac{1}{2} \sigma^2 . \quad (4-23)$$

Die Bewertung der Option erfolgt demnach relativ zu einer Normalverteilung, deren Erwartungswert lediglich vom risikolosen Zinssatz und der Volatilität

abhängt und keinerlei Abhängigkeiten von den Risikoeinstellungen der Marktteilnehmer beinhaltet.

Bei Risikoneutralität entspricht die erwartete Rendite sämtlicher Vermögensanlagen dem risikolosen Zinssatz. Dies bedeutet, dass neben Gleichung (4-20) bspw. auch

$$E\left[\frac{dC}{C}\right] = r_f dt \quad \text{bzw.} \quad E[dC] = Cr_f dt \quad (4-24)$$

gilt.

Unter Anwendung des Lemmas von Itô auf den Prozess (4-8) erhielt man – quasi als quadratische Approximation der stochastischen Komponente der infinitesimalen Kursänderungen – Gleichung (4-9). Der risikoneutrale Erwartungswert beträgt

$$E[dC] = \frac{\partial C}{\partial S} E[dS] + \frac{\partial C}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt, \quad (4-25)$$

was bei Substitution der Erwartungswerte gemäß (4-20) und (4-24) zu Gleichung

$$Cr_f dt = \frac{\partial C}{\partial S} Sr_f dt + \frac{\partial C}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt \quad (4-26)$$

führt, welche einfach umgeformt der FPD (4-11) entspricht.

Zur Bestimmung des Optionswertes wird nun unter legitimer Unterstellung risikoneutraler Anleger einfach der zum Fälligkeitszeitpunkt T erwartete Optionswert mit dem risikolosen Zins abdiskontiert. Es folgt:

$$C_t = e^{-r_f \tau} \cdot E[C_T] = e^{-r_f \tau} \cdot E[\max(0, S_T - X)]. \quad (4-27)$$

Für den Erwartungswert des Calls am Verfallstag C_T gilt unter Berücksichtigung der Lognormalverteilung von S_T :²⁷⁴

$$E[C_T] = \int_X^{\infty} (S_T - X) \phi_L(S_T) dS_T \quad (4-28)$$

mit $\phi_L(\cdot)$ als Wert der Dichtefunktion der Lognormalverteilung.

Hierfür lässt sich unter Berücksichtigung von $E[S_T] = S_t e^{r_f \tau}$ folgende Lösung angeben:²⁷⁵

$$E[C_T] = S e^{r_f \tau} \cdot \Phi \left(\frac{\ln \left(\frac{S}{X} \right) + r_f \tau + \sigma^2 \frac{1}{2} \tau}{\sigma \sqrt{\tau}} \right) - X \cdot \Phi \left(\frac{\ln \left(\frac{S}{X} \right) + r_f \tau - \sigma^2 \frac{1}{2} \tau}{\sigma \sqrt{\tau}} \right). \quad (4-29)$$

Für den Wert eines Calls zum Zeitpunkt t folgt dann

$$C_t = e^{-r_f \tau} \cdot E[C_T] = S_t \cdot \Phi(d_1) - X \cdot e^{-r_f \tau} \cdot \Phi(d_2), \quad (4-30)$$

was der Black/Scholes-Bewertungsgleichung für europäische Calls gemäß (4-18) entspricht.

4.1.5 Interpretation und Übertragbarkeit des Bewertungsergebnisses auf andere Optionen

Die Interpretation der Bewertungsgleichung (4-18) kann auf unterschiedliche Art erfolgen.²⁷⁶ Unabhängig von der Herleitung lässt sich der erste Term von Gleichung (4-18) $S \cdot \Phi(d_1)$ interpretieren als diskontierter erwarteter Aktienkurs bei Fälligkeit der Option, gewichtet mit der Wahrscheinlichkeit, dass die Option

²⁷⁴ Vgl. dazu auch Smith (1976), S. 16.

²⁷⁵ Zur Lösung des Integrals wird auf ein von Sprenkle entwickeltes Theorem zur Lösung von Integralen mit Lognormalverteilung zurückgegriffen. Vgl. Sprenkle (1964) sowie Smith (1976), S. 15-16, Smith (1979), S. 292.

²⁷⁶ Vgl. bspw. Thiel (2001), S. 79-80; Schäfer, K. (1995), S. 106; Schäfer, K. (1994), S. 45.

im Geld ist. Dementsprechend stellt der zweite Term den diskontierten Basispreis gewichtet mit der Wahrscheinlichkeit, dass der Ausübungswert am Verfalltag positiv ist, dar. Die Gewichte $\Phi(d_1)$ und $\Phi(d_2)$ können Werte zwischen null und eins annehmen. Ist die Option tief im Geld, ist also die Ausübungswahrscheinlichkeit sehr groß (mit $\Phi(d_1) \approx \Phi(d_2) \approx 1$), dann gilt $C_t \approx S_t - Xe^{-r_f \tau}$, d. h. der Wert der Call-Option entspricht ungefähr der Wertuntergrenze für europäische Calls. Dagegen geht bei Optionen weit aus dem Geld der Wert gegen null.²⁷⁷

Des Weiteren kann über den (risikoneutralen) Erwartungswertansatz gemäß Gleichung (4-30) folgende Interpretation erfolgen. Wird der Erwartungswert des Call-Wertes zum Zeitpunkt der Fälligkeit in Gleichung (4-27) „gestutzt“ auf einen positiven Ausübungswert ($S_T > X$), so gilt:

$$E[C_T] = E[S_T - X | S_T > X] = E[S_T | S_T > X] - E[X | S_T > X]. \quad (4-31)$$

Dabei stellt der erste Term auf der rechten Seite von Gleichung (4-31) den erwarteten Ertrag und der zweite Term die erwarteten Kosten des Optionsgeschäfts dar. Diskontiert man den Ausdruck in (4-31) mit $e^{-r_f \tau}$ ab, gemäß (4-30), erhält man den Call-Wert als eine mit der Ausübungswahrscheinlichkeit gewichtete Differenz aus aktuellem Aktienkurs (Ertragskomponente) und Barwert des Basispreises (Zahlungsverpflichtung).

Abb. 4.1 zeigt den Wertverlauf für einen exemplarischen Call in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit. Dabei wird von folgenden beispielhaften Modellwerten ausgegangen: $X = 100$ (€), $\sigma = 25\%$ p. a. und $r_f = 5\%$ p. a. Der jeweilige Call-Wert am Verfalltag ($\tau = 0$), also der innere Wert, ist als vordere Begrenzung der Wertverlaufsebene zu erkennen. Für positive Restlaufzeiten nimmt der Wert über den positiven Zeitwert zu.

²⁷⁷ Vgl. dazu auch Thiel (2001), S. 79-80; Schäfer, K. (1994), S. 45; Cox/Rubinstein (1985), S. 202-207.

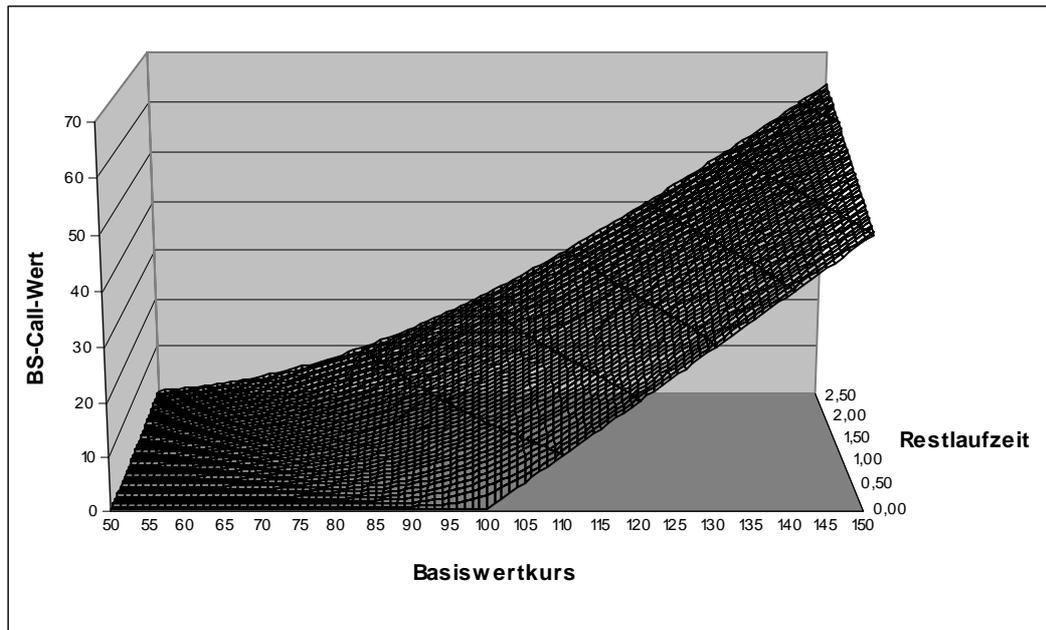


Abb. 4.1: Exemplarischer Wertverlauf eines Calls in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

Wie bereits erwähnt, besitzt die FPD von Black/Scholes auch für andere Optionstypen, folglich nicht nur für Calls, sondern auch für Puts und zwar europäischer und amerikanischer Ausübungsart, Gültigkeit.

Prinzipiell ließe sich somit auch für einen europäischen Put als Funktion $P^{eu}(S, t)$ und unter Berücksichtigung der hierfür gültigen Randbedingung (4-2) eine entsprechende Bewertungsgleichung – analog zu obiger Vorgehensweise – herleiten. Einen einfacheren Weg bietet jedoch die Put-Call-Parity (3-21), wie sie in Abschnitt 3.3.4 hergeleitet wurde.

Setzt man (4-18) in (3-21) ein, erhält man die Bewertungsgleichung für einen europäischen Put als

$$P^{eu}(S_t, X, \tau, \sigma, r) = X \cdot e^{-r_j \tau} \cdot \Phi(-d_2) - S_t \cdot \Phi(-d_1) \quad (4-32)$$

mit d_1 und d_2 analog zu (4-18).

Der Put-Wert stellt sich somit analog dar als gewichtete Differenz zwischen dem Barwert des Basispreises (Ertragskomponente) und dem aktuellen Aktienkurs (Zahlungskomponente).

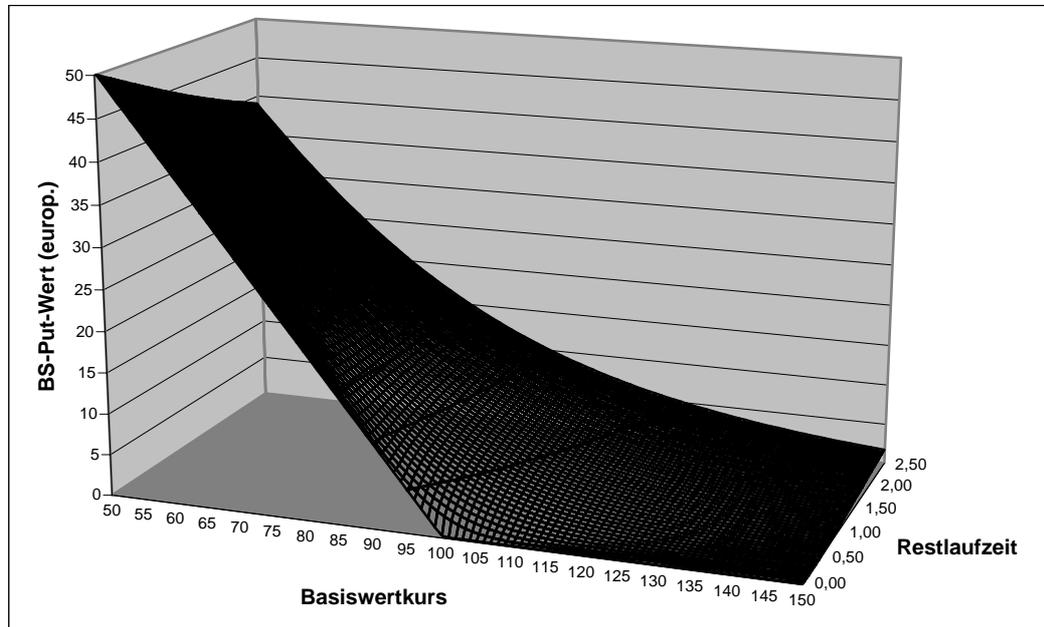


Abb. 4.2: Exemplarischer Wertverlauf eines (europ.) Puts in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

Analog zu oben zeigt Abb. 4.2 den Wertverlauf eines europäischen Puts für identische Beispieldaten. Deutlich zu erkennen ist vor allem, dass hier in Bereichen mit langer Restlaufzeit und vergleichsweise niedrigem Kursniveau der europäische Put unter seinem inneren Wert notiert (siehe hintere Flächenbegrenzung).²⁷⁸

Die Übertragbarkeit auf amerikanische Optionen gestaltet sich, zumindest für Kaufoptionen, ebenfalls unproblematisch. Ein amerikanischer Call besitzt ein vorzeitiges Ausübungsrecht, welches unter der hier gegebenen Prämisse, es werden während der Laufzeit der Option keinerlei Dividenden oder sonstige Ausschüttungen vorgenommen, wertlos ist. Dies war Ergebnis der Überlegungen

²⁷⁸ Vgl. dazu auch Abb. 3.6 und die Ausführungen hierzu in Abschnitt 3.3.3.2.

in Abschnitt 3.3.3.1. Demnach gilt die Bewertungsgleichung für europäische Kaufoptionen (4-18) auch für amerikanische Kaufoptionen.²⁷⁹

Für die Put-Call-Beziehung amerikanischer Optionen lässt sich lediglich eine Werterelation gemäß Doppelungleichung (3-22) angeben, da das vorzeitige Ausübungsrecht amerikanischer Puts auch ohne Berücksichtigung von Dividenden stets einen positiven Wert aufweist. Die Bewertungsformel für europäische Puts kann damit nicht auf amerikanische Puts übertragen werden. Wie noch zu zeigen ist, führt die FPD bei amerikanischen Puts zu einem freien Randwertproblem, das analytisch nicht exakt lösbar ist. Dieses Problem wird in Abschnitt 4.2 mithilfe des dort vorgestellten Approximationsverfahrens angegangen.

4.1.6 Parameterschätzung und Sensitivitätskennzahlen

Die Bewertungsgleichungen von Call und europäischem Put hängen ab von fünf Parametern: dem aktuellen Kurs des Basiswertes S_t , dem Basispreis X , der Restlaufzeit τ , dem risikolosen Zinssatz r_f sowie der Standardabweichung der zukünftigen Aktienrendite (Volatilität) σ .²⁸⁰ Die einzig nicht beobachtbare Einflussgröße ist dabei die Varianz. Hier ist man auf eine Schätzung angewiesen, wobei sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten anbieten:²⁸¹ die Schätzung der Volatilität aus historischen Daten (historische Volatilität) oder eine Ableitung aus den am Markt gegebenen Optionsscheinpreisen (implizite Volatilität).²⁸²

Die implizite Volatilität ist die im Marktpreis enthaltene Volatilität. Für die Ermittlung wird der Marktpreis in die Black/Scholes-Formel eingesetzt und daraus iterativ, da die Formel nicht analytisch nach σ aufgelöst werden kann, die Volatilität ermittelt. Die Ermittlung erfolgt dabei über die Betrachtung von Optionen auf denselben Basiswert mit verschiedenen Laufzeiten und Ausübungskursen, wobei allerdings über eine entsprechende Gewichtung die

²⁷⁹ Dieses Ergebnis wurde in (4-18) bereits vorweggenommen und bei der Kurzbezeichnung für Calls (C) von einer Unterscheidung in C^{eu} und C^{am} abgesehen.

²⁸⁰ Vgl. dazu auch die Ausführungen in Abschnitt 3.2.

²⁸¹ Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 335; Franke et al. (2001), S. 93; Thiel (2001), S. 79; Kohler (1992), S. 91.

²⁸² Vgl. Franke (2001), S. 93-96.

Abhängigkeit des Optionswertes von der Volatilität berücksichtigt werden sollte. Es wurde nämlich in empirischen Beobachtungen, zunächst beschränkt auf Devisenoptionenmärkten, festgestellt, dass – anders als vom Black/Scholes-Modell behauptet – nicht alle impliziten Volatilitäten von Optionen auf den gleichen Basiswert identisch sind.²⁸³ Insbesondere ergeben sich bei In-the-money- und Out-of-the-money-Optionen höhere implizite Volatilitäten als bei Optionen am Geld. Dieser Effekt wird als „volatility smile“ bezeichnet.²⁸⁴ Bei Aktien- und Index-Optionen ist eher ein schiefer Verlauf derart festzustellen, dass die impliziten Volatilitäten mit zunehmendem Basispreis monoton fallen („volatility skew“).²⁸⁵ Hierbei kommt die Kritik an der impliziten Volatilität als geeignetem Schätzer für die zukünftige Streuung besonders zum Tragen. Daher wird vielfach auf die historische Volatilität zurückgegriffen. Diese ist nicht von den tatsächlichen Optionspreisen abhängig und basiert stattdessen auf den Daten vergangener Kursrenditen. Je nach gewähltem Beobachtungs- und Annualisierungszeitraum wird damit ein Prognosewert für die zukünftige Renditestreuung berechnet.²⁸⁶ Zwar neigt diese bei starken Marktveränderungen eher zu Fehlbewertungen,²⁸⁷ die in der Praxis wesentlich aufwendigeren Bestimmungsmethoden für die implizite Volatilität führen jedoch nur vereinzelt zu besseren Ergebnissen.²⁸⁸

Die im Folgenden ermittelten Sensitivitätskennzahlen erleichtern in der Praxis die Beurteilung von Optionspositionen hinsichtlich ihres Risikoprofils sowie den Aufbau von Hedging-, Arbitrage- und Spekulationsstrategien.²⁸⁹ Des Weiteren

²⁸³ Beim Black/Scholes-Modell hängt die implizite Volatilität nur vom Preisprozess des Basiswertes ab und nicht vom Basispreis.

²⁸⁴ Werden die berechneten impliziten Volatilitäten gegen die Moneyness abgetragen, zeigt sich ein schwach konvexer Verlauf. Dieser „smile“ (engl. für Lächeln) erinnert an ein von Kinderhand gemaltes lachendes Mondgesicht.

²⁸⁵ Für amerikanische Aktien zeigen dies erstmals McBeth/Merville (1979).

²⁸⁶ Für eine formale Darstellung vgl. die entsprechenden Ausführungen im empirischen Teil in Abschnitt 5.3.4.

²⁸⁷ Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 336.

²⁸⁸ Vgl. Hehn (1994), S. 77. Veld bemerkt dazu, dass es a priori nicht möglich ist, die „richtige“ Volatilität als Schätzer zu bestimmen. Vgl. Veld (1994), S. 8.

²⁸⁹ In diesem Zusammenhang ist das sog. Delta-Hedging (vormals als portfolio insurance bezeichnet) zu nennen. Darunter versteht man eine Strategie, die es ermöglicht, Wertveränderungen eines Portfolios über eine Gegenposition, die ständig anzupassen ist, zu kompensieren und damit das Risiko der Gesamtposition bestenfalls zu eliminieren. Vgl. Franke et al. (2001), S. 85-86; Perridon/Steiner (2002), S. 338. Dies ist prinzipiell die gleiche Strategie, die im Black/Scholes-Modell über die Bildung eines risikolosen Hedge-Portfolios verfolgt wird.

dienen sie bspw. dazu, die Signifikanz einer Fehlspezifikation der einzelnen Einflussparameter bei der Inputdatenbestimmung abzuschätzen. Im Grunde handelt es sich bei den Sensitivitätskennzahlen um die partiellen Ableitungen der Black/Scholes-Bewertungsfunktion nach den entsprechenden Parametern. Es wird aufgezeigt, wie der Optionswert *ceteris paribus* auf eine Veränderung des jeweils betrachteten Parameters reagiert. Die Bezeichnung erfolgt dabei meist mit griechischen Buchstaben, weshalb hierfür häufig der Ausdruck „Griechen“ Verwendung findet. Nachfolgend werden die Sensitivitätskennzahlen als Ergebnis der partiellen Ableitungen der Call- bzw. Put-Bewertungsgleichungen (4-18) und (4-19) angegeben.²⁹⁰

Das **Delta** (Δ) ist die partielle Ableitung der Optionswertfunktion nach dem Basiswertkurs und drückt aus, um wie viele Einheiten sich der Wert der Option ändert, wenn der Basiswertkurs um eine Einheit variiert. Das Delta gibt infolgedessen die Steigung der Optionswertkurve an. Call-Deltas liegen demnach immer zwischen null und eins, Put-Deltas hingegen zwischen minus eins und null. Für weit aus dem Geld liegende Optionen nimmt das Delta Werte nahe null an und nähert sich betragsmäßig für Optionen weit im Geld dem Wert eins. Optionen am Geld weisen einen Delta-Wert von 0,5 (Calls) bzw. -0,5 (Puts) auf. Das Delta kann auch als Kennzahl für die Wahrscheinlichkeit einer lohnenden Ausübung der Option bei Fälligkeit angesehen werden.²⁹¹

$$\Delta(C) = \frac{\partial C}{\partial S} = \Phi(d_1) > 0; \quad (4-33a)$$

$$\Delta(P) = \frac{\partial P}{\partial S} = \Phi(d_1) - 1 = \Phi(-d_1) < 0; \quad (4-33b)$$

Die Abb. A2.1a und A2.1b im Anhang stellen den Delta-Verlauf in Abhängigkeit von Moneyness und Restlaufzeit grafisch dar. Demnach zeigt sich für

²⁹⁰ Vgl. zu den Sensitivitätskennzahlen auch Perridon/Steiner (2002), S. 338-340; Franke et al. (2001), S. 86-93; Thiel (2001), S. 81-92; Steiner/Bruns (2000), S. 336-349; Stoll/Whaley (1993), S. 246-248, Bös (1991), S. 131-164.

²⁹¹ $\Phi(d_1)$ wurde zuvor bereits als Wahrscheinlichkeit dafür interpretiert, dass die Option bei Fälligkeit in the money notiert. Für Puts muss in diesem Zusammenhang eine betragsmäßige Betrachtung erfolgen.

Optionswerte am Geld und kurzer Restlaufzeit eine besonders große Sensitivität bzgl. des Basiswertkurses.

Das **Gamma** (Γ) gibt Aufschluss über die absolute Veränderung des Options-Deltas bei Änderung des Basiswertkurses um eine Einheit.

Formal ist Gamma die zweite partielle Ableitung der Optionswertfunktion nach S ,²⁹² also

$$\left. \begin{aligned} \Gamma(C) &= \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} = \frac{\partial \Delta(C)}{\partial S} \\ \Gamma(P) &= \frac{\partial^2 P}{\partial S^2} = \frac{\partial \Delta(P)}{\partial S} \end{aligned} \right\} = \frac{\phi(d_1)}{S\sigma\sqrt{\tau}} > 0. \quad (4-34)$$

$\phi(\cdot)$ bezeichnet dabei den Dichtefunktionswert der Standardnormalverteilung. In Abb. A.2.2 im Anhang erkennt man das Maximum des Gammas bei am-Geld-Optionen mit Restlaufzeiten, die nahe bei null liegen. Dies ist intuitiv klar, da hier die Veränderung des Delta-Wertes am größten ist.

Das **Theta** (Θ) gibt die Veränderung des Optionswertes bei Änderung der Restlaufzeit an. Somit gibt es Auskunft über den Zeitwertverlust (time decay) der Option. Berechnet wird es als partielle Ableitung der Wertfunktion nach dem Parameter τ . Dabei nimmt der Theta-Wert bei kurzen Restlaufzeiten von Optionen am Geld den größten Wert an, während Optionen aus dem Geld oder im Geld weniger stark auf die Verkürzung der Restlaufzeit reagieren.

$$\Theta(C) = \frac{\partial C}{\partial \tau} = -\frac{S\phi(d_1)\sigma}{2\sqrt{\tau}} - Xre^{-r_f\tau}\Phi(d_2) < 0; \quad (4-35a)$$

$$\Theta(P) = \frac{\partial P}{\partial \tau} = \frac{S\phi(d_1)\sigma}{2\sqrt{\tau}} - Xre^{-r_f\tau}\Phi(-d_2) \leq 0; \quad (4-35b)$$

Der Theta-Parameter kann unterschiedlich interpretiert werden, je nachdem, ob als Bezugsgröße für die Veränderung des Optionswertes die Zeit t oder die

²⁹² Daher kann das Gamma auch als Delta-Wert des Options-Deltas bezeichnet werden. Vgl. Perridon/Steiner (2002), S. 338-339, dort zitiert nach Lingner (1991), S. 111.

Restlaufzeit $\tau = T - t$ verwendet wird. In der Praxis findet man i. d. R. den Bezug zur Restlaufzeit (wie oben),²⁹³ wobei der folgende Zusammenhang gilt:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial C}{\partial \tau} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\partial P}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial \tau}. \quad (4-36)$$

Die Abb. A2.4a und A2.4b zeigen den Verlauf des Thetas grafisch. Für Calls stellt sich demnach bei Verringerung der Restlaufzeit stets eine Verringerung des Optionswertes ein, die insbesondere bei Optionen am Geld mit geringer Restlaufzeit überproportionale Ausmaße annimmt. Der Zeitwertverfall wirkt sich hier im Gegensatz zu Calls im oder aus dem Geld stärker aus. Generell sind die Auswirkungen bei Calls mit langer Restlaufzeit zunächst gering.

Puts weisen insbesondere in Bereichen weit im Geld Theta-Werte größer null auf, wonach ein Zeitwertverfall sich hier positiv auf den Optionswert auszuwirken scheint. Betrachtet man aber den Wertverlauf des Puts in Abb. 4.3, ist dies unmittelbar einsichtig. Europäische Puts notieren in Bereichen weit im Geld und positiver Restlaufzeit unter ihrem inneren Wert, da ihnen im Gegensatz zu ihren amerikanischen Counterparts das Recht einer vorzeitigen Ausübung fehlt. Ceteris paribus wird sich mit abnehmender Restlaufzeit der Put-Wert bis hin zu seinem inneren Wert bei Fälligkeit (Ausübungswert) annähern.²⁹⁴

Das **Lambda** (Λ) bzw. **Vega**²⁹⁵ ist ein Maß für die Sensitivität des Optionswertes hinsichtlich der Volatilität und stellt damit auch eine der wichtigsten Kennzahlen für das Risiko einer Fehlbewertung aufgrund einer falschen Schätzung für die Volatilität dar. Je größer die Volatilität, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Option am Verfallstag im Geld notiert. Bei Optionen am Geld ist das Lambda maximal, wobei mit zunehmender Restlaufzeit die Reaktionen auf Volatilitätsschwankungen stärker ausfallen.

²⁹³ Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sich der Theta-Wert auf eine Laufzeit gemessen in Jahren bezieht. Soll die Veränderung des Optionswertes in Bezug auf einen (Kalender-)Tag ausgewiesen werden, wird dies durch Division von Theta durch 365 erreicht.

²⁹⁴ Für amerikanische Puts ist dagegen der Theta-Wert stets negativ.

²⁹⁵ Diese Bezeichnung ist in der Literatur nicht eindeutig. Oftmals wird diese Kennzahl neben Lambda oder Vega auch mit Eta oder Epsilon bezeichnet. Vgl. Franke et al. (2001), S. 91; Perridon/Steiner (2002), S. 340; Bös (1991), S. 156; Kohler (1992), S. 99.

$$\left. \begin{aligned} \Lambda(C) &= \frac{\partial C}{\partial \sigma} \\ \Lambda(P) &= \frac{\partial P}{\partial \sigma} \end{aligned} \right\} = S\phi(d_1)\sqrt{\tau} > 0; \quad (4-37)$$

Die Volatilitätssensitivität ist – wie in Abb. A2.2 gezeigt – bei Scheinen am Geld am größten, wobei der Einfluss der Volatilität mit abnehmender Restlaufzeit an Bedeutung verliert.²⁹⁶

Das **Rho** (P) gibt die Abhängigkeit des Optionswertes vom Zinsniveau wieder. Eine Erhöhung des Zinssatzes wirkt sich über den Barwert des am Verfallstag zu zahlenden (Calls) bzw. erhaltenen (Puts) Basispreis werterhöhend (Calls) bzw. wertmindernd (Puts) aus. Dabei reagieren Optionen im Geld stärker auf Zinsvariationen. Auch eine Zunahme der Restlaufzeit erhöht die Bedeutung des Zinssatzes. Die Abb. A2.5a und A2.5b im Anhang zeigen den Verlauf des Rho grafisch.

$$P(C) = \frac{\partial C}{\partial r} = \tau X e^{-r_f \tau} \Phi(d_2) > 0; \quad (4-38a)$$

$$P(P) = \frac{\partial P}{\partial r} = -\tau X e^{-r_f \tau} \Phi(d_2) < 0; \quad (4-38b)$$

Das **Omega** (Ω), oftmals auch Leveragefaktor genannt, ist ein Maß für die Elastizität des Optionswertes in Bezug auf Änderungen des Basiswertkurses. Sie gibt die prozentuale Optionswertveränderung in Bezug auf die prozentuale Kursveränderung des Basiswertes an und berücksichtigt im Gegensatz zum Delta, das eine gleich starke absolute Kursänderung unterstellt, die tatsächliche Hebelwirkung durch Multiplikation des Deltas mit dem (einfachen) Hebel.²⁹⁷

²⁹⁶ Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass mit obiger Formel die absolute Veränderung des Optionswertes bei einer absoluten Veränderung der Volatilität (gemessen in %-Punkte) ausgedrückt wird. Üblicherweise möchte man die Wertänderung aber bzgl. der relativen Volatilitätsänderung ausweisen. Hierzu wäre Lambda durch Division mit der Volatilität σ zu standardisieren.

²⁹⁷ Neben dem Delta spielt das Omega als Maß für die Hebelwirkung einer Option eine bedeutende Rolle in der kennzahlenorientierten Options(schein)preisanalyse. Siehe dazu Abschnitt 2.6.2.

$$\Omega(C) = \frac{\frac{\partial C}{\partial S}}{\frac{C}{S}} = \frac{\frac{\partial C}{\partial S} \frac{S}{C}}{\underbrace{\frac{\partial S}{\Delta(C)}}_{\Delta(C)}} = \Phi(d_1) \frac{S}{C} > 0; \quad (4-39a)$$

$$\Omega(P) = \frac{\frac{\partial P}{\partial S}}{\frac{P}{S}} = \frac{\frac{\partial P}{\partial S} \frac{S}{P}}{\underbrace{\frac{\partial S}{\Delta(P)}}_{\Delta(P)}} = (\Phi(d_1) - 1) \frac{S}{P} < 0; \quad (4-39b)$$

Die Hebelwirkung eines Puts entspricht der spiegelbildlichen Wirkung eines ansonsten identisch ausgestatteten Calls. Für Optionen weit aus dem Geld nimmt diese zunehmend betragsmäßig große (absolute) Werte an. In Bezug auf die Restlaufzeit zeigt sich bei betragsmäßiger Betrachtung bei Calls und Puts ein negativer Zusammenhang.

4.1.7 Bemerkungen zur Modellkritik

Auf eine umfassende und allgemeingehaltene Kritik am Black/Scholes-Modell wird an dieser Stelle verzichtet.²⁹⁸ Einige kritische Anmerkungen werden im Rahmen der grundsätzlichen Überlegungen zur Übertragbarkeit des Bewertungsansatzes auf Optionsscheine, im speziellen DAX-Optionsscheine, und der damit verbundenen Probleme diskutiert.²⁹⁹ Es wird im Folgenden lediglich auf die möglichen Ansatzpunkte zur Kritik hingewiesen.

Einen wesentlichen Angriffspunkt stellen die teils realitätsfernen Annahmen des Modells, wie Nichtberücksichtigung von Steuern, Dividenden und Transaktionskosten oder der für die Geldaufnahme und -anlage identische und vor allem (im Zeitablauf) konstante Zinssatz, dar. Für einige dieser Prämissen konnten bereits entsprechende Verallgemeinerungen oder Erweiterungen entwickelt werden. Davon wurden in Abschnitt 3.5.2.1 die wesentlichen Ansätze genannt (vgl. auch Tab. 3.6). Daneben existieren die praktischen Probleme im Rahmen der Volatilitätsschätzung. Auch darauf wurde bereits im vorigen Abschnitt kurz eingegangen. Wesentlich erscheint aber die Kritik an der zugrundeliegenden

²⁹⁸ Es wird vielmehr auf die in großer Anzahl in der Literatur vorzufindenden Ausführungen zur Modellkritik verwiesen. Siehe hierzu exemplarisch Thiel (2001), S. 93-98 und die dort zitierte Literatur.

²⁹⁹ Vgl. dazu Abschnitt 4.3.

Kursverlaufshypothese. Die damit verbundene Verteilungsannahme bezüglich des Basiswertes (Aktie) stößt aufgrund hiervon abweichender Beobachtungen in der Realität auf Kritik. So steht die Annahme einer (im Zeitablauf) konstanten Varianz des Basiswertes im Gegensatz zum empirisch beobachtbarem „volatility clustering“, wonach auf große (kleine) Renditeausschläge tendenziell wieder große (kleine) Kursbewegungen folgen und sich somit Cluster bilden.³⁰⁰ Dies führt dazu, dass Renditen in vielen Fällen höchstens noch als unkorreliert, nicht aber als stochastisch unabhängig gelten können.³⁰¹ Auch weisen Untersuchungen für die Renditeverteilung eher auf eine asymmetrische, linkssteile Verteilung mit sog. fat tails³⁰² hin, im Gegensatz zur Normalverteilung mit ihren flachen Enden, wie sie aus der geometrischen Brown'schen Bewegung folgt.³⁰³ Die Überprüfung der Gültigkeit dieser zentralen Verteilungsannahme wird daher auch zu Beginn der empirischen Fehlbewertungsanalyse eine Rolle spielen.

4.2 Ein analytisches Approximationsverfahren für amerikanische Puts

4.2.1 Das Problem der vorzeitigen Ausübung

Wie oben bereits angesprochen wurde, kann eine einfache Übertragung der Bewertungsformel für Calls über die Paritätsbeziehung auf die entsprechenden Puts – wie sie beim europäischen Typ möglich ist – bei amerikanischer Optionen nicht erfolgen. Die Gültigkeit der FPD ist zwar auch für amerikanische Verkaufsoptionen gewährleistet, allerdings nicht exakt lösbar. Dies liegt an der mehrfach beschriebenen Existenz einer positiven Wahrscheinlichkeit für eine vorzeitige Ausübung eines amerikanischen Puts. Es sei im Folgenden nochmals die Problematik verdeutlicht.³⁰⁴

³⁰⁰ Vgl. grundlegend dazu Mandelbrot (1963) sowie Fama (1965).

³⁰¹ Vgl. Franke et al. (2001), S. 203-204.

³⁰² Zur Erklärung siehe die Ausführungen im empirischen Teil in Abschnitt 6.1.

³⁰³ Dies sind die Hauptansatzpunkte für den Einsatz der bereits in Abschnitt 3.5 erwähnten GARCH-Modelle zur Optionsbewertung, da diese prinzipiell derartige Beobachtungen erklären können. Vgl. dazu Franke et al. (2001), S. 204, 275-278; Steiner/Bruns (2000), S. 60-62. Studien dazu finden sich bspw. bei Duan (1999), (1996) sowie Andres (2001), der eine Simulationsstudie für den deutschen Aktienoptionsmarkt durchführt.

³⁰⁴ Vgl. dazu auch Abb. 3.6 in Abschnitt 3.3.3.2.

Für den Fall, dass der Kurs des Basiswertes unter ein bestimmtes Niveau fällt, sieht sich der Put-Inhaber mit einer Situation konfrontiert, bei welcher eine sofortige Ausübung des Optionsrechts eine für ihn optimale Strategie darstellt. Durch die Ausübung bei entsprechend niedrigem Basiswertkurs S_t zu einem bestimmten Zeitpunkt t wird der Ausübungswert $(X - S_t)$ sofort verfügbar. Dieser kann dann auf dem Kapitalmarkt zum marktüblichen risikolosen Zinssatz r_f angelegt werden und erzielt bis zum Laufzeitende einen entsprechenden Ertrag. Falls dieser Ertrag größer ist als die bei Nichtausübung noch zu erwartenden Wertsteigerungen des Puts aufgrund eines weiter sinkenden Basiswertkurses, ist die Ausübung vorteilhaft. Das Problem hierbei liegt darin, dass sich diese Vorteilhaftigkeit erst ab einem hinreichend kleinem Kursniveau des Basiswertes manifestiert. Zwar ist eine mehr oder weniger große positive Wahrscheinlichkeit für das Eintreten dieser Vorteilhaftigkeitsgrenze stets gegeben (weshalb ein amerikanischer Put immer wertvoller ist als ein europäischer), der entsprechende kritische Kurs ist aber, da selbst zufalls- und zeitabhängig, nicht ohne weiteres bestimmbar.

Vor Fälligkeit ($t < T$) gilt ab Unterschreiten eines bestimmten kritischen Kurses S^* des Basiswertes, dass das vorzeitige Ausüben beste Strategie ist. Der Wert des Puts entspricht dann stets seinem inneren Wert $P(S,t) = \max[0, X - S]$. Die Grenze $S = S^*(t)$ stellt den Rand des Gültigkeitsbereichs der FPD dar. Sie gilt nur für Kurse $S \geq S^*(t)$. Für alle Kurse $0 \leq S < S^*(t)$, also im Innenbereich, gilt dagegen die Differentialgleichung nicht, weil in diesem Bereich die Option vorzeitig ausgeübt wird und der Wert dem inneren Wert entspricht. Da der durch $S^*(t)$ bestimmte Rand nicht bekannt ist, handelt es sich um ein freies Randwertproblem (free boundary problem).

4.2.2 Quadratischer Approximationsansatz

Zur Lösung schlägt McMillan³⁰⁵ ein quadratisches Approximationsverfahren vor, welches von Barone-Adesi und Whaley³⁰⁶ aufgegriffen und erweitert³⁰⁷ und als

³⁰⁵ Vgl. McMillan (1986).

³⁰⁶ Vgl. Barone-Adesi/Whaley (1987).

wesentlich effizienter als bisherige Approximationen angesehen wird.³⁰⁸ Demnach setzt sich der Wert eines amerikanischen Puts zusammen aus dem Wert der entsprechenden europäischen Verkaufsoption und einem Zusatzwert, der das vorzeitige Ausübungsrecht bemisst. Für diese „early exercise premium“ gilt dann:

$$\varepsilon(S,t) = P^{am}(S,t) - P^{eu}(S,t). \quad (4-40)$$

Im BAW-Modell wird die FPD für einen Put mit konstanten Bestandshaltekosten (cost of carry) b angesetzt.³⁰⁹ Demnach setzen sich diese wie folgt zusammen: $b = r_f - d$, mit risikolosem Zinssatz r_f und kontinuierlicher Dividendenrate d . Dies eröffnet die Möglichkeit unterschiedliche amerikanische Optionsrechte zu bewerten. Somit kann auch das Problem der vorzeitigen Ausübung amerikanischer Calls mit Dividendenzahlungen behandelt werden. Für dividendenlose Basiswerte (oder dividendengeschützte Optionsrechte) gilt $d = 0$. Die Bestandshaltekosten entsprechend dann lediglich dem risikolosen Zinssatz ($b = r_f$). Im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand in dieser Arbeit wird von dieser vereinfachenden Annahme ausgegangen, da es sich bei dem Basiswert um den DAX als Performanceindex handelt. Das Vorgehen entspricht in diesem Fall exakt dem von McMillan für dividendenlose Aktienoptionen.³¹⁰

Die Black/Scholes-Differentialgleichung für einen Put (ohne Dividenden) lautet

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 P}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 - r_f P + \frac{\partial P}{\partial S} r_f S = 0. \quad (4-41)$$

commodity options und commodity futures, auch eine Dividendenrate d ungleich null zulassen und somit nicht nur für amerikanische Puts, sondern auch für amerikanische Calls eine Lösung des „early-exercise“-Problems aufzeigen. Diese Lösung ist dann grundsätzlich auch auf Aktien-, Aktienindex-, Währungsoptionen oder Futures übertragbar.

Im Folgenden wird dieses Verfahren, der überwiegenden Literatur folgend, kurz mit BAW-Ansatz bezeichnet

³⁰⁸ Hinsichtlich der Vorteilhaftigkeit ihres analytischen Approximationsverfahrens wird argumentiert, dass bisher entwickelte Lösungsmöglichkeiten für amerikanische Optionen, bspw. rein numerische Approximationen über Binomialmodelle oder die Anwendung von Finiten-Differenzen-Methoden oder Monte-Carlo-Simulationsverfahren, zu zeitaufwendig und damit vor allem zu kostenintensiv in ihrer Anwendung sind. Vgl. Barone-Adesi/Whaley (1987), S. 301.

³⁰⁹ Diese geht auf Merton (1973) zurück, der erstmals Dividendenzahlungen im Black/Scholes-Modell mit berücksichtigt.

³¹⁰ Vgl. Barone-Adesi/Whaley (1987), S. 308.

Da (4-41) sowohl europäische als auch amerikanische Puts erfüllen müssen, muss die „early-exercise-premium“ als entsprechende Funktion gemäß (4-40) dies auch. Für $\varepsilon(S,t)$ ergibt sich somit die folgende Differentialgleichung:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 - r_f \varepsilon + \frac{\partial \varepsilon}{\partial S} r_f S = 0. \quad (4-42)$$

Beachtet man, dass wegen $\tau = T - t$ gilt: $\frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$, substituiert man zudem mit

$$M = \frac{2r_f}{\sigma^2}, \text{ so folgt aus (4-42) nach Multiplikation mit } \frac{2}{\sigma^2}$$

$$\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial S^2} S^2 - M \varepsilon + \frac{\partial \varepsilon}{\partial S} M S - \frac{M}{r_f} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = 0. \quad (4-43)$$

Für die funktionale Abhängigkeit der Zusatzprämie von Basiswertkurs und Restlaufzeit sei

$$\varepsilon(S, K) = K(\tau) f(S, K) \quad (4-44)$$

mit

$$K(\tau) = 1 - e^{-r_f \tau} \quad (4-45)$$

angenommen.

Werden (4-44) und (4-45) in (4-43) berücksichtigt, so erhält man

$$\frac{\partial^2 f}{\partial S^2} S^2 + \frac{\partial f}{\partial S} M S - \frac{M}{K} f - (1-K) M \frac{\partial f}{\partial K} = 0. \quad (4-46)$$

Nun erfolgt eine Approximation dahingehend, dass sich die Betrachtung auf eher kürzere (bzw. extrem lange) Restlaufzeiten beschränkt. In diesen Fällen kann über

eine Extremwertbetrachtung gezeigt werden, dass der letzte Ausdruck auf der linken Seite von Gleichung (4-46) den Wert null annimmt. Es gilt nämlich

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} (1-K)M \underbrace{\frac{\partial f}{\partial K}}_{\rightarrow 0} = 0 \quad \text{bzw.} \quad \lim_{\tau \rightarrow \infty} (1-\underbrace{K}_{\rightarrow 1})M \frac{\partial f}{\partial K} = 0. \quad (4-47)$$

Für mittlere Restlaufzeiten drückt sich der Approximationsfehler in dem Term $(1-K)K$ aus mit einem Maximalwert von $\frac{1}{4}$ an der Stelle $K = \frac{1}{2}$.

Die Differentialgleichung für die Zusatzprämie aus (4-46) vereinfacht sich durch die Approximation zu

$$\frac{\partial^2 f}{\partial S^2} S^2 + \frac{\partial f}{\partial S} MS - \frac{M}{K} f = 0 \quad (K \neq 0). \quad (4-48)$$

Gleichung (4-48) stellt eine gewöhnliche Differentialgleichung zweiter Ordnung dar, für welche zwei linear unabhängige Lösungen der Form cS^q existieren. Nach Substitution von $f = cS^q$ in (4-48) erhält man die quadratische Gleichung

$$q^2 + (M-1)q - \left(\frac{M}{K}\right) = 0 \quad (4-49)$$

mit den Lösungen

$$q_1 = -\frac{1}{2} \left[(M-1) + \sqrt{(M-1)^2 + 4\frac{M}{K}} \right] < 0, \quad (4-50a)$$

$$q_2 = \frac{1}{2} \left[-(M-1) + \sqrt{(M-1)^2 + 4\frac{M}{K}} \right] > 0. \quad (4-50b)$$

Für $f(S)$ stellt sich die allgemeine Lösung dar als

$$f(S) = c_1 S^{q_1} + c_2 S^{q_2}, \quad (4-51)$$

wobei c_1 und c_2 die letzten zu bestimmenden Konstanten sind. Hierfür sei zunächst folgende Überlegung hilfreich. Für $S \rightarrow \infty$ geht der Wert eines Puts gegen null. Da aber $q_2 > 0$ gilt, kann dies nur dann eingehalten werden, wenn $c_2 = 0$ gesetzt wird. Gleichung (4-51) reduziert sich daher zu

$$f(S) = c_1 S^{q_1}. \quad (4-52)$$

Setzt man nun (4-52) und (4-45) ein in (4-44) und berücksichtigt dies in (4-40), so folgt nach Umstellung für die Wertgleichung eines amerikanischen Puts:

$$P^{am}(S, t) = P^{eu}(S, t) + \underbrace{(1 - e^{-r_f \tau})}_{K(\tau)} \underbrace{c_1 S^{q_1}}_{f(S)}. \quad (4-53)$$

Um den letzten verbliebenen Parameter c_1 zu bestimmen, ist es vorteilhaft, sich nochmals den Verlauf der durch (4-53) bestimmten Wertfunktion für alternative Werte für c_1 zu vergegenwärtigen, wenn alle übrigen Parameter (S, K, P^{eu}, q_1) konstant gehalten werden (Abb. 4.3). Mit zunehmendem $c_1 > 0$ ³¹¹ verschiebt sich die Wertverlauflinie nach oben. Es wird deutlich, dass die „richtige“ Kurve dort zu finden ist, wo P^{am} die Linie $X - S$ gerade tangiert. Dieser Tangentialpunkt stellt den kritischen Basiswertkurs S^* dar, bei dessen Unterschreiten eine vorzeitige Ausübung vorteilhaft ist und der Wert des Puts seinem Ausübungswert $X - S$ entspricht.

Für einen „smooth fit“³¹² müssen daher die folgenden zwei Bedingungen erfüllt sein:

$$X - S^* = P^{eu}(S^*, \tau) + (1 - e^{-r_f \tau}) c_1 S^{*q_1}, \quad (4-54)$$

$$-1 = \underbrace{\Phi(-d_1(S^*))}_{\frac{\partial P^{eu}}{\partial S}(S^*)} + (1 - e^{-r_f \tau}) q_1 c_1 S^{*q_1-1} \quad (4-55)$$

³¹¹ Wäre $c_1 < 0$, dann läge die Wertverlauflinie gänzlich unterhalb der Linie $X - S$ und somit unter dem inneren Wert. Dies würde aber eine Verletzung der Wertuntergrenze bedeuten.

³¹² Vgl. Kwok (1998), S. 176.

mit d_1 gemäß (4-18).

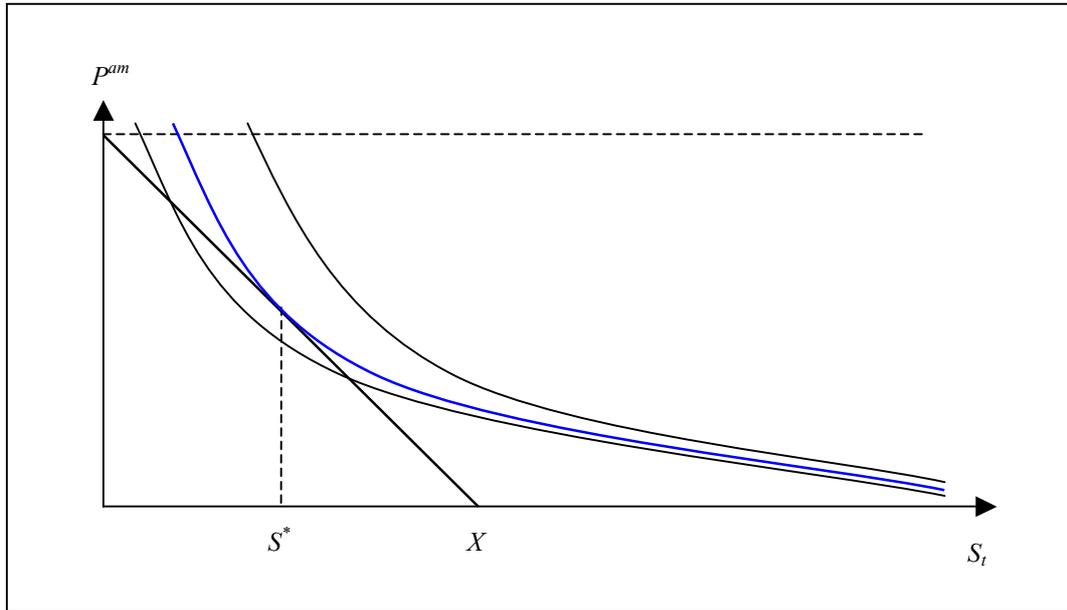


Abb. 4.3: Bestimmung der richtigen Wertverlaufslinie eines amerik. Puts

Isoliert man c_1 in (4-55), so lässt sich nach Einsetzen in (4-54) eine Gleichung angeben, die die verbliebene unbekannte Größe, der kritische Kurs S^* , erfüllen muss. Es folgt:

$$X - S^* = P^{eu}(S^*, \tau) - [1 - \Phi(-d_1(S^*))] \frac{S^*}{q_1}. \quad (4-56)$$

Für den Wert eines amerikanischen Puts lässt sich nun in Abhängigkeit vom einzig noch zu bestimmenden Wert S^* die approximative Lösung angeben als

$$P^{am}(S, \tau) = \begin{cases} P^{eu}(S, \tau) + A \left(\frac{S}{S^*} \right)^{q_1} & \text{für } S > S^* \\ X - S & \text{für } S \leq S^* \end{cases} \quad (4-57)$$

$$\text{mit } A = -\frac{S^*}{q_1} [1 - \Phi(-d_1(S^*))].$$

Der kritische Kurs S^* muss Gleichung (4-56) genügen, wobei ein exakter Wert daraus nicht analytisch bestimmbar ist. Barone-Adesi/Whaley schlagen einen einfachen Algorithmus vor, der die Bestimmung von S^* iterativ zulässt.³¹³ Dieser arbeitet überaus effizient und bringt bereits nach wenigen Iterationsschritten einen Wert für den kritischen Kurs auf einem annehmbaren Toleranzlevel hervor.³¹⁴

4.3 Anwendbarkeit auf die Bewertung von Indexoptionsscheinen

Da Optionsscheine prinzipiell die gleichen Rechte implizieren wie terminbörslich gehandelte Optionen, sollte eine generelle Übertragbarkeit der optionspreistheoretischen Modelle ohne besondere Einschränkungen möglich sein. Sollen wie hier Indexoptionsscheine mit den vorgestellten Modellen bewertet werden, können einige Problemfelder, die bspw. bei Aktienoptionsscheinen auftreten können, gänzlich vernachlässigt werden.

Die meisten in Deutschland emittierten Indexoptionsscheine sind amerikanischer Art. Hierdurch kann im Falle von Verkaufsoptionsscheinen auf das vorgestellte BAW-Verfahren zurückgegriffen werden, welches im Allgemeinen sehr gute Näherungen hervorbringt. Besonders bei Puts mit eher geringen Restlaufzeiten ist der Approximationsfehler des BAW-Modells vernachlässigbar gering. Dies kommt den in Deutschland notierten Indexoptionsscheinen entgegen, da Untersuchungen zeigen, dass die Restlaufzeiten durchschnittlich bei deutlich weniger als einem Jahr liegen.³¹⁵ Die für Aktienschein auftretende Dividendenproblematik stellt sich bei Index-, speziell DAX-Optionsscheinen nicht, da der Deutsche Aktienindex als Performanceindex Dividendenzahlungen auf sich im Index befindlichen Aktien im Kursverlauf so berücksichtigt, dass keinerlei Dividendensprünge zu befürchten sind.

Die fehlende Leerverkaufsmöglichkeit und die Tatsache, dass es sich bei Scheinen auf Indizes um synthetische Derivate handelt, ist im Hinblick auf die geforderte

³¹³ Vgl. Barone-Adesi/Whaley (1987), S. 309.

³¹⁴ Auf die Darstellung dieses Algorithmus sei an dieser Stelle verzichtet und auf Barone-Adesi/Whaley (1987), S. 309, verwiesen. Der für den empirischen Part dieser Arbeit programmierte Bestimmungsalgorithmus weist ein Toleranzniveau von 0,0001 auf.

³¹⁵ Vgl. auch die Ergebnisse diesbezüglich in dieser Arbeit (Kapitel 6 und 7).

Bildung eines kontinuierlich anzupassenden Hedge-Portfolios allerdings als besonders problematisch einzustufen. Die praktischen Probleme, wollte man eine derartiges Portfolio konstruieren, scheinen bei Indexscheinen unüberbrückbar zu sein. Der Index müsste entsprechend den Aktienanteilen nachgebildet werden, was sich zum einen im Hinblick auf Teilbarkeit und Volumina der Wertpapiere, zum anderen aufgrund der sich summierenden Transaktionskosten sowie der zu berücksichtigenden Dividendenzahlungen als nahezu unmöglich erweist.³¹⁶

Was die unterstellte Verteilung der Renditen des Basiswertes angeht, so wurden einige widersprüchliche Erscheinungen aufgrund empirischer Untersuchungen bereits angesprochen. Die Beobachtung nicht normalverteilter Renditen ist aber kein auf Indizes beschränktes Problem. Auch kommen nicht alle Untersuchungen zum selben Ergebnis. Manche Autoren bescheinigen der unterstellten Lognormalverteilung der Kurse im Black/Scholes-Modell hohen Realitätsgehalt bei längeren Beobachtungsintervallen.³¹⁷ Generell müsste der Verteilungstyp für jede Anwendung vorab überprüft werden, um eventuelle Fehlbewertungen, die sich auf die nicht erfüllte Verteilungsannahme zurückführen lassen, entsprechend einschätzen zu können.³¹⁸

Für die Anwendbarkeit, insbesondere auf die hier untersuchten Indexoptionsscheine auf den DAX, lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die angesprochenen Problemfelder nicht wirklich gegen die grundsätzliche Übertragbarkeit des Black/Scholes-Modells bzw. der BAW-Approximation sprechen. Abgesehen von der lediglich theoretisch vorliegenden Möglichkeit eines dynamischen Hedgings, handelt es sich bei den angesprochenen Punkten um wohlbekannte und nicht speziell auf Indexscheine zurückzuführende Kritikpunkte, welche jedoch, auch mangels geeigneter Alternativen, die grundsätzliche Überlegenheit dieser Bewertungsmodelle in der Praxis nicht in Frage stellen. Eine entsprechende Übertragbarkeit scheint daher aus theoretischer Sicht für den deutschen Markt für DAX-Optionsscheine grundsätzlich gerechtfertigt zu sein.

³¹⁶ Vgl. Wagner (1996), S. 685.

³¹⁷ Vgl. bspw. Kampmann (1990), S. 119.

³¹⁸ Im Vorgriff auf die nachfolgenden empirischen Untersuchungen sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass für die als problematisch anzusehende Verteilungsannahme der DAX-Renditen eine entsprechend umfangreiche Untersuchung in Abschnitt 6.1 durchgeführt wird.

II Empirischer Teil

5 Grundlagen der empirischen Analyse

5.1 Zielsetzung und Stand der Untersuchung

Ziel der empirischen Analyse ist die Untersuchung der Eignung der in der Praxis eingesetzten Optionsbewertungsmodelle zur Approximation der Marktpreise für Optionsscheine auf den deutschen Aktienindizes DAX. Dabei werden die Modellwerte für amerikanische und europäische Calls mithilfe der Black/Scholes-Optionspreisformel ermittelt und den entsprechenden Marktpreisen gegenüber gestellt. Über die Put-Call-Parität hergeleitet, wird die entsprechende Bewertungsgleichung für europäische Puts angewandt. Für die amerikanischen Put-Optionsscheine dient das analytische Näherungsverfahren nach McMillan bzw. Barone-Adesi und Whaley als Basis zur Berechnung der Modellwerte.³¹⁹ Es sollen signifikante Bewertungsabweichungen festgestellt und quantifiziert sowie, bezogen auf eine gegebenenfalls auftretende Systematik hinsichtlich unterschiedlicher Einflussparameter, identifiziert werden.

Zur Validität des Black/Scholes-Modells existieren zahlreiche empirische Untersuchungen, insbesondere zu Aktienoptionen auf dem US-amerikanischen Markt. Eine erste Untersuchung der Bewertungseigenschaften des Modells bei unterschiedlichen Volatilitäten erfolgte bereits 1972 durch Black und Scholes selbst.³²⁰ Die Mehrzahl der folgenden empirischen Überprüfungen fokussierte sich zumeist auf die Analyse von Aktienoptionen an der Chicago Board Options Exchange (CBOE). Die Ergebnisse hinsichtlich der Bewertungseigenschaften des Modells divergierten dabei allerdings teilweise erheblich.³²¹

Vergleichbare Analysen des deutschen Optionsscheinmarkts, insbesondere im Hinblick auf DAX-Optionsscheine, existieren bisher jedoch nur in

³¹⁹ Für die formale Darstellung der erwähnten Bewertungsmodelle siehe Abschnitt 4.1 bzw. 4.2.

³²⁰ Vgl. Black/Scholes (1972).

³²¹ Für einen ausführlichen Überblick über die empirischen Untersuchungen zum Black/Scholes-Modells siehe Thiel (2001), S. 149-164.

unzureichendem Maße. Erstmals untersuchte Trautmann³²² die Bewertungseigenschaften des Black/Scholes-Modells bei Aktienoptionsscheinen auf dem deutschen Markt, gefolgt von weiteren detaillierteren Veröffentlichungen empirischer Studien zu Optionen und Optionsscheinen auf Aktien.³²³ In den nennenswerten Arbeiten von Schütz und Müller³²⁴ sowie Höhling und Schiereck³²⁵ werden erstmals DAX-Optionsscheine analysiert und die Eignung der verwendeten Bewertungsmodelle geprüft. Schütz/Müller unterscheiden zudem nach Call- und Put-Optionsscheinen, für welche analog zu dieser Untersuchung die Bewertungsmodelle nach Black/Scholes bzw. Barone-Adesi/Whaley zur Anwendung kommen. Ihre Arbeit beschränkt sich jedoch auf die Analyse einer relativ geringen Datenbasis von insgesamt nur 235 DAX-Optionsscheinen (bzw. 21.409 Optionsscheinkursen), ohne eine ausreichende Synchronisation der Daten gewährleisten zu können. Diese Problematik wird erst durch die sehr umfangreiche Arbeit von Thiel³²⁶ hinreichend gut gelöst, der für seine Bewertungsuntersuchung von DAX-Calls amerikanischen Typs auf eine umfangreiche Datenbasis von 195.361 Intraday-Optionsscheinkursen zurückgreifen kann. Die Resultate von Thiel werden erstmals auch emittentenspezifisch präsentiert. An diese Arbeit knüpft auch die vorliegende Untersuchung an. Sie wird jedoch zum einen dahingehend erweitert, dass die Untersuchungsbasis auf Kauf- und Verkaufsoptionsscheine amerikanischer und europäischer Art ausgedehnt wird. Zum anderen stammen die entsprechenden Optionsscheindaten von der Optionsscheinbörse EUWAX, die nicht zuletzt durch ihr transparentes und flexibles Preisstellungssystem mittlerweile zur marktführenden Optionsscheinbörse in Europa avancierte.

5.2 Beschreibung der Vorgehensweise

Die Untersuchung von Fehlbewertungen erfolgt in mehreren, nachfolgend beschriebenen Abschnitten. Im Anschluss an die Vorstellung und Beschreibung der verwendeten Datenbasis steht zunächst die Untersuchung von Fehlbewertungen im Blickfeld, welche nicht auf Unzulänglichkeiten der

³²² Vgl. Trautmann (1985).

³²³ Vgl. Trautmann (1986a), (1986b).

³²⁴ Vgl. Schütz/Müller (1994).

³²⁵ Vgl. Höhling/Schiereck (1995).

³²⁶ Vgl. Thiel (2001).

Bewertungsmodelle zurückzuführen sind. Insbesondere können sich Bewertungsabweichungen aufgrund von fehlerhaftem Datenmaterial bzw. mangelnder Datensynchronisation oder dem Abweichen von zugrundeliegenden Modellannahmen ergeben. Bleiben diese unberücksichtigt, ist eine eindeutige Identifizierung und Zuordnung von Fehlbewertungen nicht mehr möglich. In diesem Zusammenhang ist es demnach sinnvoll, die grundlegenden Annahmen hinsichtlich der Verteilung der Rendite des Underlyings, als eine der Hauptannahmen der verwendeten Modelle, in einer vorgeschalteten Analyse zu überprüfen. Im Anschluss erfolgt die Untersuchung von evtl. auftretenden Verletzungen der modellunabhängigen, auf dem Arbitragefreiheitsgedanken beruhenden Wertgrenzen, wie sie in Abschnitt 3.3 für alle vier betrachteten Optionsscheingruppen bestimmt wurden.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse obiger Voruntersuchungen schließt sich die eigentliche Fehlbewertungsanalyse an, welche getrennt nach amerikanischen und europäischen Calls und Puts auf einen Vergleich der Modellwerte mit den beobachteten Marktpreisen abzielt. Es werden hierfür zunächst auf Grundlage verschiedener Volatilitätsschätzer die Modellwerte bestimmt, mit den Marktpreisen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Einflussfaktoren verglichen und systematisiert. Mit ein Ziel wird sein, emittentenspezifische Fehlbewertungen zu quantifizieren und evtl. Analogien bzw. augenscheinliche Diskrepanzen aufzuzeigen.

5.3 Modellparameter und Datenbasis

Entsprechend den hier verwendeten Bewertungsgleichungen (4-18), (4-19) bzw. (4-57) gehen die folgenden Parameter in die Analyse mit ein:

X	:	Basispreis des DAX
I_t^{DAX}	:	DAX-Kurs zum Zeitpunkt t ³²⁷
τ	:	Restlaufzeit des Optionsscheins bis zum Fälligkeitszeitpunkt T ($\tau = \frac{1}{365} \cdot$ Restlaufzeit in Tagen)

³²⁷ Diese wird anstelle der bisher verwendeten Notation S für den Basiswert verwendet.

r_f	:	risikoloser (stetiger) Zinssatz ³²⁸
σ_T	:	annualisierte Standardabweichung der Rendite des DAX, (geschätzt als historische Volatilität ³²⁹)

Daraus werden die Modellwerte (MW_t) über den entsprechenden BS- bzw. BAW-Ansatz berechnet³³⁰ und mit den erhobenen Marktpreisen³³¹ (MP_t) verglichen.

5.3.1 Optionsscheine und Optionsscheinkurse

Untersucht werden alle im Zeitraum 01.02.2001 bis 28.02.2002 an der Stuttgarter Wertpapierbörse für Optionsscheine EUWAX gelisteten Plain-Vanilla-(Standard-) Optionsscheine auf den Deutschen Aktienindex DAX (Performanceindex).³³² Dabei wurde pro Tag und Optionsschein jener Kurs zeitgenau manuell ermittelt, zu dem der jeweils größte Tagesumsatz stattfand. Bei umsatzlosen Tageskursen wurden die Notierungen um 13.30 Uhr betrachtet.

Der im Vergleich zu früheren Untersuchungen relativ kurze Beobachtungszeitraum scheint dahingehend gerechtfertigt zu sein, dass die Anzahl der ausgewählten Scheine jene bisheriger Untersuchungen dennoch weit übersteigt. Dem boomenden Markt für Optionsscheine, insbesondere für Aktienindexscheine, und der damit verbundenen großen Emissionsfreudigkeit der emittierenden Häuser, ist es zu verdanken, dass die Analyse trotz des nur 13-monatigen Zeitraums über eine entsprechend ausreichende Breite verfügt.³³³

³²⁸ Zur Wahl des risikolosen Zinssatzes siehe Abschnitt 5.3.3

³²⁹ Zur Berechnung der historischen Volatilität siehe Abschnitt 5.3.4

³³⁰ Für die Bestimmung der BAW-Werte für die amerikanischen Puts wurde der Näherungsalgorithmus, wie von Barone-Adesi/Whaley (1987), S. 309-310, vorgeschlagen, in Visual Basic programmiert.

³³¹ Unter Berücksichtigung des jeweiligen Bezugsverhältnisses werden die Marktpreise auf eine ganze Einheit des Basiswertes normiert.

³³² Die Daten der Optionsscheine wurden, getrennt nach Stammdaten und Kursnotierungen, von der Onvista AG kostenfrei zur Verfügung gestellt. Die Aufbereitung und Fehlerbereinigung erfolgte unter Zuhilfenahme einer eigens geführten Kursdatenbank. Dabei wurden jedem vorliegenden Kurs anhand seiner WKN die zugehörigen und für die Analyse bedeutsamen Daten wie Typ, Basispreis, Bezugsverhältnis und Zeitpunkt der Fälligkeit manuell zugeordnet.

³³³ Zudem ist anzumerken, dass aufgrund der enormen Anzahl an Optionsscheinen und der damit verbundenen Kapazitätsengpässe bei der Datensicherung kommerzieller Kurslieferanten Stamm- wie auch Kursdaten ausgelaufener Optionsscheinserien i. d. R. nach kurzer Zeit aus den Datenbeständen gelöscht werden und somit auch hier für eine weitreichendere Analyse nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung standen.

Tab. 5.1 gibt die Anzahl der in die Untersuchung aufgenommenen Optionsscheine sowie die zur Verfügung stehenden Kurse, getrennt nach Calls und Puts amerikanischer und europäischer Art, wieder. Ergänzend werden die absoluten Häufigkeiten der analysierten Optionsscheine, getrennt nach Emittenten, in Abb. 5.1 dargestellt.³³⁴

Ausübungsart	Calls		Puts		Gesamt	
	OS	Kurse	OS	Kurse	OS	Kurse
Amerikanische Art	1.095	100.067	661	64.668	1.756	164.735
Europäische Art	174	9.668	122	7.012	296	16.680
Gesamt	1.269	109.735	783	71.680	2.052	181.415

Tab. 5.1: Absolute Häufigkeiten der untersuchten Optionsscheine und Optionsscheinkurse

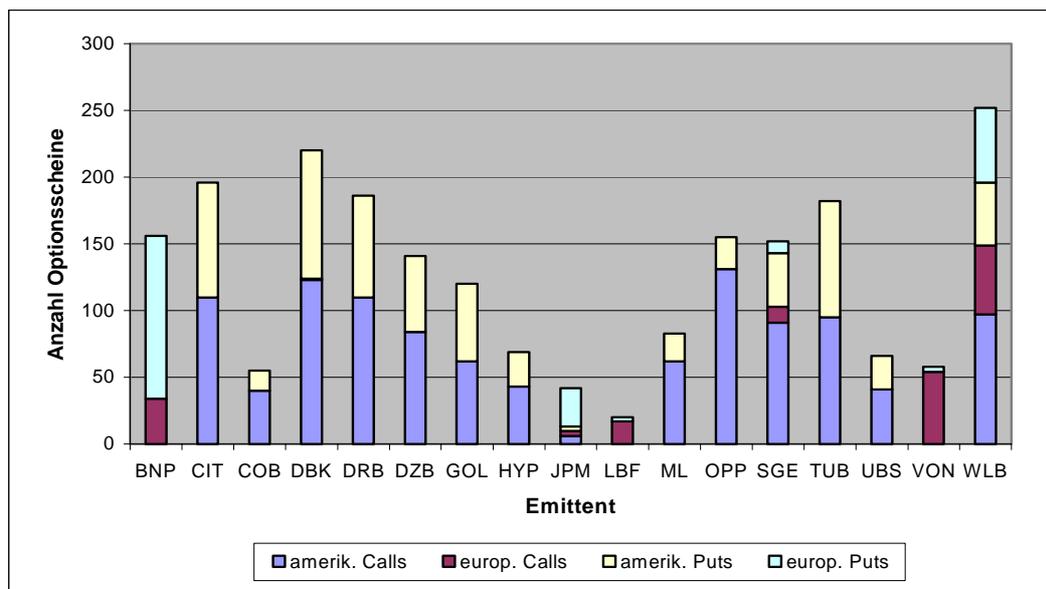


Abb. 5.1: Absolute Häufigkeiten der untersuchten Optionsscheine nach Emittent

Deutlich wird der enorm große Anteil an Optionsscheinen amerikanischer Art mit 86,23% bei den Calls und 74,77% bei den Puts, welcher ihrer Vormachtstellung auf dem deutschen Optionsscheinmarkt gerecht wird. Trotz der vernachlässigbar kleinen Anzahl europäischer Scheine, finden diese aber gerade im Hinblick auf

³³⁴ Es sei erwähnt, dass die untersuchten Optionsscheine keine Vollerhebung der in diesem Zeitraum an der EUWAX gelisteten DAX-Standard-Optionsscheine darstellen. Aufgrund von fehlerhaften Daten musste ausgehend von insgesamt 1.176 amerik. DAX-Calls eine Datenreduktion um 6,89% in Kauf genommen werden. Bei den amerik. Puts beläuft sich der Datenverlust auf lediglich 2,3%. Für die Scheine mit europ. Ausübung ergaben sich Verluste von 3,33% bei den Calls und 2,19% bei den Puts.

die unterschiedlichen Bewertungsansätze bei Verkaufsoptionsscheinen in den nachfolgenden Analysen explizit Berücksichtigung.

Die konkreten emittentenspezifischen Häufigkeiten der untersuchten Optionsscheine bzw. Optionsscheinkurse geben die Tab. 5.2 und 5.3 wieder.

<i>Emittenten</i>	<i>Calls</i>			<i>Puts</i>		
	<i>Amerik.</i>	<i>Europ.</i>	<i>Gesamt</i>	<i>Amerik.</i>	<i>Europ.</i>	<i>Gesamt</i>
Bank Vontobel (VNT)	-	54	54	-	56	56
BNP Paribas (BNP)	-	34	34	-	29	29
Citibank (CIT)	110	-	110	86	-	86
Commerzbank (COB)	40	-	40	15	-	15
Deutsche Bank (DB)	123	1	124	96	-	96
Dresdner Bank (DRB)	110	-	110	76	-	76
DZ Bank (DZB)	84	-	84	57	-	57
Goldman Sachs (GOL)	62	-	62	58	-	58
HSBC Trinkaus & Burkhardt (TB)	95	-	95	87	-	87
HypoVereinsbank (HYP)	43	-	43	26	-	26
JPMorgan (JPM)	6	4	10	3	3	6
Lehman Brothers (LBF)	-	17	17	-	9	9
Merrill Lynch (ML)	62	-	62	21	-	21
Sal. Oppenheim (OPP)	131	-	131	24	-	24
Société Générale (SGE)	91	12	103	40	4	49
UBS Warburg (UBS)	41	-	41	25	-	25
WestLB Panmure(WLB)	97	52	149	47	21	68
<i>Gesamt</i>	<i>1.095</i>	<i>174</i>	<i>1.269</i>	<i>661</i>	<i>122</i>	<i>783</i>

Tab. 5.2: Emittentenspezifische Aufteilung der untersuchten Optionsscheine

<i>Emittenten</i>	<i>Calls</i>			<i>Puts</i>		
	<i>Amerik.</i>	<i>Europ.</i>	<i>Gesamt</i>	<i>Amerik.</i>	<i>Europ.</i>	<i>Gesamt</i>
Bank Vontobel (VNT)	-	2.478	2.478	-	2.602	2.602
BNP Paribas (BNP)	-	3.519	3.519	-	2.811	2.811
Citibank (CTB)	10.562	-	10.562	8.448	-	8.448
Commerzbank (COB)	2.661	-	2.661	1.281	-	1.281
Deutsche Bank (DB)	10.894	253	11.147	8.119	-	8.119
Dresdner Bank (DRB)	9.362	-	9.362	6.645	-	6.645
DZ Bank (DZB)	9.678	-	9.678	6.425	-	6.425
Goldman Sachs (GOL)	4.712	-	4.712	4.365	-	4.365
HSBC Trinkaus & Burkhardt (TB)	10.758	-	10.758	9.315	-	9.316
HypoVereinsbank (HYP)	4.112	-	4.112	2.506	-	2.506
JPMorgan (JPM)	426	284	710	213	213	213
Lehman Brothers (LBF)	-	900	900	-	516	516
Merrill Lynch (ML)	4.618	-	4.618	1.469	-	1.469
Sal. Oppenheim (OPP)	8.514	-	8.514	2.110	-	2.110

Société Générale (SGE)	9.999	240	10.239	4.001	80	4.081
UBS Warburg (UBS)	2.904	-	2.904	2.358	-	2.358
WestLB (WLB)	10.867	1.994	12.861	7.413	790	8.203
<i>Gesamt</i>	<i>100.067</i>	<i>9.668</i>	<i>109.735</i>	<i>64.668</i>	<i>7.012</i>	<i>71.680</i>

Tab. 5.3: Emittentenspezifische Aufteilung der untersuchten Optionsscheinkurse

Die Basispreisspannen reichen bei den amerikanischen Calls von 3.000 bis 13.000 DAX-Punkten, wobei bei insgesamt 75 unterschiedlichen Strikes die zwei häufigsten Basispreise 5.000 und 6.000 einen Anteil von zusammen 11,33% aufweisen (vgl. Abb. 5.2a). Eine etwas weniger breite Spanne zeigt sich bei den Strikes der europäischen Calls (vgl. Abb. 5.2b). 40 unterschiedliche Basispreise reichen von 3.600 bis 10.000 und weisen bei 5.000 und 5.400 mit zusammen 18,39% ihre größten Anteile auf.

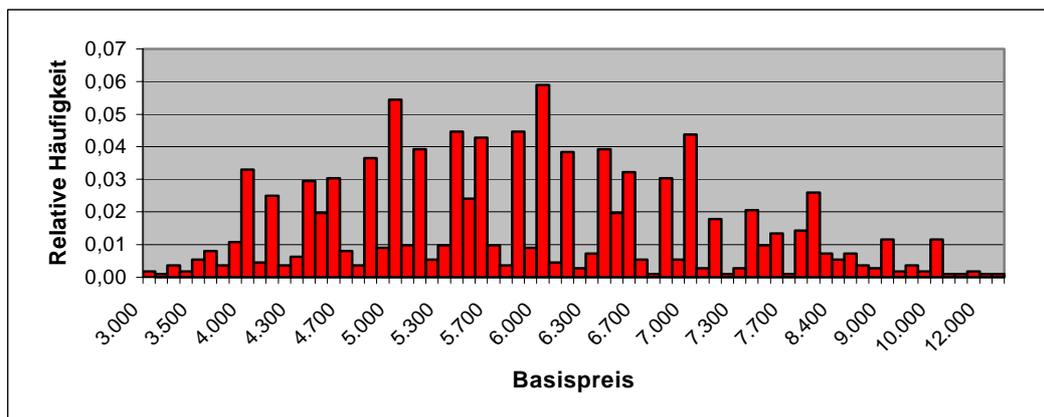


Abb. 5.2a: Relative Häufigkeiten der Basispreise amerik. Calls

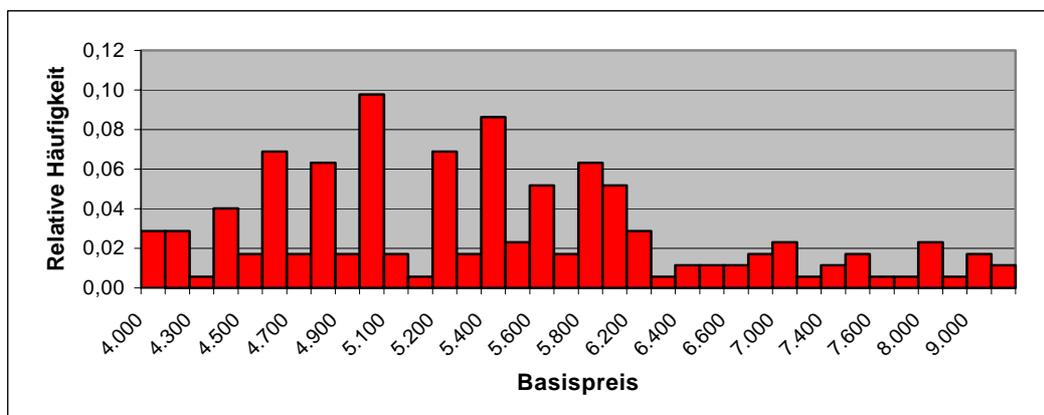


Abb. 5.2b: Relative Häufigkeiten der Basispreise europ. Calls

Bei den Puts ergeben sich ähnlich große Spannweiten. Die amerikanischen Puts sind mit 60 verschiedenen Basispreisen von 2.000 bis 8.200 vertreten. Die europäischen Puts reichen immerhin noch von 3.500 bis 7.200 bei insgesamt 32 verschiedenen Strikes. In beiden Gruppen ist wiederum der häufigste Basiswert 5.000 (vgl. Abb. 5.3a und 5.3b).

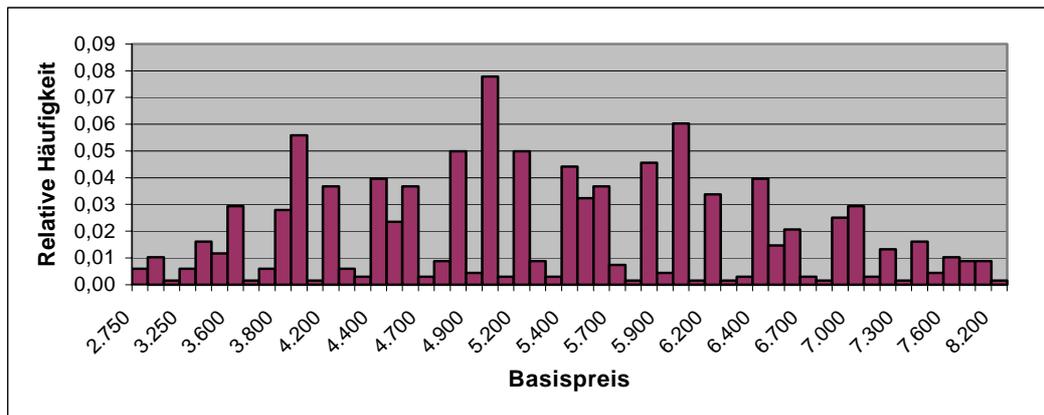


Abb. 5.3a: Relative Häufigkeiten der Basispreise amerik. Puts

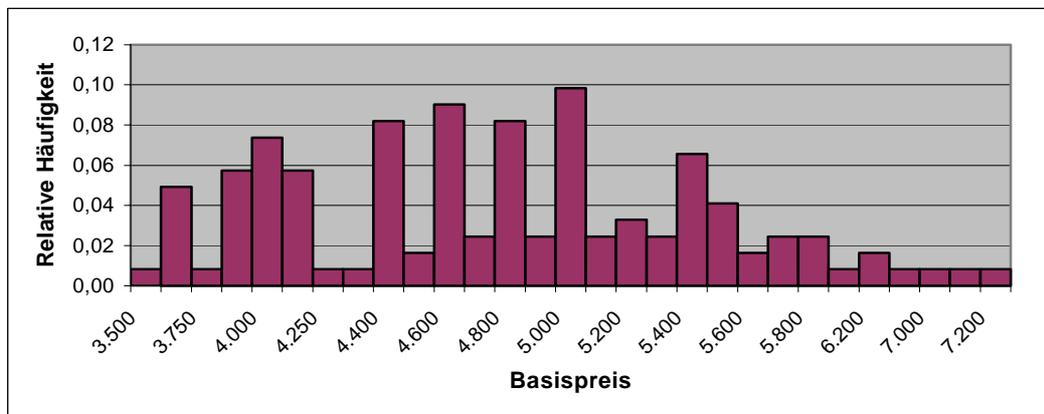


Abb. 5.3b: Relative Häufigkeiten der Basispreise europ. Puts

5.3.2 Deutscher Aktienindex DAX

Für den Basiswert DAX stehen alle Tagesschlusskurse für den Zeitraum vom 02.01.1990 bis 31.07.2002 zur Verfügung (vgl. Abb. 5.4). Auf Grundlage dieser Datenbasis wird später in Abschnitt 6.1 die zentrale Verteilungsannahme des Black/Scholes-Modells überprüft.

Aus den für den Untersuchungszeitraum (01.02.2001 bis 28.02.2002) vorliegenden Intraday-Kursen des DAX wurden zeitsynchron die zu den erhobenen Optionsscheinkursen korrespondierenden Notierungen ermittelt und verwendet. Der Verlauf dieser Kurse ist für die Untersuchungsphase in Abb. 5.5 dargestellt. Tab. 5.4 gibt zudem eine kurze Beschreibung dieser Phase wieder, ohne dem Anspruch einer eingehenden technischen Analyse genügen zu wollen.

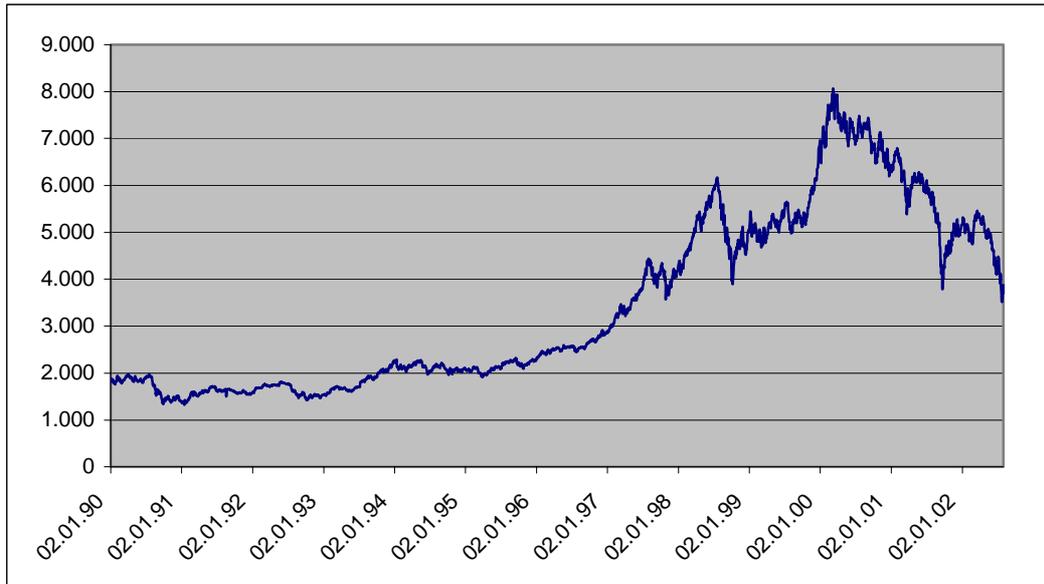


Abb. 5.4: DAX-Tagesschlusskurse vom 02.01.1990 bis 31.07.2002

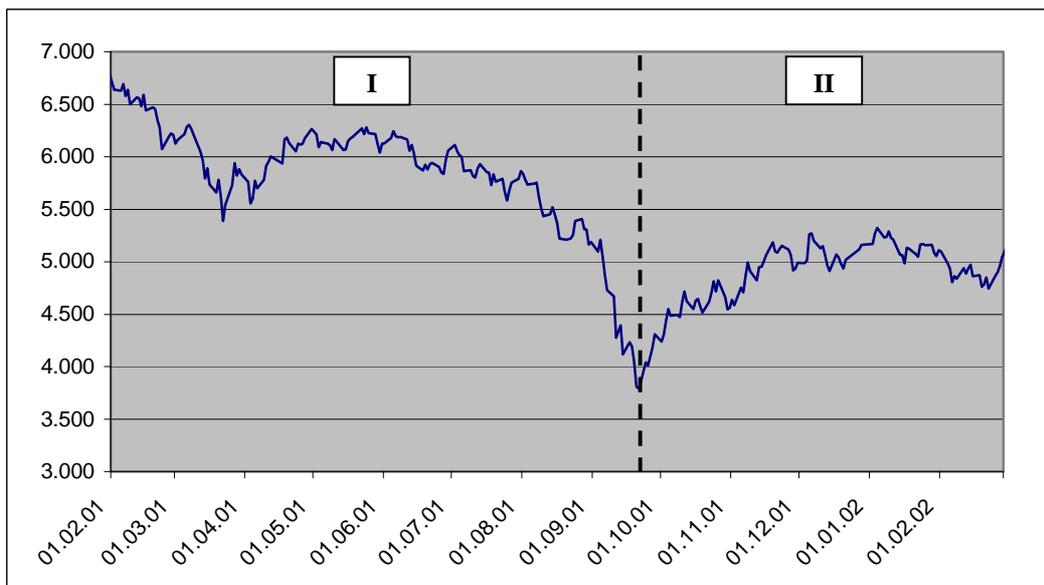


Abb. 5.5: Kursverlauf des DAX im Untersuchungszeitraum

<i>Untersuchungszeitraum</i>	<i>Index-Stand</i>	<i>Beschreibung des Kursverlaufs</i>
01.02.2001 bis 28.02.2002	Beginn: 6.704,68 Ende: 5.039,08 Minimum: 3.787,23 Maximum: 6.704,68 Spannweite: 2.917,45	Ausschnitt aus einem seit März 2000 bestehenden und bis über den Beobachtungszeitraum hinaus reichenden mittelfristigen Abwärtstrend (mit einer Beschleunigung des Kursverfalls durch die Ereignisse des 11.09.2001) bis zum Niveau der seit 1988 bestehenden ultralangfristigen Aufwärtstrendgeraden (Phase I) und einer anschließenden Stabilisierungsphase mit mehrmonatigem Seitwärtstrend (Phase II) bei Gesamtkursverlusten von 1.665,6 Punkten (24,84%).

Tab. 5.4: Beschreibung des DAX-Kursverlaufs während der Untersuchungsphase

Ein Anmerkung zur Kursentwicklung sei an dieser Stelle im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand noch angebracht. In einer seit März 2000 anhaltenden und intakten Abwärtsbewegung stehen gerade jene Optionsscheine im berechtigten Interesse, die von einem solchen Kursverlauf profitieren. So dürften DAX-Puts bei den Investoren gerade in diesen Zeiten stark im Trend liegen, weshalb deren Analyse im Hinblick auf Bewertungsabweichungen besonders interessant zu sein scheint.

5.3.3 Risikoloser Zinssatz

Als risikoloser Zinssatz für die Geldanlage bzw. -aufnahme werden für Laufzeiten bis zwölf Monaten die EURIBOR-Zinssätze als quasi-risikolose Interbankensätze verwendet. Der EURIBOR (European Interbank Offered Rate) löste Anfang 1999 den bis dato gültigen FIBOR (Frankfurt Interbank Offered Rate) als europäischer Referenzzins für Geldmarktgeschäfte der Banken ab. Es liegen die 1- bis 12-Monats-EURIBOR-Zinssätze für den Beobachtungszeitraum 01.02.2001 bis 28.02.2002 vor (vgl. Abb. 5.6a). Für Laufzeiten über einem Jahr werden Zinssätze für hypothetische Null-Kupon-Anleihen des Rentenmarktes verwendet. Diese liegen für Laufzeiten von einem, zwei, drei, vier und fünf Jahren vor (vgl. Abb. 5.6b).³³⁵ Für dazwischen liegende Restlaufzeiten wurden die entsprechenden Zinssätze linear interpoliert.

³³⁵ Alle Zinsdaten standen als abrufbare Zeitreihen von der Deutschen Bundesbank kostenlos zur Verfügung. Vgl. Deutsche Bundesbank (2002).

Am 08.11.2001 wird mit 2,99% beim 12-Monats-EURIBOR-Satz das Zinstief innerhalb der Beobachtungsphase erreicht. Alle Sätze bewegen sich in einer Spanne zwischen 4,90% (Stand des 1-Monats-EURIBOR am 18.04.2001) und dem angegebenen Tiefpunkt. Ähnlich erweist sich die Zinsentwicklung der langfristigen Anleihen. Hier verlaufen die Sätze in einer Bandbreite von 2,97% bis 4,82%.

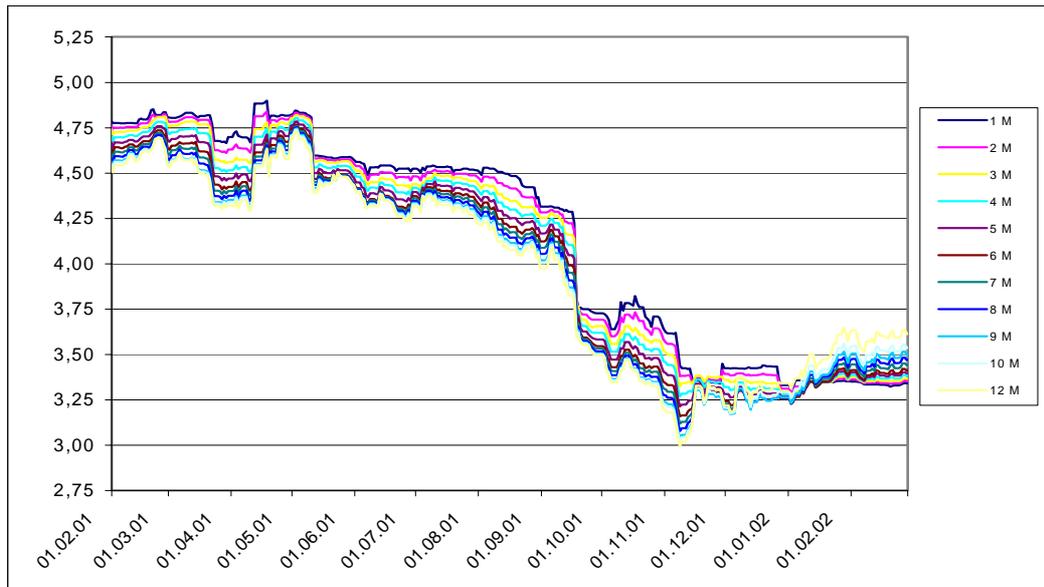


Abb. 5.6a: Zinsentwicklung des EURIBOR im Untersuchungszeitraum (in %)

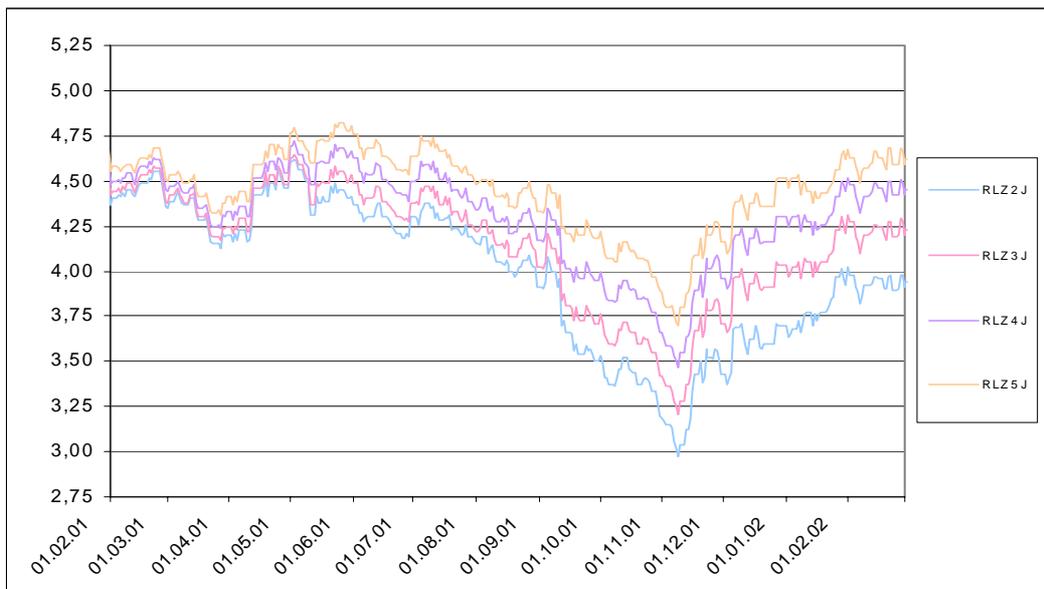


Abb. 5.6b: Zinsentwicklung hypothetischer Null-Kupon-Anleihen des Rentenmarktes im Untersuchungszeitraum (in %)

5.3.4 Zukünftige Volatilität

Als einzig nicht beobachtbare Größe, die in das Black/Scholes-Modell eingeht und zudem den größten Einfluss auf die Wertermittlung hat, kommt der Volatilität besondere Bedeutung zu. Sie soll die zukünftigen Kursschwankungen des Basiswertes widerspiegeln. Als Prognosemöglichkeit bietet sich, neben der impliziten, die historische Volatilität an.³³⁶

Als Volatilitätsschätzer dienen in dieser Arbeit die historischen Volatilitäten, ermittelt über die annualisierten Standardabweichungen der (stetigen) DAX-Renditen, betrachtet über unterschiedlich lange Stützräume.³³⁷

Die historische Volatilität zum Zeitpunkt t wird für spezielle Annualisierungs- und Beobachtungszeiträume wie folgt berechnet, wobei neben dem aktuellen Beobachtungswert auch die zurückliegenden $n_R - 1$ Beobachtungen mitein gehen. Es resultiert somit als gleitender Volatilitätsschätzer

$$\hat{\sigma}_t^{hist} = \sqrt{AF \cdot \frac{1}{n_R - 1} \sum_{i=t-n_R+1}^t \left(R_i - \frac{1}{n_R} \sum_{i=t-n_R+1}^t R_i \right)^2} \quad (n_R \leq t-1) \quad (5-1)$$

mit AF : Annualisierungsfaktor (i. d. R. 250 bei Handelstagen bzw. 365 bei Kalendertagen),

R_t : (stetige) Rendite des DAX zum Zeitpunkt t mit

$$R_t = \ln \left(\frac{I_t^{DAX}}{I_{t-1}^{DAX}} \right),$$

I_t^{DAX} : DAX-Kurs zum Zeitpunkt t ,

n_R : Anzahl der eingeschlossenen Renditen (Beobachtungszeitraum),

³³⁶ Vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 4.1.6.

³³⁷ Der Mehrzahl der bisherigen Untersuchungen folgend, wird die implizite Volatilität aufgrund einer fehlenden Basis an am-Geld-notierender Scheine, welche als Grundlage für die Berechnung dienen, nicht verwendet. Vgl. hier insbesondere die Übersicht zu entsprechenden Untersuchungen bei Thiel (2001), S. 135-148.

Subjektiv festzulegen und damit problematisch ist die Länge des Zeitintervalls n_R . Während längere Stützräume zu einer Entzerrung und damit zur Stabilisierung der Volatilität beitragen, wirft die Wahl eines zu großen Stichprobenumfangs die berechnete Frage auf, ob derart weit zurückliegende Daten noch Einfluss auf die aktuelle Volatilität haben. Es werden daher für die empirischen Untersuchungen die 30-, 60-, 90- und 120-Tage-Volatilitäten, jeweils annualisiert mit 250 bzw. 365 Tagen, aus den vergangenen DAX-Kursen bestimmt.³³⁸

Da die 365-Tage-Volatilität stets um $\sqrt{\frac{365}{250}} - 1 = 20,83\%$ größer ist als der entsprechende Wert der 250-Tage-Volatilität, wird bei der Darstellung des Verlaufs der historischen Volatilitäten im Untersuchungszeitraum (Abb. 5.7) auf sie verzichtet.³³⁹

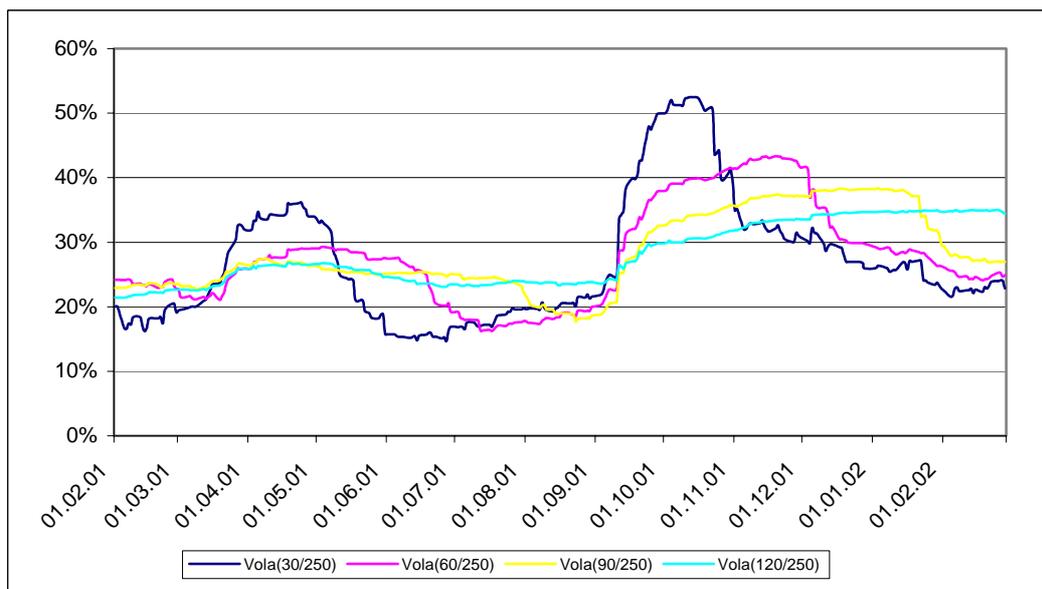


Abb. 5.7: Historische 250-Tage-Volatilitäten des DAX im Untersuchungszeitraum

³³⁸ In der überwiegenden Zahl empirischer Untersuchungen wurde festgestellt, dass der Renditegenerierungsprozess eher den Handels- als den Kalendertagen folgt. Vgl. bspw. Hull (1997), S. 247-249; Hill (1990), S. 156-157; Müller-Möhl (1989), S. 103-104. Dennoch werden hier, dem Beispiel Thiel (2001), S. 169-171, folgend, die Berechnungen zunächst für beide Alternativen, also für Handels- und Kalendertage als Annualisierungszeiträume durchgeführt.

³³⁹ Für die Volatilitäten werden im Folgenden kurz die Bezeichnungen $Vola(n_R/AF)$ verwendet. So beschreibt bspw. $Vola(30/250)$ die historische Volatilität der letzten 30 Tagen auf Basis von 250 Handelstagen.

Auffallend sind hier vor allem die extrem hohen Volatilitäten nach den Ereignissen des 11. Septembers 2001. Der infolge der Terroranschläge an den Börsen enorm starke und beschleunigte Kursrutsch (nicht nur des DAX) äußert sich, insbesondere bei der 30-Tage-Volatilität, in hohen Ausschlägen und entsprechend geringer Verzögerung. Klar ist auch, dass die Verzögerungen, mit der sich die Auswirkungen dieses „exogenen Schocks“ in der Volatilität niederschlagen, mit der Zunahme der betrachteten Stützraume zu- sowie die Ausschläge (also die Höhe der Volatilität) aufgrund der erhöhten Anzahl an eingehenden Beobachtungen insgesamt abnehmen.

Tab. 5.5 gibt Aufschluss über die wichtigsten deskriptiven Kennzahlen der verwendeten Volatilitäten im Untersuchungszeitraum.

<i>Parameter</i>	<i>250-Tage-Volatilität</i>				<i>365-Tage-Volatilität</i>			
	<i>30 Tage</i>	<i>60 Tage</i>	<i>90 Tage</i>	<i>120 Tage</i>	<i>30 Tage</i>	<i>60 Tage</i>	<i>90 Tage</i>	<i>120 Tage</i>
<i>Mittelwert</i>	0,2705	0,2785	0,2822	0,2799	0,3268	0,3365	0,3410	0,3382
<i>Std.abw.</i>	0,0974	0,0769	0,0596	0,0469	0,1177	0,0929	0,0721	0,0566
<i>Schiefte</i>	1,0509	0,5718	0,3932	0,3617	1,0509	0,5718	0,3932	0,3617
<i>Kurtosis</i>	0,4624	-0,6366	-1,0325	-1,5147	0,4624	-0,6366	-1,0325	-1,5147
<i>Minimum</i>	0,1469	0,1625	0,1766	0,2164	0,1774	0,1963	0,2134	0,2615
<i>Maximum</i>	0,5250	0,4331	0,3837	0,3503	0,6344	0,5233	0,4636	0,4233

Tab. 5.5: Deskriptive Statistik der historischen Volatilitäten des DAX im Untersuchungszeitraum

Die durchschnittliche historische Volatilität auf Handeltagebasis schwankt dabei im Untersuchungszeitraum zwischen 14,7% und 52,5% für eine dreißigtägige Basis um einen Mittelwert von 27,05%. Geringfügig höhere Mittelwerte stellen sich für längere Beobachtungszeiträume ein. Generell fällt die Volatilität auf Kalendertagebasis bei allen Beobachtungszeiträumen wie erwartet höher aus.

Aus dieser Feststellung lässt sich bereits darauf schließen, dass die entsprechenden Abweichungen zwischen Modellwert und Marktpreis, die es in Kapitel 7 zu untersuchen gilt, aufgrund des mit einem höheren Wert des Volatilitätsschätzers verbundenen höheren Optionsmodellwert tendenziell in gleicher Richtung zunehmen werden.

6 Voruntersuchungen zu Renditeverteilung und Wertgrenzen

6.1 Analyse der Verteilung der DAX-Renditen

Zur Überprüfung der zentralen Verteilungsannahme des Black/Scholes-Modells hinsichtlich des zugrundeliegenden Underlyings (normalverteilte stetige Renditen bzw. lognormalverteilte Kurse) werden im Folgenden auf Basis verschiedener DAX-Renditen (Tab. 6.1) visuelle und statistische Verfahren durchgeführt.

<i>Untersuchte Renditen</i>	<i>Kursbasis</i>	<i>Zeitraum</i>	<i>Anzahl der Beobachtungen</i>
<i>Monatsrenditen (I)</i>	monatl. Schlusskurse	Jan. 1960 – Juli 2002	511
<i>Tagesrenditen (II)</i>	Tagesschlusskurse	02.01.1990 – 31.07.2002	3.159
<i>Tagesrenditen in der Untersuchungsphase (III)</i>	Tagesschlusskurse	01.02.2001 – 28.02.2002	273

Tab. 6.1: Beschreibung untersuchter DAX-Renditezeitreihen

6.1.1 Verteilungsparameter

Für die in Tab. 6.1 enthaltenen Renditezeitreihen erfolgt zunächst die Ermittlung von beschreibenden Kenngrößen (Tab. 6.2). Die ermittelten Werte für Schiefe und Kurtosis (bzw. Exzess) geben bereits erste Anhaltspunkte für einen späteren Vergleich mit der unterstellten Normalverteilung. Es handelt sich hierbei um Momente einer Verteilung, deren Eigenschaften und Aussagekraft im nachfolgend kurz zusammengestellt werden.

Schiefe: Maßzahl für die Symmetrie einer Verteilung (3. zentrales Moment, normiert auf die 3. Potenz der Standardabweichung);

$$\zeta = \frac{E(x - \mu)^3}{\sigma^3} \begin{cases} < 0 & \text{linksschiefe bzw. rechtssteile Verteilung} \\ = 0 & \text{symmetrische Verteilung} \\ > 0 & \text{rechtsschiefe bzw. linkssteile Verteilung} \end{cases} ; \quad (6-1)$$

Kurtosis: Maßzahl für die Steilheit einer Verteilung und die Dicke ihrer Enden (4. zentrales Moment, normiert auf die 4. Potenz der Standardabweichung);

$$\kappa = \frac{E(x - \mu)^4}{\sigma^4}; \tag{6-2}$$

daraus abgeleitet der

Exzess: Maßzahl für die Abweichung der Wölbung gegenüber der Normalverteilung;

$$\kappa_e = \kappa - 3 = \frac{E(x - \mu)^4}{\sigma^4} - 3 \quad \begin{cases} < 0 & \text{platykurtische Verteilung} \\ = 0 & \text{mesokurtische Verteilung;} \\ > 0 & \text{leptokurtische Verteilung} \end{cases} \tag{6-3}$$

Für eine normalverteilte Grundgesamtheit ergeben sich die Werte: $\zeta = 0$, $\kappa = 3$ bzw. $\kappa_e = 0$.

<i>Parameter</i>	<i>Monatsrenditen (I)</i>	<i>Tagesrenditen (II)</i>	<i>Tagesrenditen in der Untersuchungsphase (III)</i>
<i>Beobachtungsanzahl</i>	511	3.159	273
<i>Minimum</i>	-0,24228982	-0,09873147	-0,08874672
<i>Maximum</i>	0,16563126	0,07552700	0,06428550
<i>Spannweite</i>	0,40792107	0,17425847	0,15303223
<i>Mittelwert</i>	0,00426839	0,00022559	-0,00109518
<i>Median</i>	0,00496833	0,00072922	-0,00108357
<i>Standardabweichung</i>	0,05464204	0,01378957	0,01834575
<i>Varianz</i>	0,00298581	0,00019015	0,00033657
<i>Schiefte</i>	-0,395	-0,387	-0,346
<i>Kurtosis</i>	3,627	7,129	5,187
<i>Exzess</i>	1,627	4,129	2,187

Tab. 6.2: Deskriptive Analyse der DAX-Renditen

Festzustellen sind für alle drei untersuchten Renditereihen Mittelwerte sehr nahe bei null. Die maximalen Ausschläge nach unten sind durchweg größer als die nach oben. Die Schiefewerte sind alle leicht negativ, was auf asymmetrische, linksschiefe Verteilungen hindeutet. Auch zeigen die Werte für die Wölbung auf eher leptokurtische Verteilungen hin, d. h. im Gegensatz zur Normalverteilung

besitzen diese Verteilungen eine größere Häufigkeit von Werten mit Renditen um null und mehr Werte an den Enden (fat tails).³⁴⁰

6.1.2 Visuelle Prüfverfahren

Quantile-Quantile (Q-Q)-Plots stellen den Quantilswerten der beobachteten empirischen Verteilung auf der Abszisse die Quantile der Standardnormalverteilung auf der Ordinate gegenüber. Als ergänzende Darstellung dienen die trendbereinigten Q-Q-Plots. Sie geben die entsprechenden absoluten Abweichungen der empirischen von den zu erwartenden Quantilen der Standardnormalverteilung wieder. Für eine vorliegende Normalverteilung lägen damit alle Beobachtungspunkte auf der eingezeichneten Geraden. Für alle drei DAX-Renditegruppen werden die entsprechenden Plots (Abb. 6.1a, 6.1b, 6.1c) noch ergänzt durch Histogramme der beobachteten Renditedaten mit zusätzlich eingezeichnetem Verlauf der entsprechenden Normalverteilung (Abb. 6.2).

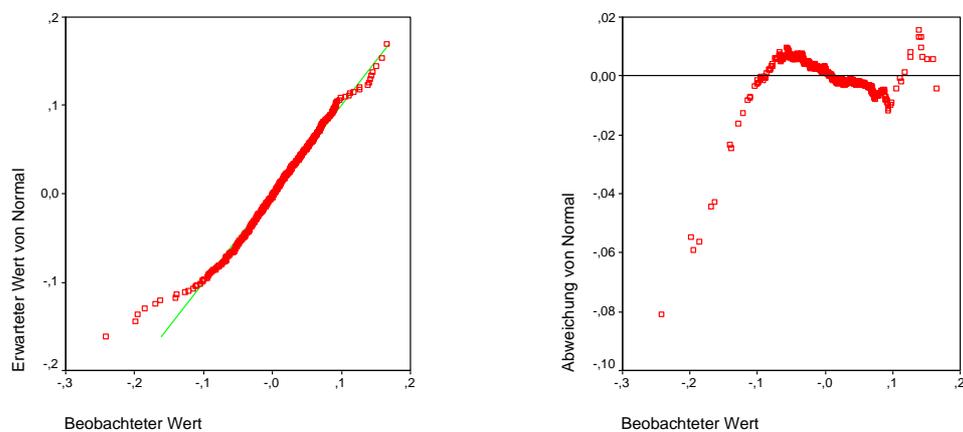


Abb. 6.1a: Q-Q- und trendbereinigtes Q-Q-Plot von Monatsrenditen (I)

³⁴⁰ Die Beobachtung relativ vieler großer positiver und negativer Renditen wird – zurückgehend auf Mandelbrot (1972) – auch als NOAH-Effekt bezeichnet. Vgl. Andres (1998), S. 11.

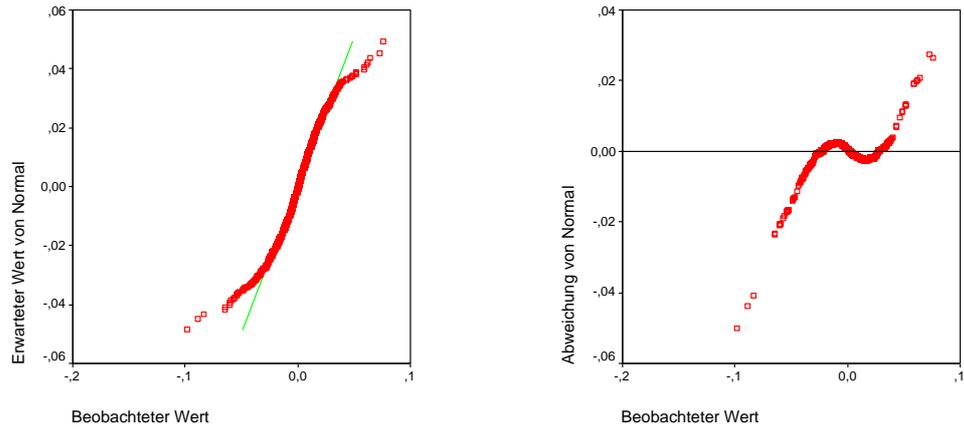


Abb. 6.1b: Q-Q- und trendbereinigtes Q-Q-Plot von Tagesrenditen (II)

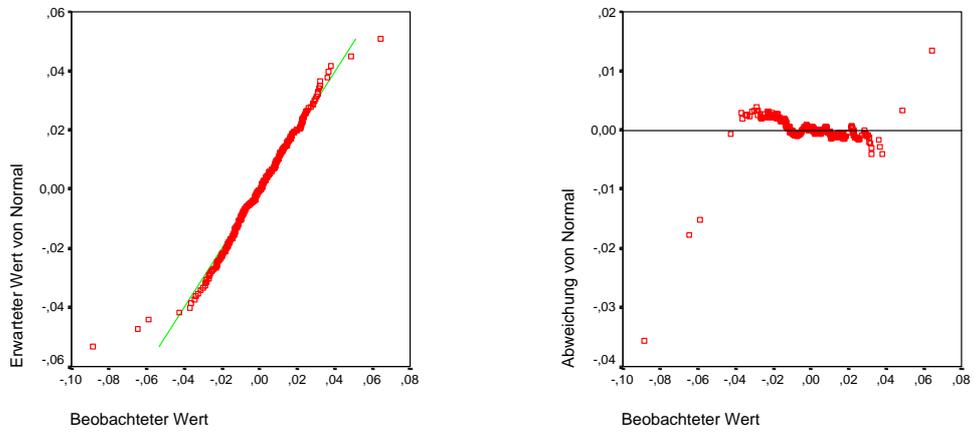


Abb. 6.1c: Q-Q- und trendbereinigtes Q-Q-Plot von Tagesrenditen in der Untersuchungsphase (III)

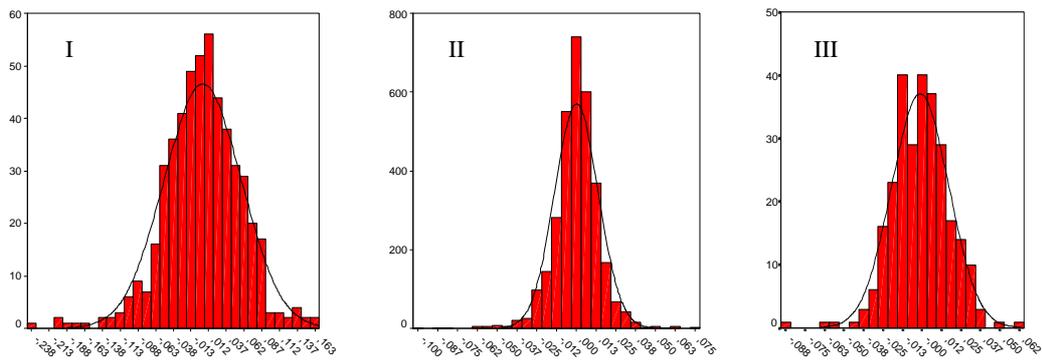


Abb. 6.2: Histogramme der untersuchten DAX-Renditen mit Normalverteilungsverlauf

Hier werden die Abweichungen von der Normalverteilung deutlich sichtbar. Bei den Monatsrenditen ergeben sich große Abweichungen an den Rändern, verstärkt

im negativen Renditebereich, was zu einem Schiefewert kleiner null führt. Auch ist die Wahrscheinlichkeitsdichte im Bereich mit sehr kleinen Renditen und an den Enden sowie die geringere Häufigkeit im Zwischenbereich in dem dargestellten Histogramm gut zu erkennen. Ähnlich lassen sich die Abbildungen auf Basis der Tagesrenditen interpretieren. Bei den langfristigen Renditen ist die größte Wölbung festzustellen. Der typisch für leptokurtische Verteilungen S-förmige Verlauf der Q-Q-Plots ist hier am auffälligsten. Speziell im Untersuchungszeitraum fallen die Häufungen an den Enden, also relativ große Renditeauf- und -abschläge auf. Zurückzuführen ist dieser Effekt auf die enormen Kurssprünge des DAX nach den Ereignissen des 11. September 2001.

6.1.3 Tests auf Normalverteilung

Hierfür wird zum einen der Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Test) bei einer Stichprobe durchgeführt. Der verteilungsfreie KS-Test zielt ab auf den Vergleich der beobachteten kumulativen Verteilungsfunktion mit einer theoretischen Verteilung (hier: Normalverteilung). Als Prüfgröße Z dient der maximale absolute Abstand zwischen den verglichenen Verteilungen. Bei nicht vollspezifizierter Nullhypothese (d. h. die GG-Parameter sind unbekannt und eine Schätzung aus den Daten ist erforderlich), führt der KS-Test aber zu (extrem) konservativen Ergebnissen, d. h. die Gleichheitshypothese wird länger aufrecht erhalten als geboten. In diesem Fall erfolgt eine Modifizierung der kritischen Signifikanzwerte (Lilliefors-Test). Darüber hinaus dient als zusätzlicher parametrischer Test der Jarque-Bera-Test (JB-Test). Seine Teststatistik basiert lediglich auf den Schätzungen von Schiefe und Exzess.

<i>Untersuchte Renditen</i>	<i>Schiefe Exzess</i>	<i>Kolmogorov- Smirnov-Z</i>		<i>Lilliefors-PV</i>		<i>Jarque-Bera</i>	
		<i>Statistik</i>	<i>Sign.**</i>	<i>Statistik</i>	<i>Sign.</i>	<i>Statistik</i>	<i>Sign.</i>
<i>Monatsrenditen</i>	-0,395 1,627	0,962	0,312	0,043	0,027	56,64	0,000
<i>Tagesrenditen</i>	-0,387 4,129	3,330	0,000	0,059	0,000	2.244,55	0,000
<i>Tagesrenditen in der Untersuchungsphase</i>	-0,346 2,187	0,634	0,816	0,038	0,200*	54,44	0,000

* untere Grenze der echten Signifikanz

** asymptotische Signifikanz (zweiseitig)

Tab. 6.3: Ergebnisse der Renditeverteilungstests

Die Schiefe- und Exzesswerte sind in Tab. 6.3 nochmals aufgeführt. Aufgrund deren Ausprägungen, die alle auf linksschiefe, leptokurtische Verteilungen hinweisen, verwundert es nicht, dass der lediglich auf diese Verteilungsmomente aufbauende JB-Test bei allen Untersuchungen zur Ablehnung der Normalverteilungshypothese kommt, wobei dies am deutlichsten bei den langfristigen Tagesrenditen der Fall ist. Bei den Tagesrenditen der Beobachtungsphase kann die Normalverteilungsannahme aufgrund der Ergebnisse des KS-, aber auch der weniger konservativen Lilliefors-Korrektur jedoch nicht abgelehnt werden. Auch bei den Monatsrenditen kann der KS-Test und – wenn auch schwach signifikant – der Lilliefors-Test die Hypothese normalverteilter Renditen nicht signifikant verwerfen. Für die langfristigen Tagesrenditen über einen Zeitraum von über zwölf Jahren deuten aber alle Tests auf eine Ablehnung hin.³⁴¹

6.1.4 Varianz und Volatilität

Die Volatilität als Maß für die zukünftigen Kursschwankungen, meist geschätzt und errechnet als Standardabweichung vergangener Renditen oder auf der Grundlage impliziter Volatilitäten bestimmt, wird im Black/Scholes-Modell wegen des unterstellten Renditeprozesses als im Zeitablauf konstant angesehen.³⁴² Es wurde bereits angesprochen, dass diese Annahme im BS-Ansatz mit ein Hauptkritikpunkt war und auch weiterhin ist.

In Abb. 6.3 lässt sich, zumindest auf Grundlage der Tagesrenditen des DAX über einen langen Beobachtungszeitraum, die Zeitinkonsistenz der Volatilität erkennen. Das Auftreten von Volatilitäts-Clustern mit großen (kleinen) Renditen, die tendenziell auf große (kleine) Kursänderungen folgen, ist unübersehbar. Die Annahme der Unabhängigkeit der Renditen kann damit zumindest als zweifelhaft betrachtet werden.

³⁴¹ Diese Beobachtungen stehen im Einklang mit den bisherigen Untersuchungen zur Renditeverteilung bei Finanzmarktdaten auf dem deutschen Aktienmarkt. Vgl. bspw. die Ergebnisse der neueren Analysen von Thiel (2001) oder Lockert (1997).

Ein ausführlicher Überblick zu den Ergebnissen verschiedener Autoren aus den letzten 30 Jahren findet sich in diesem Zusammenhang bei Thiel (2001), S. 189.

³⁴² Vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 3.4.3.

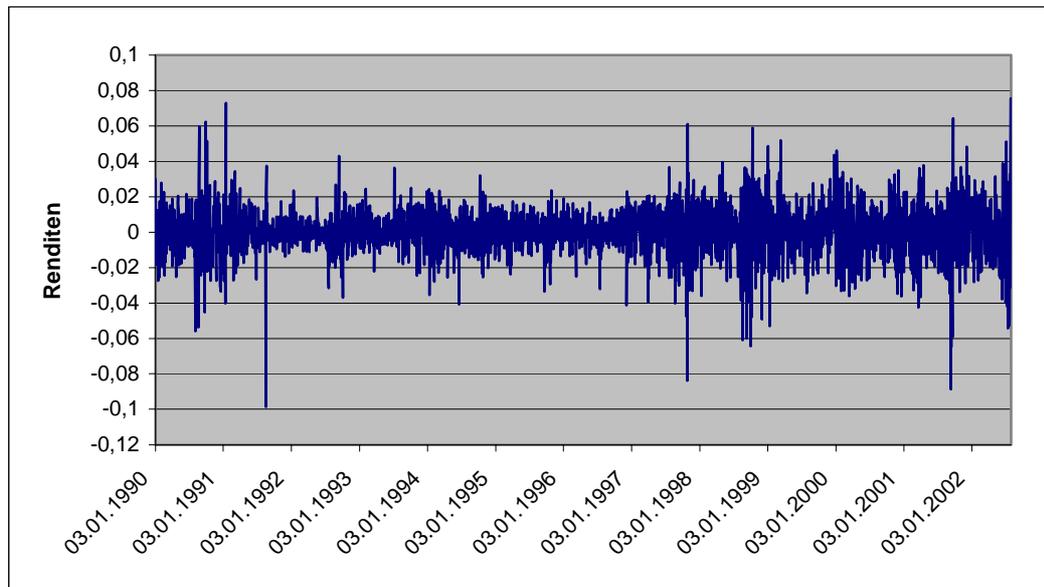


Abb. 6.3: Volatilitäts-Cluster bei den DAX-Tagesrenditen (II)

Lineare Abhängigkeiten (Korreliertheit) der Renditen lassen sich grafisch mit dem Korrelogrammen in Abb. 6.4a überprüfen. Für die vorliegende Zeitreihe der Tagesrenditen (II) zeigen sich für Lags bis 120 nur sieben signifikante Lags. D. h. nur sieben Korrelationskoeffizienten liegen außerhalb des aufgestellten 95%-Konfidenzintervalls. Betrachtet man dagegen das entsprechende Korrelogramm für die quadrierten Renditen, zeigen sich erhöhte Autokorrelationen, die bis zu Lag 42 die obere Grenze des entsprechenden 95%-Konfidenzintervalls übertreffen (Abb. 6.4b). Während somit für die Renditen keine signifikante lineare Abhängigkeiten festgestellt werden können, sind sie bei den quadrierten Renditen zu beobachten. Somit liegt der Schluss nahe, DAX-(Tages-)Renditen weisen nichtlineare Abhängigkeiten auf, die in Momenten höherer Ordnung, wie z. B. der Varianz, zum Ausdruck kommen. Dies weist auf den vermuteten Cluster-Effekt der Volatilität hin.³⁴³

³⁴³ Die Vorgehensweise, durch Vergleich der Autokorrelationen der Renditezeitreihe mit derjenigen der quadrierten Renditen, findet sich bspw. auch bei Engle/Bollerslev (1986), S. 22-24 oder Crouhy/Rockinger (1997), S. 6-8. Es wird jedoch i. d. R. zusätzlich ein entsprechender Vergleich mit den Autokorrelationen auf Basis der Renditebeträge durchgeführt. Auch für die hier untersuchte Zeitreihe ergeben sich hierbei, im Vergleich zur ursprünglichen Rendite, durchweg höhere Koeffizientenwerte, die sogar bis zu Lag 53 hohe Signifikanz aufweisen. Auf eine grafische Darstellung wird verzichtet.

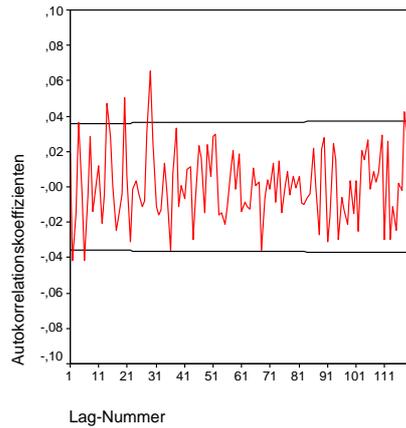


Abb. 6.4a: Korrelogramm der Tagesrenditen (II)

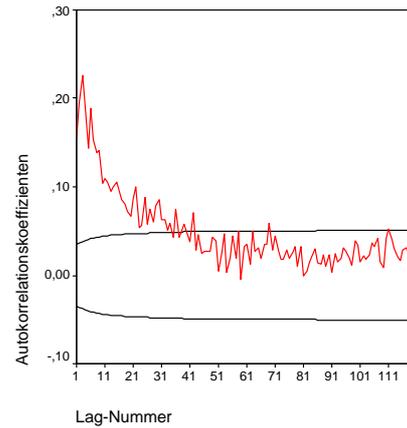


Abb. 6.4b: Korrelogramm der quadrierten Tagesrenditen (II)

Die auch hier beobachtete Eigenschaft der vorliegenden Zeitreihe hinsichtlich einer „Volatilität der Volatilität“ steht zwar grundsätzlich im Widerspruch zur BS-Annahme einer konstanten Volatilität der Renditen im Zeitablauf und könnte durch entsprechende „Volatilitäts-Modelle“ berücksichtigt werden.³⁴⁴ Für den hier betrachteten Untersuchungszeitraum ist allerdings von einer im Zeitablauf relativ konstanten Streuung der Renditen auszugehen. Bis auf die extremen Renditeausschläge zwischen dem 11. und 24.09.2001 (Kursrutsch infolge der Terroraktionen mit anschließender Überreaktion in entgegengesetzter Richtung) liegen die Renditen in einer Spanne von -4% bis 4%, ohne auffallende Cluster zu bilden. Ebenso scheint, angesichts der relativ geringen Restlaufzeiten der zu untersuchenden Optionsscheine und der damit einhergehenden kurzen Prognoseräume, die Annahme einer konstanten Volatilität nicht zu ernsthaften Verzerrungen aufgrund einer falschen Modellspezifikation zu führen.

³⁴⁴ Hierfür böten sich bspw. Modelle an, die für die Varianz selbst einen stochastischen Prozess zugrunde legen, wie z. B. ARCH- oder GARCH-Modelle mit ihren entsprechenden Weiterentwicklungen. Einige dieser speziellen Varianten (bspw. EGARCH oder TGARCH) sind damit auch in der Lage, den neben dem Cluster-Effekt zusätzlich häufig zu beobachtenden und bereits von Black (1976a) bei Aktien der NYSE festgestellten Leverage-Effekt abzubilden, wonach eine asymmetrische Volatilitätsreaktion auf positive bzw. negative Nachrichten erfolgt. Schlechte Nachrichten haben demnach einen größeren Einfluss auf die Volatilität als gute Nachrichten. Für eine Übersicht möglicher Erweiterungen von GARCH-Modellen sei auf Specht (2000), S. 58-59, verwiesen.

6.2 Wertgrenzenuntersuchungen

Neben der Überprüfung der Verteilungsannahme ist auch eine Analyse von evtl. auftretenden Wertgrenzenverletzungen erforderlich, da diese bei den verwendeten Modellen zu extremen Fehlbewertungen führen. Der BS-Bewertungsansatz baut in seiner Grundidee auf einen arbitragefreien Markt auf. Demzufolge ist eine sinnvolle Überprüfung der Bewertungseignung des Modells nur dann möglich, wenn zuvor nicht auf das Modell zurückzuführende Bewertungsabweichungen untersucht und für eine spätere Untersuchung eliminiert werden.³⁴⁵ Da es auf einem arbitragefreien Markt nicht zu nennenswerten Verletzungen von Wertobergrenzen (WOG) bzw. Wertuntergrenzen (WUG) kommen darf,³⁴⁶ bedürfen dennoch existierende signifikante Abweichungen einer genaueren Ursachenanalyse. Hierzu sind nachfolgend die bereits bekannten Wertgrenzen für amerik. bzw. europ. Calls und Puts nochmals in Tab. 6.4a und 6.4b zusammengestellt.

Ausübungsart	Wertuntergrenzen	
	Calls	Puts
Amerikanische Art	$\max[0, S_t - X \cdot e^{-r_f \tau}]$	$\max[0, X - S_t]$
Europäische Art		$\max[0, X \cdot e^{-r_f \tau} - S_t]$

Tab. 6.4a: Wertuntergrenzen für europ. bzw. amerik. Calls und Puts

Ausübungsart	Wertobergrenzen	
	Calls	Puts
Amerikanische Art	S_t	X
Europäische Art		$X \cdot e^{-r_f \tau}$

Tab. 6.4b: Wertobergrenzen für europ. bzw. amerik. Calls und Puts

Die Analyse der Wertgrenzenverletzungen erfolgt zunächst getrennt für amerik. und europ. Calls und im Anschluss daran für amerik. und europ. Puts. Grundsätzlich werden alle vier Gruppen den gleichen Analysen unterzogen. Die Darstellung ist bei den Optionsscheinen amerik. Art aufgrund ihrer Bedeutung aber ausführlicher ausgefallen. Für europ. Scheine werden vereinzelt nur evtl.

³⁴⁵ Vgl. hierzu auch Franke et al. (2001), S. 76, sowie Thiel (2001), S. 165.

³⁴⁶ Aufgrund der Vernachlässigung von Transaktionskosten muss zwar ein gewisser Verletzungsspielraum akzeptiert werden, signifikante Abweichungen wären hiermit jedoch nicht zu rechtfertigen.

auftretende elementare Diskrepanzen zu den bereits vorliegenden Resultaten erwähnt.

6.2.1 Wertgrenzenanalyse für DAX-Calls

Es können keine Verletzungen der Wertobergrenzen, weder bei den amerik. noch bei den europ. Calls festgestellt werden (vgl. Tab. 6.5a, 6.5b). Die Wertuntergrenze wird dagegen von 13 der 14 Emittenten amerik. Calls verletzt, wobei nur JPM (mit insgesamt 426 Kursen bei sechs Optionsscheinen) eine Ausnahme bildet. Rund 16% aller Optionsscheine verletzen im Verlauf ihrer Notierungen mindestens einmal die Wertuntergrenze, was ca. 1,6% aller Kurse entspricht.

<i>Untersuchte Einheiten amerik. Calls</i>	<i>Anzahl der untersuchten Einheiten</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WUG (Anteil)</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WOG</i>
<i>Optionsscheine</i>	1.095	175 (15,98%)	-
<i>Kursnotierungen</i>	100.067	1.593 (1,59%)	-
<i>Emittenten</i>	14	13	-

Tab. 6.5a: Wertgrenzenverletzungen [aC]³⁴⁷

<i>Untersuchte Einheiten europ. Calls</i>	<i>Anzahl der untersuchten Einheiten</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WUG (Anteil)</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WOG</i>
<i>Optionsscheine</i>	174	35 (20,11%)	-
<i>Kursnotierungen</i>	9.668	194 (2,01%)	-
<i>Emittenten</i>	7	4	-

Tab. 6.5b: Wertgrenzenverletzungen [eC]

Bei Betrachtung von Tab. 6.6 ist, trotz der vertretbaren relativen Abweichungshöhe von 1,96%, der Maximalwert von über 32% auffallend. Derartig hohe Unterschreitungen der WUG dürften auf arbitragefreien Märkten nicht vorkommen.³⁴⁸

³⁴⁷ Mit aC sind im Folgenden stets amerik. Calls gemeint. Entsprechend den vier Optionsscheingruppen finden in den Beschriftungen von Tabellen und Abbildungen die folgenden Abkürzungen Verwendung: aC, eC, aP, eP.

³⁴⁸ Auch bei Berücksichtigung von Transaktionskosten wäre ein derartig hoher Wert nicht zu erklären.

<i>Parameter</i>	<i>absolute Abweichung</i>	<i>relative Abweichung</i>
<i>Mittelwert</i>	19,49	0,01955
<i>Median</i>	15,49	0,01459
<i>Standardabweichung</i>	15,63	0,02007
<i>Schiefe</i>	0,944	4,452
<i>Minimum</i>	0,0032	0,000001
<i>Maximum</i>	82,8964	0,324713
<i>Spannweite</i>	82,8932	0,324712

Tab. 6.6: Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [aC]

Relativ betrachtet, treten bei den europ. Calls WUG-Verletzungen im Vergleich zu den amerik. Scheinen bei etwas mehr Kursnotierungen und Optionsscheinen auf. Die mittlere WUG-Abweichung liegt bei den europ. Calls absolut mit 17,50 zwar etwas unterhalb jener der amerik. Calls, die relative Abweichung ist mit 2,26% im Vergleich jedoch etwas größer. Auch Minimum und Maximum bewegen sich in vergleichbarem Rahmen.³⁴⁹

Eine genauere emittentenspezifische Analyse soll im Folgenden klären, worauf die festgestellten Abweichungen zurückzuführen sind.

6.2.1.1 Einflussgrößen Umsatz und Emittent

Das Problem bei umsatzlosen Kursnotierungen ist die überwiegend fehlende zeitliche Übereinstimmung der Daten. Während bei regen Umsätzen nahezu vollständige Synchronisation der Kurse von Optionsscheinen und DAX unterstellt werden kann,³⁵⁰ wird bei fehlendem Marktinteresse eine Anpassung der Optionsscheinkurse nicht zeitkorrespondierend zu denen des Underlyings vorgenommen.³⁵¹ Die temporale Verzögerung schlägt bei der Ermittlung der Kurse dann zu Buche, wenn der Optionsscheinkurs nicht die entsprechende Situation zum Zeitpunkt der Kursermittlung wiedergibt und einer bereits vergangenen Notierung des DAX entspricht.³⁵²

³⁴⁹ Siehe hierzu Tab. B1.1 im Anhang.

³⁵⁰ Geringfügig zeitliche Verzögerungen bei der Kursstellung durch den Emittenten als Market Maker seien außer Acht gelassen.

³⁵¹ Es wurde bereits erwähnt, dass bei umsatzlosen Kursen die täglichen Notierungen zusammen mit dem DAX-Stand um 13.30 Uhr ermittelt wurden.

³⁵² Vgl. zum Einfluss der Marktliquidität auf die Preissetzung bei Optionsscheinen auch Steiner/Bruns (2000), S. 407, oder Hehn (1994), S. 99.

Zunächst wird eine Teilung der Gesamtstichprobe in Kurse mit Umsatz (Teilgesamtheit 1) und umsatzlose Kurse (Teilgesamtheit 2) vorgenommen. Lediglich bei 27.320 von 100.067 ermittelten Kursen amerik. Calls fanden tatsächlich Umsätze statt.

Bevor die Höhe der Abweichungen emittentenspezifisch untersucht wird, soll die Frage beantwortet werden, ob sich der Anteil der Notierungen, welche eine WUG-Verletzung aufweisen, in den zwei Teilgesamtheiten signifikant unterscheiden. Ein hierzu durchzuführender Test auf Anteilswertgleichheit ergibt auf Basis der Stichprobenanteilswerte $p_1 = \frac{139}{27.320} = 0,00509$ (Teilgesamtheit 1) und $p_2 = \frac{1.454}{72.747} = 0,01999$ (Teilgesamtheit 2) eine Teststatistik von $-16,78$ bei einem Signifikanzniveau von $0,000$.³⁵³ WUG-Verletzungen treten bei umsatzlosen Kursen somit signifikant häufiger auf als bei jenen mit Umsätzen.

Teilstichproben	Anzahl der Kurse		t-Test		
	alle	mit WUG-Verletzungen	mittlere abs. WUG-Verletzungen	PV	Sign.
Kurse mit Umsatz	27.320	139	18,84	0,432	0,666
Kurse ohne Umsatz	72.747	1.454	19,55		

Tab. 6.7: Ergebnisse des t-Tests für die Mittelwerte der WUG-Verletzungen [aC]

Die Höhe der mittleren absoluten Abweichungen liegt bei allen Kursen bei 19,49. Während sich bei Teilgesamtheit 1 ein etwas geringfügiger Mittelwert ergibt, weisen Notierungen ohne Umsatz einen erhöhten Wert auf. Ob diese Unterschiede signifikant sind, wird durch einen t-Tests für die absoluten Abweichungsmittelwerte analysiert (vgl. Tab. 6.7).³⁵⁴ Die ermittelte Signifikanz von $0,666$ lässt eine Ablehnung der Gleichheitshypothese nicht zu.

Bei den europ. Calls treten umsatzlose Kursnotierungen bei $75,39\%$ aller Kurse auf. Zwar hat die Existenz eines tatsächlich stattgefundenen Handels auch hier

³⁵³ Da die beiden Teilstichproben relativ umfangreich sind, wird die standardnormalverteilte Prüfvariable $z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$ mit dem gepoolten Stichprobenanteilswert $p = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2}{n_1 + n_2}$

verwendet.

³⁵⁴ Ein vorgeschalteter Test auf Varianzgleichheit (Levene-Test) führt in beiden Fällen bei einem Signifikanzniveau von $0,000$ zur Ablehnung, sodass der t-Test für verschiedene Varianzen Anwendung findet.

keinen Einfluss auf die Höhe der mittleren WUG-Verletzung,³⁵⁵ dennoch bleibt festzuhalten dass von den 194 festgestellten Kursen mit Verletzungen 95,88% von umsatzlosen Kursen stammen und damit relativ gesehen mehr als bei den amerik. Calls (91,31%). Analog zu den Calls amerik. Art belaufen sich die Anteile der WUG-verletzenden Kurse, aufgeteilt in zwei Teilgesamtheiten, auf $p_1 = \frac{8}{2.332} = 0,003431$ und $p_2 = \frac{186}{7.736} = 0,024043$. Das Anteilsverhältnis ist noch weiter zugunsten der Kurse ohne Umsatz verschoben.

Die bisherigen Ergebnisse im Blickfeld, werden die WUG-Verletzungen nun emittentenabhängig ermittelt. Für die amerik. Calls zeigt Tab. 6.8 je Emittent zunächst die jeweils von Verletzungen der Wertuntergrenze betroffenen Kurse und Scheine sowie die relativen Häufigkeiten bezogen auf unterschiedliche Gesamtheiten.

Emittenten	Anzahl der ...		Anteil an allen ... des Emittenten		Anteil an allen ... mit WUG-Verletzungen	
	Kurse	OS	Kursen	OS	Kursen	OS
CIT	84	12	0,007953	0,10909	0,05273	0,06857
COB	109	10	0,04096	0,25	0,06842	0,05714
DBK	226	25	0,02075	0,00813	0,14187	0,14286
DRB	58	7	0,00619	0,06364	0,03641	0,04
DZB	58	9	0,00599	0,10714	0,03641	0,05143
GOL	268	21	0,05688	0,33871	0,16824	0,12
HYP	76	9	0,01848	0,2093	0,04771	0,05143
ML	95	7	0,02057	0,1129	0,05964	0,04
OPP	75	17	0,01158	0,12977	0,04708	0,09714
SGE	186	19	0,01860	0,20879	0,11676	0,10857
TUB	183	23	0,01701	0,24211	0,11488	0,13143
UBS	91	10	0,03134	0,2439	0,05712	0,05714
WLB	36	6	0,003313	0,06186	0,02260	0,03429

Tab. 6.8: Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [aC]

Auffallend ist hier der große Anteil der Calls mit WUG-Verletzungen bei GOL. Knapp 34% aller untersuchten Optionsscheine dieses Emittenten weisen Unterschreitungen der WUG auf. Bezogen auf alle Scheine mit WUG-

³⁵⁵ Der Mittelwert der Abweichungen bei Kursen mit Umsatz (17,92) ist nur unwesentlich höher als der bei umsatzlosen Kursen (17,48). Wengleich die Relation entgegengesetzt zu vermuten gewesen wäre, kann auch ohne Anwendung statistischer Testverfahren (t-Test wegen zu geringem Stichprobenumfang bei Teilgesamtheit 1 nicht anwendbar) nicht von bedeutsamen Unterschieden beider Werte ausgegangen werden.

Verletzungen beträgt dieser Anteil noch knapp 12% (bzw. 16,75% bei den Kursen). Auch die Emittenten TB und UBS weisen überdurchschnittliche Ergebnisse bei den Anteilen ihrer Scheine mit Abweichungen auf (beide über 24%).

Interessant scheint die Frage, ob analog zur Häufigkeit des Auftretens von WUG-Verletzungen auch deren jeweilige Höhe eine Systematik im Hinblick auf emittentenspezifische Unterschiede erkennen lässt. Dazu sind im Folgenden die Mittelwerte der Abweichungen je Emittent ausgewiesen. Als Basis dienen alle 1.593 Kurse mit WUG-Unterschreitungen. Um dem vermuteten Umstand Rechnung zu tragen, dass der Umsatz zum Teil die Höhe der Abweichungen – wenn auch insgesamt nicht signifikant – beeinflusst, sind zudem die Mittelwerte auch für die Teilgesamtheit der Kurse mit Umsatz dargestellt (vgl. Tab. 6.9).

<i>Emittenten</i>	<i>Alle Kurse mit WUG-Verletzungen</i>		<i>Kurse mit Umsatz und WUG-Verletzungen</i>	
	<i>Mittelwert</i>	<i>Kursanzahl</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Kursanzahl</i>
CIT	15,56	84	8,61	36
COB	22,50	109	17,64	7
DBK	20,78	274	29,24	34
DRB	17,46	58	26,42	6
DZB	21,34	58	9,12	1
GOL	19,66	268	9,44	3
HYP	22,84	76	-	-
ML	18,77	95	22,02	10
OPP	12,67	75	-	-
SGE	21,34	186	19,60	28
TUB	18,76	183	12,14	2
UBS	18,16	91	20,84	7
WLB	15,34	36	11,03	5

Tab. 6.9: Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [aC]

Während zwölf von 13 Emittenten bei allen Kursen mit Verletzung zwischen Werten von 15,34 und 22,84 aufwarten, OPP sogar einen deutlich geringeren, sind kleinere Mittelwerte, die aufgrund der eingangs dargestellten Arbitrageüberlegungen bei Kursen mit Umsatz im Vergleich zur Gruppe mit allen Kursen mit Verletzungen auch zu erwarten sind, bei fast allen Emittenten zu verzeichnen. Bei DBK, DRB, ML und UBS haben sich diese jedoch erhöht. Die teils enormen Zunahmen der Mittelwerte (bspw. um über 51% bei DBK und um

über 40% bei der DRB) sind wohl auch für die Ablehnung des oben durchgeführten t-Tests auf Gleichheit der mittleren Abweichung verantwortlich, da der Gesamtmittelwert in Teilgesamtheit 1 durch diese Ausreißerpositionen deutlich erhöht wird.³⁵⁶

Ergänzend seien bei diesem Vergleich der Abweichungshöhen die entsprechenden Schachteldiagramme einander gegenübergestellt (Abb. 6.5). Speziell zum Ausdruck kommen hier, neben Lage und Schiefe der Verteilung der Abweichungen, explizit auch vorhandene Ausreißerwerte.

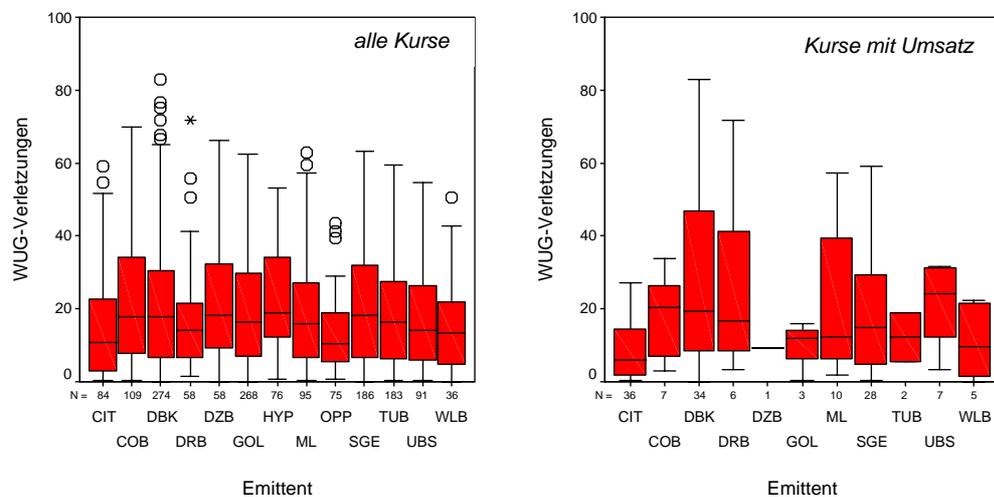


Abb. 6.5: Box-Plots der WUG-Verletzungen bei allen Kursen mit Verletzungen und bei Kursen mit Umsatz [aC]

Bei den europ. Calls sind zwei der vier betroffenen Emittenten bei den WUG-Verletzungen überdurchschnittlich vertreten. So sind BNP und VON für über 86% aller festgestellten Verletzungen verantwortlich. Diese Tatsache relativiert sich etwas, wenn man berücksichtigt, dass diese beiden auch 67,45% aller Kurse der vier Emittenten zusammen liefern. Auch liegt – emittentenspezifisch betrachtet – der Anteil der verletzenden Kurse mit zwischen 0,75% (WLB) und 3,71% (VON) relativ moderat gleich auf. Betrachtet man aber in diesem Zusammenhang die WUG-Verletzungen unter den Optionsscheinen der Emittenten, liegen auch hier BNP und VON mit jeweils rund ein Drittel ihrer Scheine deutlich vorne.³⁵⁷

³⁵⁶ Ohne die Werte von DBK und DRB läge in diesem Teilbereich ein Gesamtmittelwert von lediglich 10,54 vor.

³⁵⁷ Siehe Tab. B1.2 im Anhang.

Vergleich man nun die Höhe der mittleren absoluten Abweichungen je Emittent bei allen WUG-verletzenden Kursen mit denen der Teilgesamtheit mit Umsatz, zeigt sich kein einheitliches Bild. Die Abweichung einer verbleibenden Kursnotierung von WLB, zu welcher Handel stattfand, steigt auf 52,75 an. Zwar war der Mittelwert bei allen Kursen auch bei diesem Emittenten am größten, zu erklären ist dieser Anstieg rational aber nicht.³⁵⁸

6.2.1.2 Einflussgrößen Moneyness und Restlaufzeit

Im Folgenden gehen die Parameter Restlaufzeit und Moneyness in die Analyse der WUG-Verletzungen ein. Dazu wird zunächst untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer WUG-Verletzung und der Moneyness vorliegt.

In Tab. 6.10 sind die Häufigkeiten aller Kurse sowie der WUG-verletzenden Kurse nach Moneyness-Kategorien wiedergegeben.³⁵⁹

<i>Moneyness</i>	<i>Moneyness-Kategorie</i>	<i>alle Kurse</i>		<i>Kurse mit WUG-Verletzungen</i>	
		<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>
bis 0,85	DOTM	44.193	44,17	-	-
über 0,85 bis 0,95	OTM	21.938	21,92	-	-
über 0,95 bis 1,05	ATM	15.662	15,65	5	0,31
über 1,05 bis 1,15	ITM	9.119	9,11	223	14,00
über 1,15	DITM	9.155	9,15	1.365	85,69

Tab. 6.10: Kurse nach Moneyness-Kategorien [aC]

Abb. 6.6 zeigt die festgestellten Unterschiede zwischen den betrachteten Gruppen nochmals grafisch. Während insgesamt bei einer durchschnittlichen Moneyness von 0,8918 über 66% aller Kurse in den Kategorien DOTM und OTM vertreten sind, fallen in diese Klassen keine Verletzungen. Die meisten WUG-Unterschreitungen (85,69%) treten in der Kategorie DITM auf. Die mittlere Moneyness beträgt bei den Scheinen ohne Verletzungen 0,8843, während der Vergleichswert bei den Scheinen mit Verletzungen mit 1,2944 deutlich höher

³⁵⁸ Siehe Tab. B1.3 im Anhang.

³⁵⁹ Die Moneyness-Kategorien entsprechen dabei denen in Tab. 2.5 in Abschnitt 2.6.1.

ausfällt.³⁶⁰ Zudem kann festgestellt werden, dass alle Verletzungen nur bei Scheinen mit einer Moneyness größer eins auftreten.³⁶¹

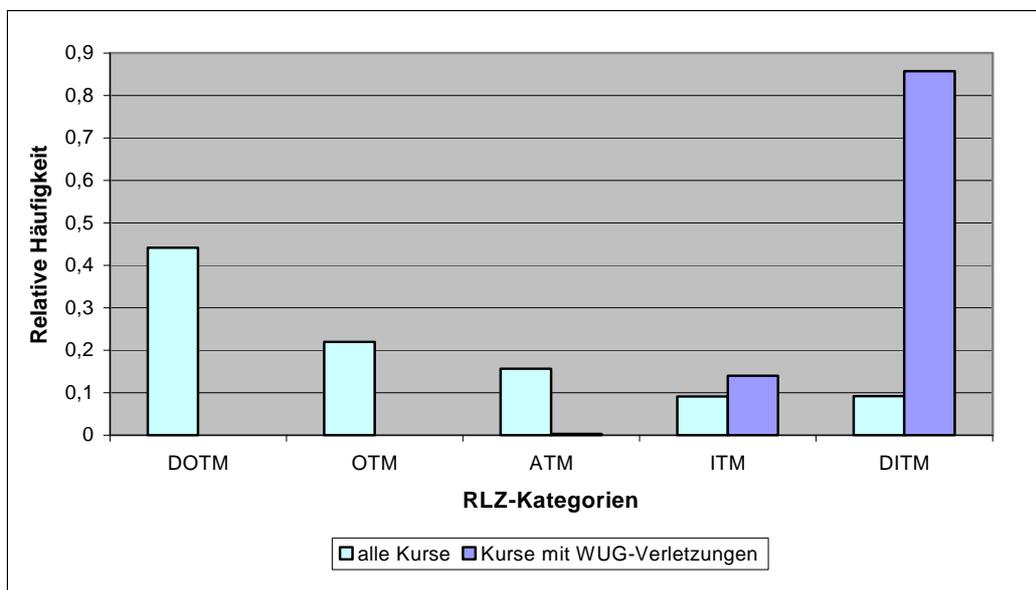


Abb. 6.6: Relative Kurshäufigkeiten nach Moneyness-Kategorien [aC]

Die Analyse der Moneyness bringt deutliche Unterschiede zwischen Kursen mit und ohne WUG-Verletzungen zu Tage. Ob sich eine ähnliche Systematik auch in Bezug auf die Restlaufzeit (RLZ) der Scheine erkennen lässt, wird im Folgenden überprüft. Dazu werden analog zur obigen Vorgehensweise die Häufigkeiten der Restlaufzeiten bei allen Kursen und bei jenen mit WUG-Verletzung in Tab. 6.11 aufgezeigt. Abb. 6.7 gibt zudem für die amerik. Calls die relativen Häufigkeiten in den RLZ-Kategorien wieder.

Restlaufzeit (RLZ)	RLZ-Kategorie	alle Kurse		Kurse mit WUG-Verletzungen	
		abs.	%	abs.	%
bis 1 Monat	1	5.079	5,08	355	22,29
über 1 Monat bis 3 Monate	2	15.690	15,68	756	47,45
über 3 Monate bis 6 Monate	3	26.487	26,47	353	22,16
über 6 Monate bis 12 Monate	4	37.449	37,42	122	7,66
über 12 Monate bis 24 Monate	5	14.676	14,67	7	0,44
über 24 Monate	6	686	0,69	-	-

Tab. 6.11: Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [aC]

³⁶⁰ Die Gleichheitshypothese kann bei einer Signifikanz von 0,000 deutlich abgelehnt werden.

³⁶¹ Die geringste Moneyness bei den Scheinen mit WUG-Verletzung liegt bei 1,0136.

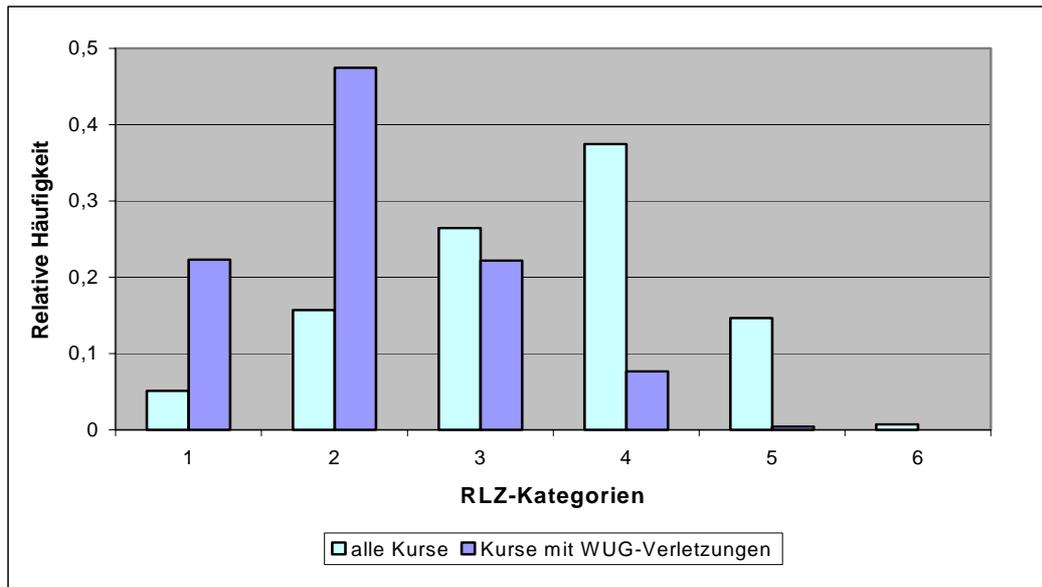


Abb. 6.7: Relative Kurshäufigkeiten nach Restlaufzeit-Kategorien [aC]

Im Mittel über alle betrachteten Kurse ergibt sich eine Restlaufzeit von 0,6044 Jahren, was einer Dauer von 220,61 Tagen entspricht. Werden nur die Kurse mit Verletzungen der WUG analysiert, zeigt sich ein deutlich geringerer Restlaufzeitdurchschnitt von nur noch 0,2127 Jahren (77,64 Tage).³⁶² Lange Restlaufzeiten (über 24 Monate) kommen bei WUG-unterschreitenden Kursen nicht vor.

Ein negativer Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Auftretens von WUG-Verletzungen und der Restlaufzeit kann somit bestätigt werden. Die WUG wird bei kürzeren Restlaufzeiten, verglichen mit ihrem Anteil an der Gesamtstichprobe, viel häufiger unterschritten.

Werden bei den europ. Calls wiederum Moneyness und Restlaufzeit in die Analyse der Wertgrenzenverletzungen mit eingeschlossen, ergibt sich ein ähnliches Resultat wie bei den amerik. Calls. Während bei allen Kursen der Anteil mit steigender Moneyness sinkt, dreht sich die Situation bei den Notierungen mit verletzter WUG vollkommen um. Auch hier notiert der Großteil der Kurse im oder tief im Geld (92,5%).³⁶³

³⁶² Die Unterschiede der mittleren Restlaufzeiten bei Kursen mit und ohne WUG-Verletzungen sind bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,000 statistisch signifikant.

³⁶³ Siehe Tab. B1.4 im Anhang.

Bei der Restlaufzeit werden ebenfalls Analogien zu den amerik. Calls sichtbar. Die Durchschnittswert nimmt von insgesamt 288,86 Tagen auf nur noch 52,38 Tagen ab, wenn nur die Kurse mit Verletzung berücksichtigt werden. Dieser Rückgang ist noch stärker ausgeprägt als bei den Calls amerik. Art. Die Einteilung in Restlaufzeit-Kategorien ergibt auch hier das bereits vertraute Bild. WUG-Unterschreitungen kommen relativ häufiger bei Kursen bis drei Monaten Restlaufzeit vor (82,5%).³⁶⁴

6.2.2 Wertgrenzenanalyse für DAX-Puts

Wie bereits bei den Calls, treten auch bei den Puts keinerlei Überschreitungen der Wertobergrenzen auf. Erneut ist JPM als einziger unter allen 14 Emittenten amerik. Puts nur mit Kursen innerhalb der Wertgrenzen vertreten (213 Kurse bei drei Optionsscheinen). Bei den europ. Puts kommt es nur bei zwei der sechs Emittenten zu WUG-Verletzungen (vgl. Tab. 6.12a, 6.12b). Die Anteile von grenzüberschreitenden Notierungen bzw. Scheinen sind aber, insbesondere bei den amerik. Puts, im Vergleich zu den Calls viel größer. Über 52% aller amerik. Put-Optionsscheine verletzen innerhalb ihrer Laufzeit mindestens einmal die WUG (im Vergleich zu lediglich 16% bei den amerik. Call-Scheinen).

<i>Untersuchte Einheiten</i>	<i>Anzahl der untersuchten Einheiten</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WUG (Anteil)</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WOG</i>
<i>Optionsscheine</i>	661	347 (52,5%)	-
<i>Kursnotierungen</i>	64.668	10.612 (16,41%)	-
<i>Emittenten</i>	14	13	-

Tab. 6.12a: Wertgrenzenverletzungen [aP]

<i>Untersuchte Einheiten</i>	<i>Anzahl der untersuchten Einheiten</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WUG (Anteil)</i>	<i>Festgestellte Verletzungen der WOG</i>
<i>Optionsscheine</i>	122	30 (24,59%)	-
<i>Kursnotierungen</i>	7.012	374 (5,33%)	-
<i>Emittenten</i>	6	2	-

Tab. 6.12b: Wertgrenzenverletzungen [eP]

³⁶⁴ Siehe Tab. B1.5 im Anhang.

Auch bei den mittleren Abweichungshöhen und insbesondere beim Maximalwert zeigen sich bei den Puts gravierende Unterschiede zu den entsprechenden Calls (vgl. Tab. 6.13). Die mittlere betragsmäßige Abweichung von der WUG ist hier nahezu doppelt so groß, die Streuung fällt sogar fast dreimal so hoch aus. Die Werteverteilung ist noch stärker rechtsschief, was auch bedingt ist durch die vereinzelt vorkommenden sehr großen Ausreißerwerte. Die maximale Abweichung liegt bei fast 50% und ist damit um über 50% höher als der Maximalwert bei den amerik. Calls.

<i>Parameter</i>	<i>absolute Abweichung</i>	<i>relative Abweichung</i>
<i>Mittelwert</i>	35,39	0,02796
<i>Median</i>	21,08	0,01559
<i>Standardabweichung</i>	51,73	0,04399
<i>Schiefe</i>	4,240	5,150
<i>Minimum</i>	0,005	0,000003
<i>Maximum</i>	579,475	0,499425
<i>Spannweite</i>	579,470	0,499422

Tab. 6.13: Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [aP]

Die mittlere Abweichungshöhe fällt bei den europ. Puts mit 30,06 (2,54%) zwar etwas geringer aus als bei den amerik., dennoch werden die bereits festgestellten betragsmäßig größeren Abweichungen der Puts gegenüber den Calls erneut bestätigt. Auffallend ist auch hier ein Maximalwert von 244,07.³⁶⁵

Anschließend sollen diese Resultate erneut einer genaueren Prüfung unterzogen werden. Die Frage, inwieweit relevante Unterschiede bei den einzelnen Emittenten erkennbar sind, scheint gerade bei den festgestellten großen Abweichungen berechtigt.

6.2.2.1 Einflussgrößen Umsatz und Emittent

Kurse mit Umsatz werden bei den amerik. Puts 15.768 ermittelt (Teilgesamtheit 1), was einem Anteil von 24,38% entspricht. Der Vergleich der Anteilswerte der WUG-unterschreitenden Notierungen führt bei Anteilswerten von

³⁶⁵ Siehe hierzu Tab. B2.1 im Anhang.

$p_1 = \frac{1.009}{15.768} = 0,06399$ (Teilgesamtheit 1) und $p_2 = \frac{9.603}{48.900} = 0,19638$ (Teilgesamtheit 2) zu einer noch deutlicheren Ablehnung der Gleichheitshypothese.³⁶⁶

In der absoluten, betragsmäßigen Höhe der auftretenden Verletzungen unterscheiden sich Kurse mit und ohne Umsatz aber wiederum nicht signifikant. Der t-Test für einen Vergleich der Mittelwerte gelangt bei Werten von 34,25 (Teilgesamtheit 1) und 35,51 (Teilgesamtheit 2) bei einer statistischen Signifikanz von 51,2% nicht zu einer Ablehnung der Gleichheitshypothese.

Bei den europ. Puts werden lediglich 17,64% der Kurse gehandelt. Der Abweichungsmittelwert fällt bei diesen Kursen mit 24,74 geringer aus.³⁶⁷ Ein Vergleich der Anteile der verletzenden Kurse in den beiden Teilgesamtheiten ergibt bei Werten von $p_1 = \frac{44}{1.237} = 0,03557$ (mit Umsatz) und $p_2 = \frac{330}{5.775} = 0,057143$ (ohne Umsatz) einen geringen, aber signifikanten Unterschied (Sign. 0,001).

Emittenten	Anzahl der ...		Anteil an allen ... des Emittenten		Anteil an allen ... mit WUG-Verletzungen	
	Kurse	OS	Kursen	OS	Kursen	OS
CIT	1.255	50	0,14856	0,58140	0,11826	0,14409
COB	164	8	0,12802	0,53333	0,01545	0,02305
DBK	1.316	58	0,16209	0,60417	0,12401	0,16715
DRB	860	24	0,12942	0,31579	0,08104	0,06916
DZB	1.286	34	0,20016	0,59649	0,12118	0,09798
GOL	100	5	0,02291	0,08621	0,00942	0,01441
HYP	390	16	0,15563	0,61538	0,03675	0,04611
ML	496	13	0,33764	0,61905	0,04674	0,03746
OPP	53	4	0,02512	0,16667	0,00499	0,01153
SGE	537	28	0,13422	0,70000	0,05060	0,08069
TUB	1.730	45	0,18572	0,51724	0,16302	0,12968
UBS	551	15	0,23367	0,60000	0,05192	0,04323
WLB	1.874	47	0,25280	1,00000	0,17659	0,13545

Tab. 6.14: Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [aP]

Wie aus Tab. 6.14 erkennbar, liegt bei nahezu allen Emittenten amerik. Puts der Anteil der grenzüberschreitenden Kursen deutlich höher als bei den

³⁶⁶ Es ergibt sich ein Wert für die Prüfgröße von -39,03 (Sign. 0,000).

³⁶⁷ Dieser Rückgang ist jedoch nicht signifikant. Ein Mittelwertvergleich ergibt einen t-Wert der Prüfgröße von 0,945 (Sign. 0,345). Hier wird aufgrund der Nichtablehnung eines zuvor durchgeführten Levene-Test auf Varianzgleichheit der t-Test mit gepoolter Stichprobenvarianz durchgeführt.

entsprechenden Calls. Liegt dort das Maximum noch bei knapp 6%, weisen hier bis auf zwei (GOL und OPP) alle Emittenten Werte über 10% auf, wobei bei ML sogar ein Drittel der Kurse betroffen sind. Bei den Optionsscheinen sind die WUG-Verletzungen noch gravierender. Bei zwischen 30% und 100% liegen hier die Anteile. WLB muss bei all ihren 45 Puts Verletzungen der WUG verzeichnen, gefolgt von SEG (70%) und vier weiteren Emittenten mit über 60%. Rühmliche Ausnahme bilden hier erneut GOL und OPP.

Die Häufigkeit des Auftretens von Unterschreitungen der WUG bei amerik. Puts ist verblüffend. Aber auch die Höhe der Abweichungen, insbesondere die festgestellten Maxima, lassen den Schluss zu, dass hier annähernd durchgängig systematische Niedrigstkurse zustande kommen, ohne dass dies durch einsetzende Arbitrage zu verhindern wäre. Denn allein durch Asynchronität aufgrund fehlender Umsätze können die extremen Abweichungen nicht erklärt werden. Dies wird bei Betrachtung der Unterschiede bei den Mittel- und Maximalwerten in Tab. 6.15 und dem Schachteldiagramm in Abb. 6.8 deutlich.

<i>Emittenten</i>	<i>Alle Kurse mit WUG-Verletzungen</i>			<i>Kurse mit Umsatz und WUG-Verletzungen</i>		
	<i>Mittelwert</i>	<i>Maximum</i>	<i>Kursanzahl</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Maximum</i>	<i>Kursanzahl</i>
CIT	28,25	434,17	1.255	26,43	434,17	363
COB	31,84	245,74	164	34,31	245,74	15
DBK	31,71	296,36	1.316	29,33	228,24	124
DRB	54,32	579,78	860	87,69	547,80	69
DZB	52,50	454,49	1.286	29,13	161,74	47
GOL	25,18	112,33	100	25,23	72,20	19
HYP	23,45	230,24	390	35,05	230,24	36
ML	24,86	253,24	496	76,16	253,24	11
OPP	28,91	210,24	53	72,39	210,24	5
SGE	38,48	245,24	537	30,31	240,23	110
TUB	36,53	427,99	1.730	31,96	244,21	90
UBS	32,26	245,24	551	35,86	241,75	49
WLB	27,62	308,99	1.874	35,02	231,74	71

Tab. 6.15: Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [aP]

Es gilt festzuhalten, dass alle Emittenten auch bei Kursen mit Umsatz Verletzungen der WUG aufweisen. Die Mittelwerte sind lediglich bei drei Emittenten (DRB, ML und OPP) angestiegen, während sie bei allen anderen etwa gleiches oder geringeres Niveau erreichten. Bei den durchweg hohen

Extremwerten in beiden Gruppen zeigt sich aber, dass diese bei fünf Emittenten sogar bei tatsächlich gehandelten Kursen entstanden.

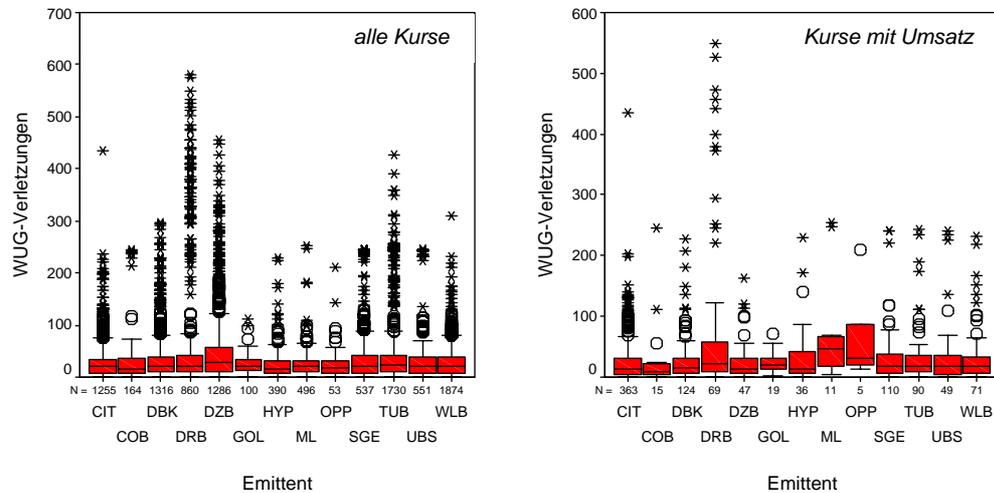


Abb. 6.8: Box-Plots der WUG-Verletzungen bei allen Kursen mit Verletzungen und bei Kursen mit Umsatz [aP]

Nur zwei Emittenten europ. Puts (BNP und VON) weisen bei 6% bzw. 8% ihrer Kurse WUG-Verletzungen auf.³⁶⁸ Zwar ist bei beiden Fällen bei Betrachtung der gehandelten Kurse ein Rückgang bei den durchschnittlichen Abweichungshöhen zu verzeichnen, auffallend ist aber, dass zumindest bei BNP mit einem Absolutwert von 244 die größte Unterschreitung bei einer Notierung mit Umsatz auftritt.³⁶⁹

6.2.2.2 Einflussgrößen Moneyness und Restlaufzeit

Mit den in Tab. 6.16 und Abb. 6.9 dargestellten Ergebnissen kann der von den Calls bereits bekannte Trend für die Auftretenshäufigkeit von WUG-Verletzungen im Zusammenhang mit der Moneyness bestätigt werden. Die meisten Verletzungen betreffen auch hier tief-im-Geld-stehende Kurse. Die mittlere Moneyness bei allen Scheinen i. H. von 0,9864 reduziert sich bei Scheinen mit Verletzungen auf 0,7860, wobei die maximal vorkommende Moneyness in dieser Gruppe 0,9969 beträgt. Es kommen in den Kategorien OTM bzw. DOTM keine

³⁶⁸ Siehe Tab. B2.2 im Anhang.

³⁶⁹ Siehe Tab. B2.3 im Anhang.

Unterschreitungen der WUG vor. Bei den europ. Puts treten sogar über 98% aller WUG-Verletzungen bei Scheinen auf, die im oder tief im Geld stehend.³⁷⁰

Moneyness	Moneyness-Kategorie	alle Kurse		Kurse mit WUG-Verletzungen	
		abs.	%	abs.	%
bis 0,85	DITM	17.734	27,42	8.377	78,94
über 0,85 bis 0,95	ITM	13.873	21,45	2.203	20,76
über 0,95 bis 1,05	ATM	12.769	19,75	32	0,3
über 1,05 bis 1,15	OTM	8.028	12,41	-	-
über 1,15	DOTM	12.264	18,97	-	-

Tab. 6.16: Kurse nach Moneyness-Kategorien [aP]

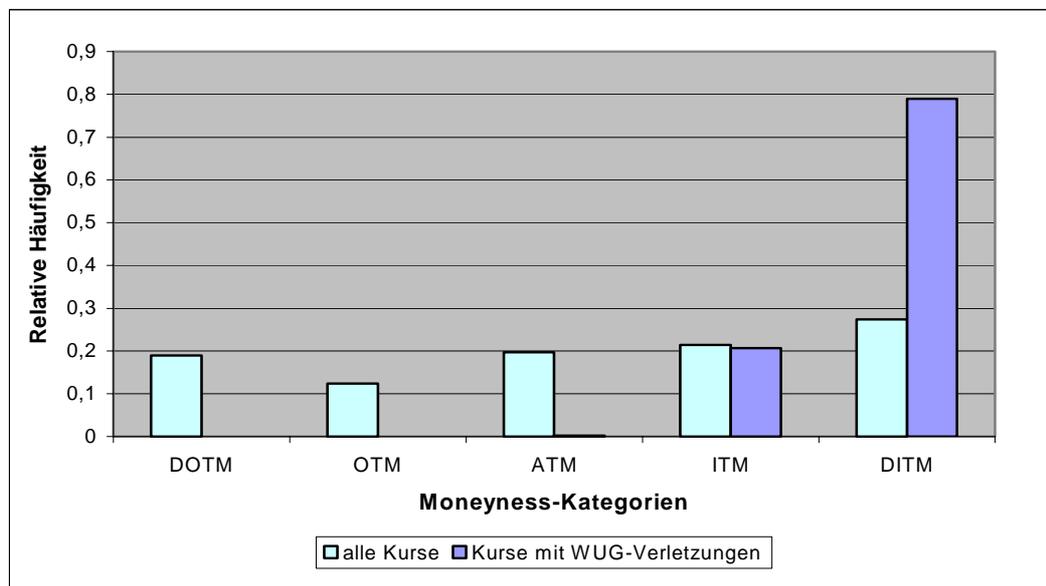


Abb. 6.9: Relative Kurshäufigkeiten nach Moneyness-Kategorien [aP]

Die Restlaufzeit der amerik. Puts beträgt im Durchschnitt 0,5328 (194,47 Tage) und ist damit um etwa 25 Tage geringer als die amerik. Calls. Auch ist bei Scheinen mit WUG-Abweichungen eine Reduzierung der mittleren Restlaufzeit auf 0,3557 (129,83 Tage) zu beobachten. Diese fällt jedoch weitaus geringer aus als bei den amerik. Calls. Lange Restlaufzeiten (über 24 Monate) sind auch hier in der Gruppe der verletzenden Kurse nicht vorzufinden (Tab. 6.17).

³⁷⁰ Siehe Tab. B2.4 im Anhang.

Bei den europ. Puts mit WUG-Verletzung ergibt sich eine mittlere Restlaufzeit von 77 Tagen, die im Vergleich zum Gesamtmittel (199,47 Tage) wieder deutlich kürzer ausfällt.³⁷¹

Restlaufzeit (RLZ)	RLZ-Kategorie	alle Kurse		Kurse mit WUG-Verletzungen	
		abs.	%	abs.	%
bis 1 Monat	1	4594	7,10	1797	16,93
über 1 Monat bis 3 Monate	2	12148	18,79	2527	23,81
über 3 Monate bis 6 Monate	3	17903	27,68	3254	30,66
über 6 Monate bis 12 Monate	4	22945	35,48	2731	25,74
über 12 Monate bis 24 Monate	5	6859	10,61	303	2,86
über 24 Monate	6	219	0,34	-	-

Tab. 6.17: Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [aP]

Grafisch findet sich der Zusammenhang zwischen WUG-Verletzungen und Restlaufzeit für amerik. Puts in Abb. 6.10.

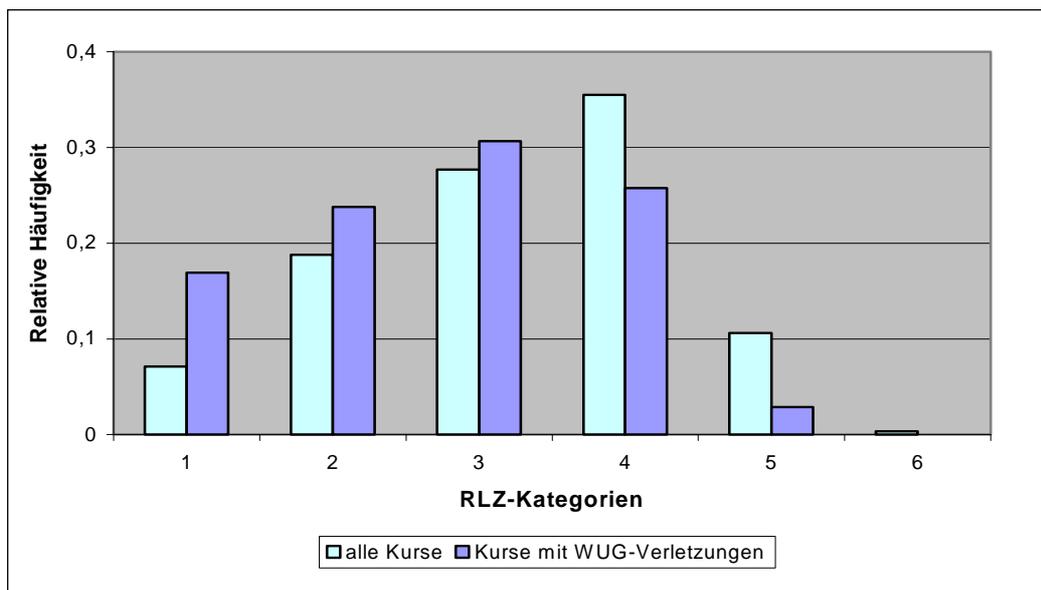


Abb. 6.10: Relative Kurshäufigkeiten nach Restlaufzeit-Kategorien [aP]

³⁷¹ Siehe Tab. B2.5 im Anhang.

6.3 Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse der Voruntersuchungen

Als Voruntersuchungen zur eigentlichen Fehlbewertungsanalyse standen zum einen die Überprüfung der zentralen Verteilungsannahme des BS-Modells und zum anderen die Analyse existierender Wertgrenzenverletzungen im Blickfeld. Zusammenfassend lässt sich folgendes resümieren.

Hinsichtlich der Renditeuntersuchung des DAX konnten (signifikante) Abweichungen von der Normalverteilung für die untersuchten Zeitreihen teilweise festgestellt werden. Insbesondere stehen die Ergebnisse im Einklang mit den vielfach zu beobachtenden Effekten wie Volatilitäts-Cluster und der ebenfalls damit verbundenen Leptokurtosis. Diese kamen aber überwiegend nur bei langen Tagesrenditezeitreihen (II) deutlich zum Vorschein. Die Auswirkungen auf die Bewertung durch die auf normalverteilte Renditen basierenden Modelle dürften aber angesichts der zeitlich eng begrenzten Untersuchungsphase als eher gering einzustufen sein. Für die nachfolgenden Untersuchungen evtl. auftretender Bewertungsabweichungen sollte die (teilweise) Verletzung der Verteilungsannahme daher weniger Relevanz besitzen.

Aus der Analyse der Wertgrenzenverletzungen ergaben sich die folgenden Ergebnisse für amerik. Calls bzw. Puts. Verletzungen der Wertobergrenzen konnten weder bei den Calls noch bei den Puts in keinem Fall festgestellt werden. Verletzungen der Wertuntergrenzen traten bei den Calls bei 15,98% aller Optionsscheine bzw. bei 1,59% aller Kursnotierungen auf. Bei den Puts ergab sich ein deutlich höherer Anteil von 52,5% bei den Optionsscheinen bzw. 16,41% bei den Kursnotierungen. Bei Calls und Puts waren dieselben 13 Emittenten von Wertgrenzenverletzungen betroffen (einzige Ausnahme ist jeweils JPM). 72,7% aller Kurse amerik. Calls kamen umsatzlos zustande, wobei diese Notierungen einen signifikant höheren Anteil an WUG-Verletzungen aufweisen. Auch bei den amerik. Puts traten WUG-Verletzungen bei umsatzlosen Kursen in signifikant höherem Maße auf als bei Kursen mit Umsatz, wobei sich die Höhe der Abweichungen nahezu unbeeinflusst vom Umsatz zeigt. Allerdings kam es bei fast allen Emittenten zu hohen Mittel- und Extremwerten. Bzgl. des Einflusses von Moneyness und Restlaufzeit konnte einhellig festgestellt werden, dass sowohl

bei den Calls als auch bei den Puts der größte Anteil der WUG-Unterschreitungen bei tief-im-Geld-stehenden Optionsscheinkursen mit einer deutlich unter dem Durchschnitt liegenden Restlaufzeit zu verzeichnen ist.

Die Ergebnisse entsprechen nahezu denen früherer Untersuchungen, zumindest im Hinblick auf die amerik. DAX-Calls.³⁷² Ähnlich gestaltet sich auch deren Interpretation. Die Wahrscheinlichkeit einer Ausübung der Calls am Verfalltag nimmt mit steigender Moneyness zu. Scheine, die sich tief im Geld befinden und aufgrund einer geringen Restlaufzeit weniger Gefahr laufen, an innerem Wert zu verlieren, bedingen für den Emittenten ein höheres Risiko zum Barausgleich (Lieferverpflichtung). Folglich wäre stattdessen ein Rückkauf der Scheine – zu einem gebotenen Geldkurs unterhalb der Wertgrenzen – aus Sicht der Emittenten wünschenswert. Die Optionsscheininhaber sehen sich mit einem hohen inneren Wert und einem stetig fortschreitenden Zeitwertverfall konfrontiert. Nahezu alle Optionsscheine werden nicht bis zur Ausübung gehalten, sondern – sofern lohnend – vorzeitig veräußert. Diese Strategie erscheint umso wahrscheinlicher bei Scheinen mit hoher Moneyness und entsprechend großem Wert. Berücksichtigt man jedoch, dass 92,67% aller WUG-verletzenden tief-im-Geld-stehenden Notierungen nicht zu diesen Kursen gehandelt wurden, unterstützt dies die Annahme, dass sich der Handel auf aus Emittentensicht weniger risikobehaftete Scheine verlagert. Für den Emittenten bergen Kurse unterhalb der Wertgrenzen somit keinerlei Gefahr, vielmehr profitieren sie davon, sofern aufgrund fehlender Umsätze anzunehmen ist, dass Arbitrage nicht in ausreichendem Maße einsetzt.

Die Problematik der Zeitsynchronisation von Kursnotierung und -ermittlung, insbesondere bei umsatzlosen Kursnotierungen wurde bereits mehrmals angesprochen. Da WUG-Verletzungen bei amerik. Calls zu 91,27% bei umsatzlosen Kursen auftraten, scheint sich zu bestätigen, dass fehlende Synchronisation eine, wenn nicht die Hauptursache für die festgestellten Abweichungen ist.

³⁷² Bei Thiel (2001) wurden zudem in geringem Umfang Verletzungen der Wertobergrenzen festgestellt.

Das Resultat bei den amerik. Calls lässt sich auf die europ. Calls prinzipiell übertragen. Wenngleich die Einflüsse von Moneyness und Restlaufzeit noch etwas stärker und die trotz Umsatz überproportionale WUG-Verletzung einer Kursnotierung eines Scheins der Deutschen Bank nicht rational erklärbar waren, ließen sich keine nennenswerten Diskrepanzen zu den bekannten Ergebnissen erkennen.

Wie bereits bei den Calls bemerkt, wird auch hier bei Put-Scheinen, die tief im Geld stehen und damit einen hohen inneren Wert aufweisen, die Chance auf einen zusätzlichen Wertgewinn geringer sein. Demzufolge wird die vorzeitige Veräußerung wieder wahrscheinlicher, was die Emittenten dazu veranlassen könnte, vermeintlich geringere Geldkurse zu stellen. Auch lag bei den Puts der Anteil der tatsächlich gehandelten Notierungen in dieser Moneyness-Kategorie bei über 90%, was wiederum auf geringes Interesse am Handel bei diesen Scheinen hinweist. Die niedrigen Emittentenkurse können daher wieder gefahrlos angesetzt werden.

7 Analyse von Bewertungsabweichungen

Infolge der Reduktion der Daten um die Kurse mit Verletzungen der Wertuntergrenzen ergeben sich zunächst für die folgende Analyse die in der ersten Spalte in Tab. 7.1 aufgeführten Kursnotierungen. Zusätzlich ist die Anzahl der Kurse mit einem normierten Wert kleiner als 0,1% des entsprechenden DAX-Kurses aufgeführt. Diese verhältnismäßig kleinen Kurse tragen in verstärktem Maße zu etwaigen Modellfehlbewertungen bei. Bei der Preissetzung stehen die Makler vor dem Problem der Ganzzahligkeit. Eine Anpassung der Kurse, dem fairen Wert entsprechend, ist bei derart „billigen“ Scheinen nicht möglich, da hier die kleinste mögliche Einheit für eine Preisanpassung die prozentual nötige Veränderung, die durch das Modell vorgegeben wird, vielfach übersteigt und allein dadurch große Abweichungen zwischen Marktpreis und Modellwert entstehen können. Deshalb wird die Kursbasis um diese Kurse bereinigt.³⁷³ Das Ergebnis dieser erneuten Datenreduzierung ist in Tab. 7.1 in Spalte 3 dargestellt und bildet die Grundlage für die weiteren Untersuchungen.³⁷⁴

<i>Kurse ohne WUG-Verletzungen</i>				<i>Kurse mit Nominalwert < 0,1% vom DAX-Kurs</i>				<i>Neue Untersuchungsbasis</i>			
<i>aC</i>	<i>eC</i>	<i>aP</i>	<i>eP</i>	<i>aC</i>	<i>eC</i>	<i>aP</i>	<i>eP</i>	<i>aC</i>	<i>eC</i>	<i>aP</i>	<i>eP</i>
98.474	9.474	54.056	6.638	18.007	553	974	169	80.467	8.921	53.082	6.469

Tab. 7.1: Aufteilung der Untersuchungsbasis für die Fehlbewertungsanalyse

7.1 Beschreibung der Vorgehensweise

Die Analyse von Fehlbewertungen zielt ab auf den Vergleich von tatsächlich realisiertem Marktpreis und „fairem“ Modellwert. Ergebnis dieses Preiswürdigkeitsvergleichs sollten Erkenntnisse darüber sein, in wie weit das zugrundeliegende Modell Optionsscheine über- oder unterbewertet und so zur

³⁷³ Eine vergleichende Vorgehensweise wählen bspw. Schütz/Müller (1994), S. 396-397. Der dort verwendete Grenzwert von einem Prozent des DAX-Kurses erscheint allerdings, bezogen auf das Kursniveau im hier betrachteten Untersuchungszeitraum, als zu hoch. Bei dem hier gewählten Grenzwert von einem Promille fallen somit im Extremfall Kurse mit nominalen Notierungen unter 3,70 EUR aus der Untersuchung heraus.

Andere Autoren geben indes konkrete Grenzpreise vor, so wird bspw. bei Thiel (2001), S. 208, die Datenbasis um Kurse unter einem Nominalwert von 1 DM bereinigt, ebenso bei Schäfer, B. (1995), S. 189.

³⁷⁴ Anzumerken sei hier noch, dass nach wie vor auch alle eingangs von Kapitel 5 aufgeführten Emittenten vertreten sind.

Investitionsentscheidung beiträgt. Untersucht werden etwaige Fehlbewertungen in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen. Je nach Modellimmanenz lassen sich im Folgenden zwei Gruppen unterscheiden (vgl. Tab. 7.2).

<i>Gruppe 1: modellimmanente Einflussgrößen</i>	<i>Gruppe 2: modellfremde Einflussgrößen</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Volatilitätsschätzer • Moneyness • Restlaufzeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Umsatz • Optionsscheinkurs • Emittent • Börsenphase

Tab. 7.2: Untersuchte Einflussgrößen der Fehlbewertung

Die Abweichungen zwischen Preis und Wert werden zum einen durch die prozentualen (relativen) Abweichungen (PA) und zum zweiten durch die betragsmäßigen (absoluten) prozentualen (relativen) Abweichungen (APA) festgehalten:³⁷⁵

$$PA = \frac{\text{Modellwert} - \text{Marktpreis}}{\text{Marktpreis}}, \quad (7-1)$$

$$APA = \left| \frac{\text{Modellwert} - \text{Marktpreis}}{\text{Marktpreis}} \right|. \quad (7-2)$$

Die relative Abweichung vom Marktpreis (PA) gibt somit je nach Vorzeichen eine etwaige Über- oder Unterbewertung durch das Modell an. Abb. 7.1 soll dies grafisch verdeutlichen.³⁷⁶

Fehlbewertungsaussagen werden größtenteils auf Grundlage der errechneten Mittelwerte der relativen bzw. der betragsmäßigen relativen Abweichungen getroffen. Diese werden mit MPA bzw. MAPA bezeichnet. Den betragsmäßigen prozentualen Abweichungen kommt immer dann besondere Bedeutung zu, wenn

³⁷⁵ Als Basis für die relativen Abweichungen dienen hier die Marktpreise. Vgl. Thiel (2001), S. 206-208, sowie Trautmann (1990), S. 94, und Trautmann (1986b), S. 322. Höhling und Schiereck verwenden stattdessen bei der relativen Abweichung den Modellwert als Basis. Die betragsmäßige relative Abweichung wird dort bezeichnet als Prognosefehler. Vgl. Höhling/Schiereck (1995), S. 174-175. Ebenso wird auf Basis des Modellwertes bei Schütz und Müller die (stetige) relative Modell-Fehlbewertung („relative prediction error“) berechnet. Vgl. Schütz/Müller (1994), S. 401-402.

³⁷⁶ Hier ist von Überbewertung (Unterbewertung) durch das Modell die Rede, falls der Modellwert höher (geringer) als der Marktpreis ausfällt. Vgl. auch Thiel (2001), S. 206.

lediglich der Grad der Fehlbewertung und nicht die Richtung (Über- bzw. Unterbewertung) interessiert, da sich hier nicht positive und negative Abweichungen gegenseitig eliminieren können, was bei Ermittlung der relativen Abweichungsmittelwerten der Fall sein könnte.

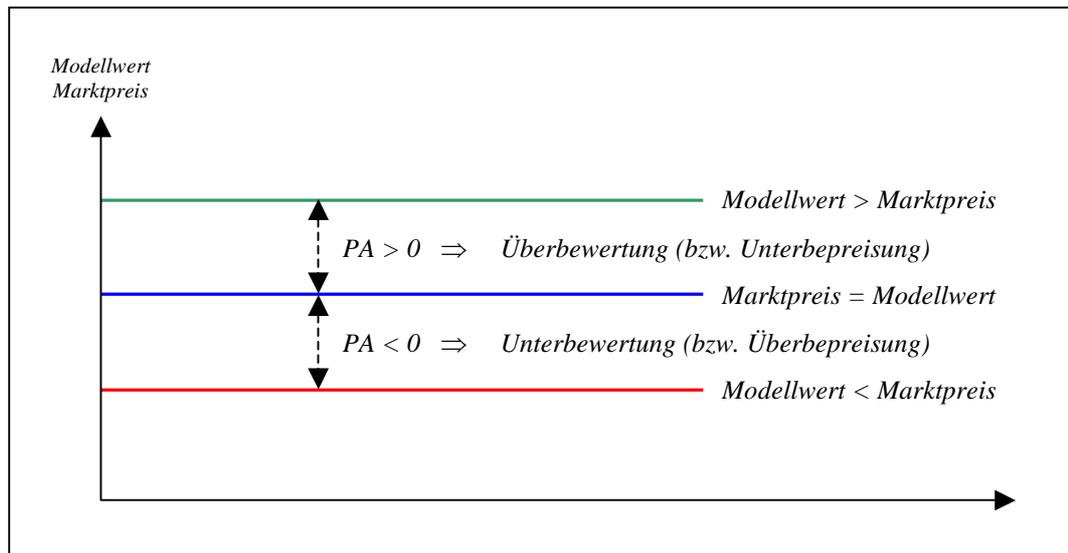


Abb. 7.1: Möglicher Wertebereich der relativen Abweichungen (PA) zwischen Marktpreis und Modellwert

Die Untersuchungen der Fehlbewertungen erfolgen erneut getrennt nach Calls und Puts. Dabei werden analog zu den Wertgrenzenuntersuchungen die Analysen bei den Optionsscheinen amerik. Art etwas ausführlicher dargestellt, während für europ. Scheine, aufgrund ihrer geringeren Bedeutung und weniger großen Anzahl in der vorliegenden Datenbasis, wiederum nur die wichtigsten Erkenntnisse sowie mögliche signifikante Unterschiede zu den entsprechenden Resultaten der amerik. Scheine Erwähnung finden.³⁷⁷

Die Untersuchungen laufen getrennt in mehreren Phasen ab. Im ersten Teil werden die mittleren relativen Abweichungen (MPA) und mittleren betragsmäßigen relativen Abweichungen (MAPA) für unterschiedliche modellimmanente Einflussparameter ermittelt und einer statistischen Analyse unterzogen, wobei hier neben rein beschreibenden Techniken hauptsächlich

³⁷⁷ Dennoch werden für alle vier Optionsscheingruppen dieselben Untersuchungen durchgeführt. Bei den europ. Scheinen wird lediglich an entsprechender Stelle auf die Ergebnisübersichten bzw. Tabellen im Anhang verwiesen.

Mittelwertvergleiche und Mittelwerttests zum Einsatz kommen. Im Anschluss daran erfolgt im zweiten Teil die Untersuchung nicht modellimmanenter Einflüsse, wobei der Schwerpunkt hier in einer nach Emittenten gegliederten Analyse der auftretenden mittleren Abweichungen liegt. An dieser Stelle werden nach erfolgten Mittelwertvergleichen zwischen den Emittenten bereits die Einflüsse modellimmanenter kategorisierter Größen³⁷⁸ auf die Fehlbewertungen einzelner Emittenten grob skizziert. Daran anschließend wird im dritten Teil versucht, mithilfe von Regressionsanalysen in emittentenspezifischen Teilgesamtheiten die Wirkung verschiedener modellimmanenter und modellfremder Parameter auf den Grad der Abweichungen einzeln sowie evtl. vorliegende Wirkungszusammenhänge mehrerer Größen aufzudecken und zu analysieren. Die folgenden vier Regressionsmodelle kommen für alle vier Optionsscheingruppen zur Anwendung.

Modell I: Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Modellwert (MW) als abhängiger Variable und Marktpreis (MP) als Regressor;

$$MW_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot MP_i + u_i \quad (i = 1, \dots, n); \quad (7-3)$$

Modell II: Untersuchung der Abhängigkeit zwischen relativer Abweichung

$$\left(PA = \frac{MW - MP}{MP} \right) \text{ als abhängige Variable und dem Regressor}$$

$$\text{Moneyness} \left(\frac{I}{X} \right);$$

$$\underbrace{\frac{MW_i - MP_i}{MP_i}}_{PA_i} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{I_i}{X} \right) + u_i \quad (i = 1, \dots, n); \quad (7-4)$$

Modell III: Untersuchung der Abhängigkeit zwischen relativer Abweichung

$$\left(PA = \frac{MW - MP}{MP} \right) \text{ als abhängige Variable und dem Regressor}$$

$$\text{Restlaufzeit} (\tau);$$

³⁷⁸ Gemeint sind die in die bereits bekannten Klassen kategorisierten Merkmale Moneyness und Restlaufzeit.

$$\underbrace{\frac{MW_i - MP_i}{MP_i}}_{PA_i} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \tau_i + u_i \quad (i=1, \dots, n); \quad (7-5)$$

Modell IV: Untersuchung der Abhängigkeit zwischen relativer Abweichung

$\left(PA = \frac{MW - MP}{MP} \right)$ als abhängige Variable und den Regressoren

Moneyness $\left(\frac{I}{X} \right)$, Restlaufzeit (τ) und Umsatz (v);

$$\underbrace{\frac{MW_i - MP_i}{MP_i}}_{PA_i} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{I_i}{X} \right) + \beta_2 \cdot \tau_i + \beta_3 \cdot v_i + u_i \quad (7-6)$$

mit $v_i = \begin{cases} 1 & \text{für "Kurs mit Umsatz"} \\ 0 & \text{für "Kurs ohne Umsatz"} \end{cases} \quad (i=1, \dots, n);$

Bei allen vier Modellen beschreibt jeweils β_0 die Konstante (Absolutglied) und β_k den Regressionskoeffizienten (Steigungsparameter) des Regressors k . Die Schätzung der Regressionsparameter erfolgt nach der Methode der kleinsten Quadrate mit einer Störvariablen u_i , die den Annahmen des Klassischen Linearen Regressionsmodells (KLR) genügt.³⁷⁹

Im Anschluss an die regressionsanalytische Untersuchung erfolgt auf Basis der bis dahin gewonnenen emittentenspezifischen Erkenntnisse im Rahmen einer abschließend durchgeführten Clusteranalyse der Versuch, einzelne Emittenten bzw. Gruppen von Emittenten zu extrahieren, die ein besonders homogenes Bild bzgl. auftretender Fehlbewertungen abgeben.

³⁷⁹ Die Störvariablen sollen demzufolge einen Erwartungswert von null aufweisen, homoskedastisch sowie unkorreliert sein. Eine spezielle Verteilungsannahme (Normalverteilung) wird erst bei konkreten Signifikanztests vorausgesetzt.

7.2 Fehlbewertungsanalyse für DAX-Calls

7.2.1 Modellimmanente Einflussgrößen

7.2.1.1 Volatilitätsschätzer

Hinsichtlich vier unterschiedlicher Volatilitätsschätzer, annualisiert mit Handels- bzw. Kalendertagen, stellen sich für die 80.467 untersuchten Kurse amerik. Calls die nachfolgend in Tab. 7.3a und 7.3b verzeichneten Kennzahlen für die relativen und betragsmäßig relativen Bewertungsabweichungen ein.³⁸⁰

Parameter	250-Tage-Volatilität				365-Tage-Volatilität			
	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
Mittelwert	0,1720	0,2077	0,2095	0,1890	0,3663	0,4189	0,4226	0,3937
Median	0,0112	0,0456	0,0660	0,0647	0,0773	0,1190	0,1480	0,1492
Std.abw.	0,5462	0,4861	0,4051	0,3470	0,9236	0,8588	0,7475	0,6586
Schiefe	6,7627	4,7852	3,9932	3,7470	6,2930	4,6198	3,8437	3,5822
Kurtosis	71,8178	34,3313	23,5580	19,9367	61,5762	30,9644	20,8717	17,7576
Minimum	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
Maximum	13,5798	8,9067	5,8670	4,3265	21,1134	14,2449	10,0186	7,8934
Spannweite	14,5798	9,9067	6,8670	5,3265	22,1134	15,2449	11,0186	8,8934

Tab. 7.3a: Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aC]

Alle Mittelwerte sind signifikant von null verschieden,³⁸¹ sodass im Mittel signifikante Fehlbewertungen des Black/Scholes-Modells bei den amerik. Calls testiert werden können. Betrachtet man die Lage von Mittelwert und Median sowie die extrem hohen Schiefe- und Kurtosiszahlen, wird tendenziell eine Überbewertung durch das Modell durchgängig bei allen verwendeten Volatilitätsschätzern sichtbar.

³⁸⁰ Ohne die eingangs beschriebene Datenbereinigung ergäben sich hingegen Mittelwerte bei den PA, die bei Verwendung von Handelstagen durchweg in Bereichen zwischen 32,80% und 39,58% und bei Kalendertagen als Basis zwischen 76,06% und 89,62% zu finden wären.

³⁸¹ T-Tests für alle zwölf ermittelten Werte kommen bei einem Testwert von null alle deutlich zur Ablehnung der Nullhypothese (Sign. jeweils 0,000).

<i>Parameter</i>	<i>250-Tage-Volatilität</i>				<i>365-Tage-Volatilität</i>			
	<i>30 Tage</i>	<i>60 Tage</i>	<i>90 Tage</i>	<i>120 Tage</i>	<i>30 Tage</i>	<i>60 Tage</i>	<i>90 Tage</i>	<i>120 Tage</i>
<i>Mittelwert</i>	0,2026	0,2283	0,2211	0,1967	0,3749	0,4242	0,4260	0,3965
<i>Median</i>	0,0452	0,0640	0,0752	0,0702	0,0817	0,1215	0,1496	0,1503
<i>Std.abw.</i>	0,5371	0,4768	0,3989	0,3427	0,9202	0,8562	0,7456	0,6569
<i>Schiefe</i>	7,0175	4,9687	4,1212	3,8454	6,3408	4,6481	3,8644	3,6018
<i>Kurtosis</i>	76,2463	36,4578	24,7442	20,7439	62,3137	31,2612	21,0453	17,9068
<i>Minimum</i>	1E-06	1E-06	1E-06	1E-06	1E-06	1E-06	1E-06	1E-06
<i>Maximum</i>	13,3798	8,9067	5,8670	4,3265	21,1134	14,2449	10,0186	7,8934
<i>Spannweite</i>	13,3798	8,9067	5,8670	4,3265	21,1134	14,2449	10,0186	7,8934

Tab. 7.3b: Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aC]

Die Verwendung von Kalendertagen als Annualisierungsbasis führt im jeweiligen Vergleich stets zu größeren Abweichungen, sodass sich die Vermutung einer besseren Eignung der 250-Tage-Volatilitäten bestätigen. Beim Vergleich der 30- bis 120-Tage-Volatilitäten auf Basis von Handelstagen resultieren die geringsten Mittelwerte – sowohl bei den relativen als auch bei den betragsmäßigen relativen Abweichungen – bei der 30-Tage und 120-Tage-Volatilität. Zwar ist die MPA der 120-Tage-Volatilität mit 18,9% im Vergleich zum entsprechenden 30-Tage-Wert geringfügig höher, dennoch weist sie, insbesondere bei Betrachtung der Extremwerte, verhältnismäßig bessere Werte auf.

Für die europ. Calls ergeben die Untersuchungen hinsichtlich der am besten geeignetsten Volatilitätsschätzer ein fast analoges Bild ab.³⁸² Die MPA- bzw. MAPA-Werte befinden sich alle auf vergleichbarem Niveau zu denen amerik. Calls. Bei den Handelstage-Volatilitäten sind Mittelwert zwischen 15,2% und 20,9% auszumachen, während die entsprechenden Kalendertag-Werte zwischen 31,8% und 39,9% rangieren. Die besten Ergebnisse hinsichtlich der geringsten mittleren Abweichungen liefert erneut der (30/250)-Tage-Schätzer. Allerdings treten hierbei auch die höchsten Extremwerte auf (max. MPA 1.698%). Die auf Basis von 90 Tagen errechnete Volatilität liegt beim Durchschnitt zwar geringfügig über dem 30-Tage-Wert, schließt man aber auch die Werte für die Standardabweichung, die Schiefe und den Maximalwert mit in die Beurteilung ein, kann auch für diesen Schätzer eine besonders gute Eignung festgestellt werden.

³⁸² Siehe dazu Tab. C1.1a und C1.1b im Anhang.

Es zeigt sich, dass die Annualisierung mit 365 Tagen durchweg zu höheren Abweichungen führt, weshalb die folgenden Untersuchungen nur noch für die vier Volatilitätsschätzer auf Handelstagebasis fortgeführt werden.

7.2.1.2 Moneyness und Restlaufzeit

Der Wert für die MPA bzw. MAPA steigt mit abnehmender Moneyness – unabhängig vom Schätzer für die Volatilität – stark an, d. h. je weiter sich amerik. Calls aus dem Geld bewegen, umso extremer fallen die Überbewertungen durch das Black/Scholes-Modell aus (vgl. Tab. 7.4). Die Ergebnisse der MPA bei Scheinen tief im Geld (bei der 30-Tage-Volatilität bereits bei im-Geld-notierenden Scheinen) deuten hingegen auf geringe Unterbewertungen hin.

Ein analoges Bild zeigt sich auch hier wieder bei den europ. Calls,³⁸³ weshalb in Abb. 7.2 der Zusammenhang zwischen Moneyness-Kategorie und MPA für die beiden Volatilitätsschätzer mit den geringsten mittleren Abweichungen nur für die amerik. Calls veranschaulicht wird.

<i>Moneyness-Kategorie</i>	<i>Vola(30/250)</i>		<i>Vola(60/250)</i>		<i>Vola(90/250)</i>		<i>Vola(120/250)</i>	
	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>
DOTM	0,4738	0,5036	0,5224	0,9436	0,4964	0,4492	0,4930	0,4492
OTM	0,0506	0,0908	0,1006	0,1520	0,1296	0,1346	0,1295	0,1346
ATM	0,0044	0,0376	0,0266	0,0438	0,0382	0,0418	0,0356	0,0418
ITM	-0,0008	0,0180	0,0116	0,0178	0,0152	0,0186	0,0118	0,0186
DITM	-0,0050	0,0096	0,0006	0,0024	0,0022	0,0084	-0,0004	0,0084

Tab. 7.4: MPA und MAPA nach Moneyness-Kategorien [aC]

Signifikanztests für die mittleren relativen Abweichungen führen bei beiden Optionsscheingruppen, trotz dieser augenscheinlich geringen Werte in den Moneyness-Kategorien ITM und DITM, für alle Volatilitäten zum Ergebnis signifikanter Fehlbewertungen.³⁸⁴

³⁸³ Siehe dazu Tab. C1.2 im Anhang.

³⁸⁴ Dies ist das Ergebnis von je 20 t-Tests je Gruppe. Bei einem Testwert von null kann in jedem Fall die Nullhypothese abgelehnt werden (Sign. jeweils 0,000).

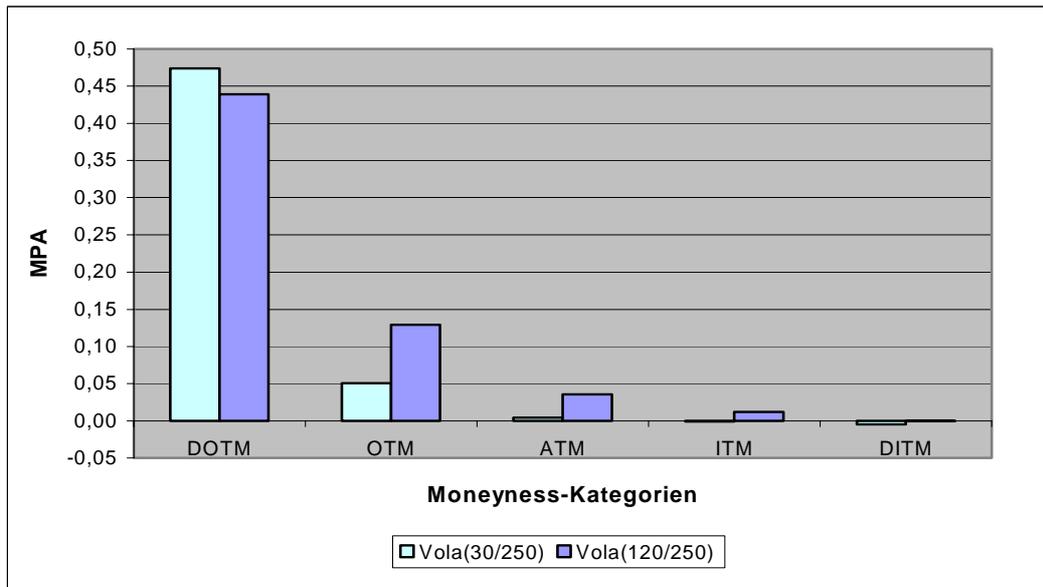


Abb. 7.2: MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Moneyness-Kategorien [aC]

Werden die bereits bekannten Restlaufzeitkategorien betrachtet, stellen sich die in Tab. 7.5 für amerik. Calls aufgeführten mittleren prozentualen Abweichungen ein. In Abb. 7.3a finden sich zudem die relativen Abweichungen bei Verwendung der 30- und 120-Tage-Volatilitätsschätzer über alle Restlaufzeit-Kategorien betrachtet.

RLZ-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
1	-0,0148	0,0442	0,0286	0,0830	0,0268	0,0754	0,0476	0,0770
2	0,0576	0,1108	0,0588	0,1034	0,1214	0,1434	0,1008	0,1226
3	0,1606	0,1942	0,1966	0,2210	0,2168	0,2318	0,1968	0,2070
4	0,2022	0,2284	0,2442	0,2590	0,2342	0,2416	0,2140	0,2174
5	0,2242	0,2426	0,2672	0,2772	0,2306	0,2360	0,2024	0,2044
6	0,0650	0,0756	0,0822	0,0862	0,0740	0,0754	0,0672	0,0674

Tab. 7.5: MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [aC]

Allgemein ergeben sich die besten Ergebnisse bei Restlaufzeiten bis 30 Tage. Die 30-Tage-Volatilität liegt in dieser Klasse erwartungsgemäß mit einer durchschnittlichen Unterbewertung in Höhe von nur 1,48% sehr nahe am Idealzustand. Mit einem Anstieg der Restlaufzeit auf bis unter zwei Jahren ist eine Zunahme der mittleren Abweichungen auf 22,42% ersichtlich. In RLZ-Kategorie 6 (über zwei Jahre) fallen die MPA- und MAPA aber wieder deutlich ab. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass in diesen Klassen nur 3,3% aller relevanten Kurse

vertreten sind. Festgestellt werden kann auch, dass mit Zunahme der Restlaufzeit – insbesondere in den Klassen 4 und 5 – der längerfristige 120-Tage-Volatilitätsschätzer geringfügig zu besseren Ergebnissen führt.

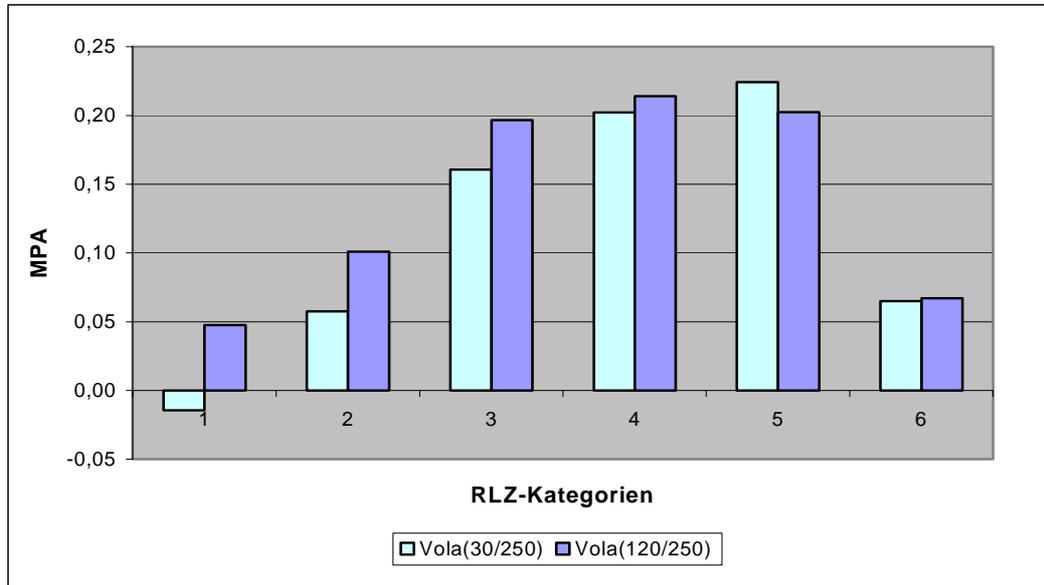


Abb. 7.3a: MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Restlaufzeit-Kategorien [aC]

Bei den europ. Calls erhält man bei allen Volatilitätsschätzern in den RLZ-Kategorien 1 bis 5 nahezu identische Ergebnisse.³⁸⁵ Einzig in der Klasse mit Restlaufzeiten über zwei Jahren ist im Vergleich zu den amerik. Calls ein sprunghafter Anstieg der Werte – zumindest bei den 30- und 60-Tage Volatilitäten – auszumachen. Hier erweisen sich aber die 90-Tage und insbesondere die 120-Tage-Volatilität als beste Schätzer (vgl. Abb. 7.3b).

³⁸⁵ Siehe dazu Tab. C1.3 im Anhang.

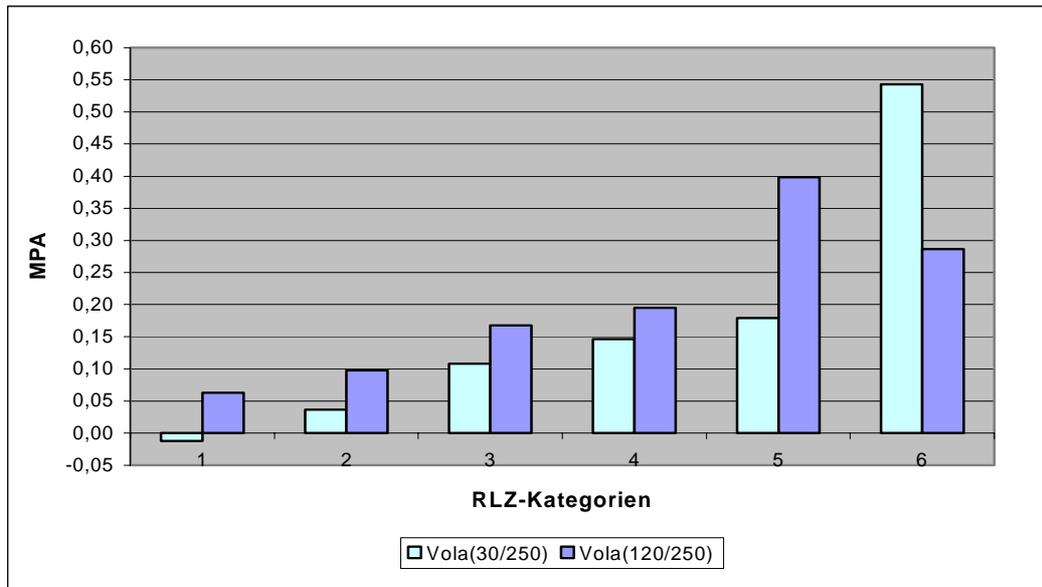


Abb. 7.3b: MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Moneyness-Kategorien [eC]

Bevor nach dieser Einzelbetrachtung eine Kombination von Moneyness- und Restlaufzeitklassen erfolgt und die darin auftretenden Abweichungsmittelwerte untersucht werden, soll vorweg noch kurz auf eine evtl. bestehende Korrelation zwischen den beiden Parametern eingegangen werden. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt bei den amerik. Calls -0,166, bei den europ. Calls -0,318. Beide Werte sind signifikant auf einem Niveau von 1% von null verschieden. Diese leichte negative Korrelation bedeutet, dass bei Scheinen mit geringen Restlaufzeiten eher mit einem höheren Moneyness-Wert gerechnet werden kann. Der lineare Zusammenhang ist aber verhältnismäßig schwach, wie auch bedingt in Abb. 7.4 zu erkennen ist.³⁸⁶ Hier ist eine klare lineare Tendenz nur schwer auszumachen ist. Zudem sei noch bemerkt, dass ein Gegenlauf zwischen Moneyness und Restlaufzeit plausibel in Börsenphasen mit steigender Tendenz des Kursverlaufs erscheint, da hier die Scheine mit fortschreitender Zeit (und damit korrespondierender Abnahme der Restlaufzeit) mit größerer Chance (weiter) ins Geld gelangen. Der hier betrachtete Untersuchungszeitraum stellt zwar einen Ausschnitt aus einem intakten mittelfristiger Abwärtstrend dar, dennoch weist dieser Kursabschnitt auch mehrmonatige Phasen der Erholung (speziell nach dem Kurstief am 21.09.2001) bzw. Seitwärtsbewegungen auf,

³⁸⁶ Bei diesem „Sonnenblumen“-Diagramm steht für jedes „Blütenblatt“ ein untersuchter Wert. Die Blütenmitte repräsentiert den Mittelwert der jeweiligen „Blütenblätter“. Ein ähnliches Bild ergibt sich für europ. Calls, sodass auf dessen Darstellung verzichtet wird.

sodass von dieser Seite her betrachtet die Korrelationsresultate nicht im Widerspruch stehen.

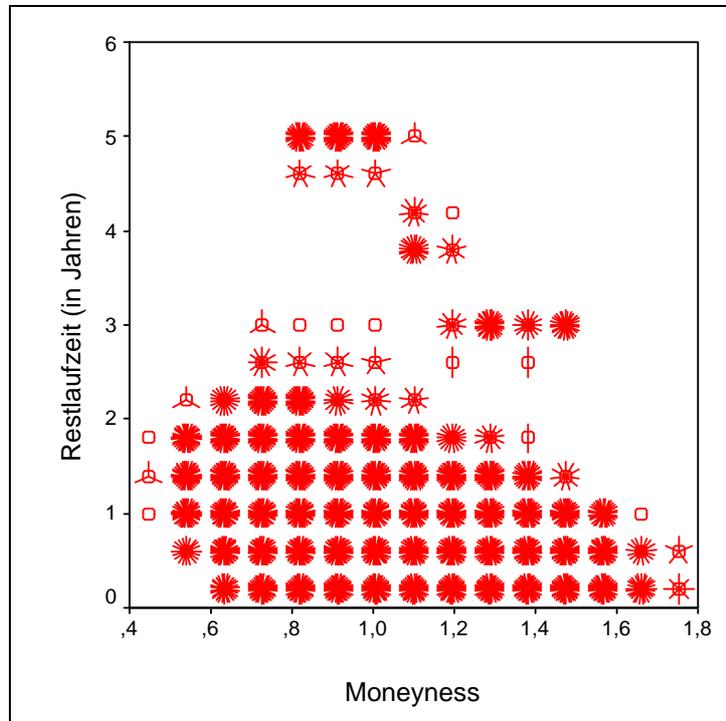


Abb. 7.4: Streudiagramm für Moneyness und Restlaufzeit [aC]

Für die 30 möglichen Kombinationen aus Moneyness- und Restlaufzeitklassen stellt sich bei den amerik. bzw. europ. Calls für die mittleren Abweichungen zwischen Modellwert und Marktpreis der in Abb. 7.5a bzw. 7.5b für die 30-Tage-Volatilität beispielhaft dargestellte Verlauf ein.³⁸⁷

Die größten mittleren relativen Abweichungen sind in beiden Gruppen bei tief-aus-dem-Geld-liegenden Scheinen zu verzeichnen. Bei Restlaufzeiten bis zu einem Monat ergibt sich bei allen 25 in dieser Kategorienkombination vorkommenden Notierungen amerik. Calls im Mittel eine starke Unterbewertung mit einem MPA-Wert von -79%. Dieses Ergebnis darf jedoch nicht überschätzt

³⁸⁷ Grundlage der Darstellung sind die 30 MPA-Werte aller Kombinationen aus Moneyness- und RLZ-Klassen für die Vola(30/250). Für alle weiteren historischen Volatilitäten (auf Handelstagebasis) sind die entsprechenden „Fehlbewertungsgebirge“ im Anhang dargestellt (siehe Abb. C1.1a bis C1.1c bzw. C1.2a bis C2.2c). Die hierzu gehörenden Werte sind den Tabellen C1.4a (für amerik. Calls) und C1.4b (für europ. Calls) im Anhang zu entnehmen. Bei den Abbildungen für die europ. Calls ist allerdings anzumerken, dass mangels Notierungen in der Kategorienkombination RLZ 1 und DOTM die entsprechenden Werte aus der Kategorie RLZ 1 und OTM übernommen wurden, um nicht durch einen Wert von null die Darstellungen zu stark zu verfälschen.

werden, da eine genauere Betrachtung zeigt, dass von den betroffenen Notierungen allein 22 nur von einem einzigen Emittenten stammen und davon wiederum 16 nur einen Optionsschein betreffen. Daher ist aufgrund fehlender Breite generell keine verlässliche Aussage hinsichtlich der Höhe und Richtung amerik. Calls in der betrachteten Kategorienkombination möglich.³⁸⁸ Bei allen Restlaufzeiten über einem Monat treten extrem hohe Überbewertungen mit MPA-Werten bis an die 49% auf. Für europ. Calls sind die Überbewertungen bei DOTM-Scheinen und langen Restlaufzeiten besonders hoch (90,4%). Eine Aussage über tief-aus-dem-Geld-notierende Scheine mit Restlaufzeiten unter 30 Tagen kann angesichts fehlender Kurse in dieser Kombination nicht getroffen werden.³⁸⁹ Es treten zwar in der Klasse DOTM die größten Fehlbewertungen auf, ein einheitliches Bild im Hinblick auf die Restlaufzeit ist aber weder bei den amerik. noch bei den europ. Calls erkennbar.

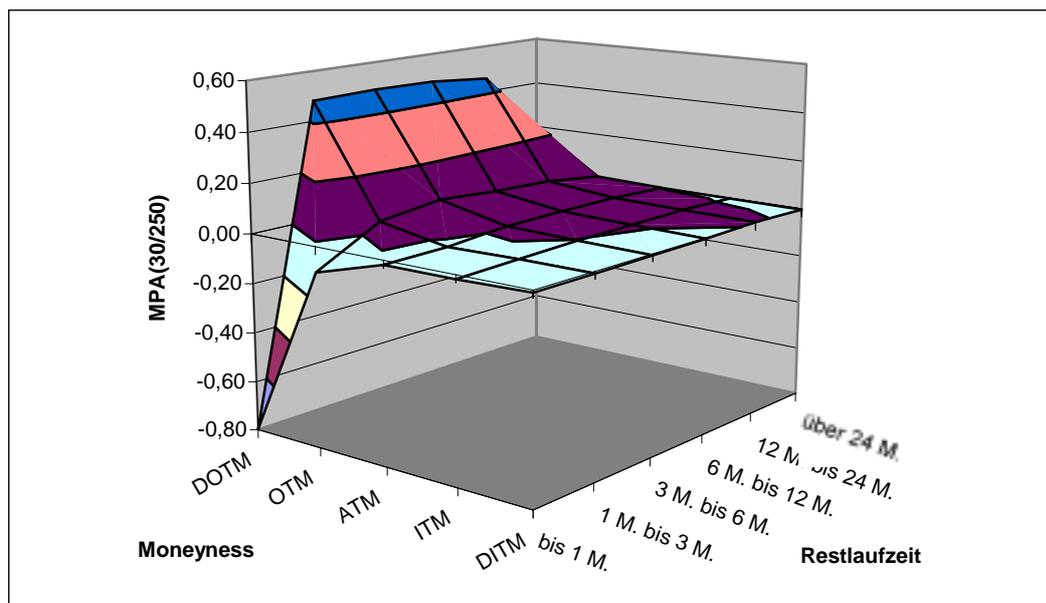


Abb. 7.5a: $MPA(30/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC]

³⁸⁸ Bei den angesprochenen Kursen handelt es sich ausnahmslos um umsatzlose Notierungen, bei denen in den letzten Tagen vor dem Verfallstermin durch den Emittenten keinerlei Kursanpassungen mehr vorgenommen wurden. Demzufolge nehmen, bedingt durch den Zeitwertverfall der BS-Modellwerte, die PA-Werte im Mittel derart negative Ausmaße an. Anzumerken ist, dass diese extremen Notierungen die Fehlbewertungsmittelwerte für die Gesamtheit aller Calls allerdings nur minimal beeinträchtigen.

³⁸⁹ Es wurde zur grafischen Darstellung in dieser Klasse jeweils der entsprechende Wert der Kombination OTM/RLZ 1 übernommen.

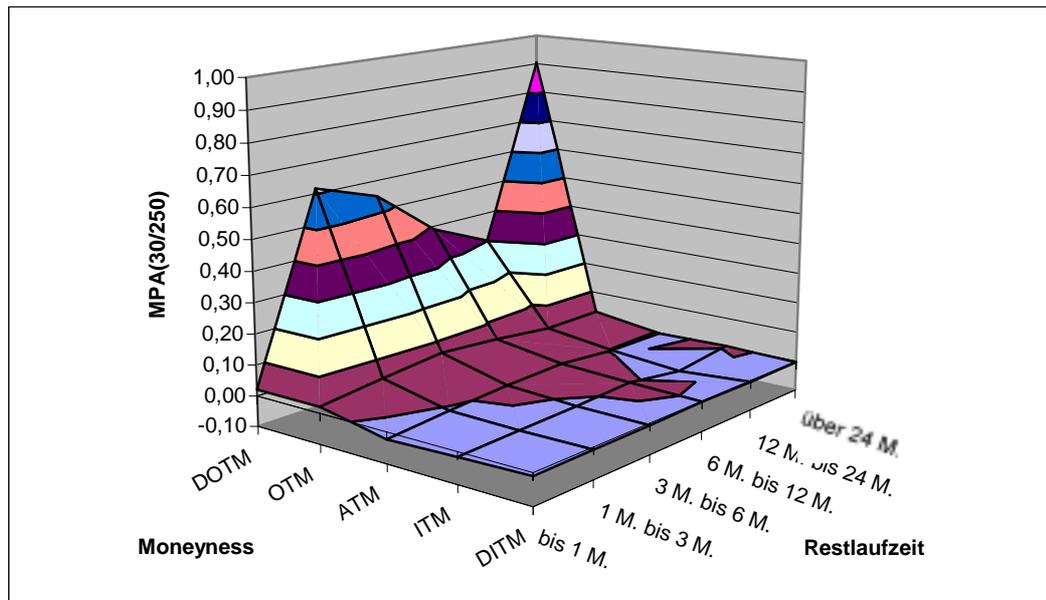


Abb. 7.5b: $MPA(30/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [eC]

Die mittleren Fehlbewertungen sind dagegen bei allen Scheinen tief im Geld, im Geld und am Geld über alle Restlaufzeiten betrachtet von verhältnismäßig unbedeutendem Ausmaß. Bei DITM-Scheinen ist ab einer Laufzeit von unter einem Jahr mit abnehmbarer Restlaufzeit eine Tendenz hin zu geringen Unterbewertungen erkennbar. Die Unterbewertungen treten auch bei Scheinen bis zur Moneyness-Kategorie ATM auf, allerdings erst bei Restlaufzeiten von unter sechs Monaten. Davon zeugen auch die in Tab. C1.5a und C1.5b im Anhang ausgewiesenen bivariaten Korrelationskoeffizienten nach Pearson. Für alle Volatilitäten liegen die Koeffizienten zwischen der Restlaufzeit und der relativen Abweichung im leicht positiven Bereich zwischen 0,019 und 0,041 bei den amerik. und zwischen 0,125 und 0,167 bei den europ. Calls. Die Moneyness hingegen weist mit Werten zwischen -0,383 und -0,497 bei den amerik. und zwischen -0,405 und -0,644 bei den europ. Calls einen durchaus beachtenswerten negativen linearen Zusammenhang zur relativen Abweichung auf.³⁹⁰

³⁹⁰ Angemerkt sei, dass hier nur die Stärke eines evtl. linearen Zusammenhangs zum Ausdruck kommt. Die Werte der Korrelationskoeffizienten sind bis zu einem Niveau von 2% signifikant von null verschieden. Mögliche weitere nichtlineare Zusammenhänge bleiben unberücksichtigt.

7.2.2 Modellfremde Einflussgrößen

7.2.2.1 Umsatz

Analog zu den Untersuchungen bei den Wertgrenzenverletzungen gilt es auch hier zu überprüfen, in wie weit tatsächlich stattfindender bzw. fehlender Handel sich auf die Abweichungen zwischen Marktpreis und Modellwert auswirkt.

Von den vorliegenden Kursen für die amerik. Calls kamen knapp ein Drittel (30,45%), bei den europ. Calls nur knapp ein Viertel (24,3%) mit Umsatz zustande. Die Tab. 7.6a und 7.6b geben für beide Optionsscheingruppen die MPA-Werte für die Volatilitäten auf Handelstagebasis für Kurse mit und Kurse ohne Umsatz wieder.

<i>Kurse</i>	<i>Anzahl der Kurse</i>	<i>MAPA(30/250)</i>	<i>MAPA(60/250)</i>	<i>MAPA(90/250)</i>	<i>MAPA(120/250)</i>
<i>mit Umsatz</i>	27747	0,2166	0,1918	0,1740	0,1500
<i>ohne Umsatz</i>	55750	0,1964	0,2446	0,2420	0,2174

Tab. 7.6a: MAPA nach Umsatz-Gruppen [aC]

<i>Kurse</i>	<i>Anzahl der Kurse</i>	<i>MAPA(30/250)</i>	<i>MAPA(60/250)</i>	<i>MAPA(90/250)</i>	<i>MAPA(120/250)</i>
<i>mit Umsatz</i>	2167	0,2488	0,2498	0,2526	0,2434
<i>ohne Umsatz</i>	6754	0,1434	0,1654	0,1802	0,2028

Tab. 7.6b: MAPA nach Umsatz-Gruppen [eC]

Hier zeigt sich ein nichteinheitliches Bild. Bei den amerik. Calls fallen die Mittelwerte der APA, abgesehen von der Vola(30/250), bei Kursen mit Umsatz geringer aus. Bei den europ. Calls ist aber durchweg eine gegenteilige Tendenz festzustellen. Die Unterschiede bei Kursen mit und ohne Umsatz sind zudem alle statistisch signifikant (Sign. jeweils 0,000).

Zur Erklärung dieser augenscheinlichen Diskrepanzen zwischen amerik. und europ. Calls dienen die folgenden Feststellungen über die Verteilung der Kurse hinsichtlich der Moneyness-Zugehörigkeit bei Kursen mit und Kursen ohne Umsatz. Bei den amerik. Calls ist der Großteil aller umsatzlosen Kurse tief aus

dem Geld (knapp 60% fallen in die Kategorien DOTM und OTM), wobei gerade in dieser Kategorie die größten prozentualen Abweichungen auftreten. Bei Kursen mit Umsätzen sind die Kurse weniger schief über die Moneyness-Kategorien verteilt. So befinden sich hier die meisten Kurse am bzw. gering aus dem Geld, also in Kategorien mit verhältnismäßig moderaten Abweichungen. Im Vergleich dazu entsteht bei den europ. Calls eine entgegengesetzte Verschiebung der Häufigkeitsverteilung. Umsatzlose Kurse sind hier in den Moneyness-Klassen 1 bis 4 relativ gleich auf, während die Notierungen mit Umsatz zu 42% in die Klasse DOTM fallen. Ein eindeutiger Einfluss des Parameters „Kurs mit/ohne Umsatz“ ist nicht quantifizierbar. Der Einfluss der Moneyness überlagert deutlich mögliche Auswirkungen des Umsatzes auf den Grad der Fehlbewertung.

7.2.2.2 Emittenten

Emittentenspezifische Unterschiede in den Fehlbewertungen stehen im Folgenden im Mittelpunkt der Betrachtung. Grundsätzlich ist es den Emittenten möglich, über die zugrundegelegte Volatilität (als einzigen zu prognostizierenden Parameter) bei der Ermittlung des aus ihrer Sicht fairen Wertes eines Optionsscheins, Einfluss auf die Preisfestsetzung und damit auf den Grad der Abweichungen vom Modellwert zu nehmen.³⁹¹ So können Über- bzw. Unterbewertungen, also positive bzw. negative Abweichungen zwischen Wert und Preis, auf den vom Emittenten verwendeten Volatilitätsschätzer zurückgeführt werden. Bei zugrundegelegten niedrigen Volatilitäten ergeben sich auch niedrige Modellwerte, an denen sich der Emittent bei seinem Preisgebot orientiert, was tendenziell zu einer Unterbepreisung bzw. Überbewertung führen kann. Umgekehrt können hohe Volatilitäten höhere Preise und damit Unterbewertungen nach sich ziehen. Die Emittenten verfügen damit über die Möglichkeit, aktiv und strategisch auf die Preissetzung und die daraus resultierenden Fehlbewertungen Einfluss zu nehmen. Wann welche Volatilitätsschätzer verwendet werden, lässt sich u. a. vom Verhältnis zwischen der Angebots- und Nachfrageseite ableiten. Bei einem Nachfrageüberhang (bspw. bei Neuemissionen) gelingt es durch Zugrundelegung einer hohen Volatilität höhere Preise durchzusetzen, während bei Situationen, in welchem mit einer hohen Rückkaufquote der Scheine zu rechnen

³⁹¹ Vgl. Thiel (2001), S. 223-225.

ist (bspw. bei Optionsscheinen mit kurzer Restlaufzeit und hoher Moneyness) die Preisgestaltung über eine niedrigere Volatilität auf geringerem Niveau gehalten wird.^{392 393}

Bei zwei Emittenten von amerik. Calls (JPM und GOL) ergeben sich mittlere betragsmäßige Abweichungen bei allen Volatilitäten von unter 7%. Die größten Werte mit bis zu 35,3% treten bei WLB und CIT auf (siehe Abb. 7.6). Auffallend ist bei Betrachtung der MPA in Tab. 7.7, dass es lediglich bei einem Emittenten (JPM) und nur bei der 30-Tage-Volatilität im Mittel zu geringen Unterbewertungen kommt. Bei allen anderen Emittenten sind die MPA generell positiv. Alle Abweichungsmittel sind zudem statistisch signifikant von null verschieden.³⁹⁴

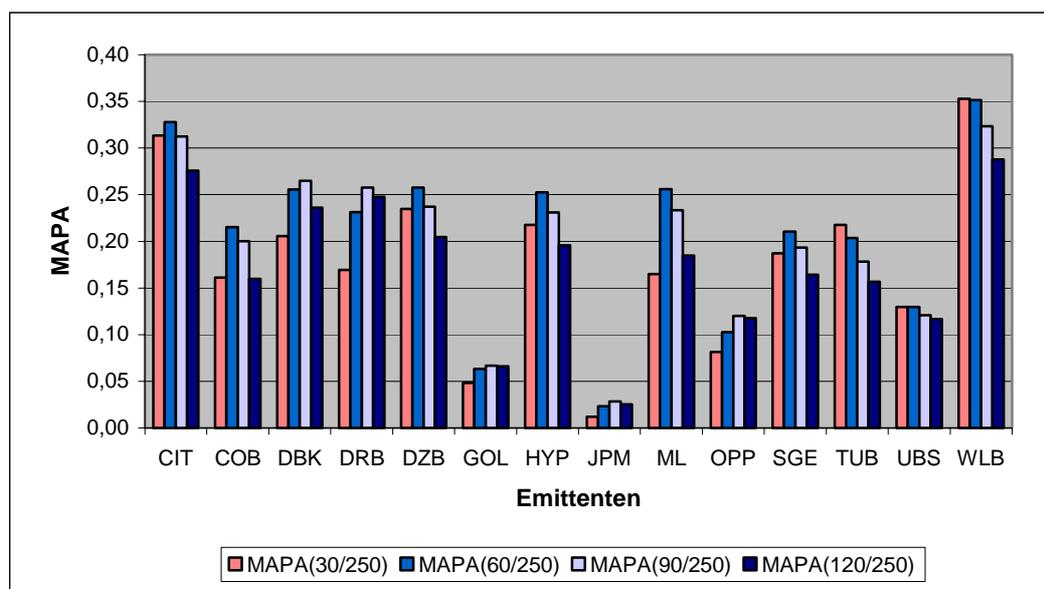


Abb. 7.6: MPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [aC]

Dass nicht von zufälligen Abweichungen zwischen den Emittenten ausgegangen werden kann, ist das Ergebnis von Mittelwertvergleichen für alle MPA-Werte in den entsprechenden Volatilitätsklassen.³⁹⁵

³⁹² Vgl. dazu auch Ho/Stoll (1981), S. 47-73.

³⁹³ Anzumerken ist, dass sich aufgrund des starken Wettbewerbs die Preisbeeinflussung in Grenzen halten wird, da die Gefahr besteht, bei zu extremen Abweichungen an Vertrauen bei den Investoren zu verlieren. Vgl. hierzu Thiel (2001), S. 225.

³⁹⁴ Bei 56 Einzeltests kann die Nullhypothese, die mittlere relative Abweichung betrage null, jeweils zum Niveau 0,000 deutlich verworfen werden.

³⁹⁵ Aufgrund fehlender Normalverteilung der untersuchten Variablen erfolgt der Vergleich jeweils mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests, der als nichtparametrischer Rangtest lediglich k stetige,

Emittenten	Anzahl der Kurse	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
CIT	7870	0,2909	0,3134	0,3123	0,3279	0,3024	0,3125	0,2703	0,2758
COB	2114	0,1285	0,1613	0,1916	0,2153	0,1842	0,2001	0,1505	0,1597
DBK	8977	0,1857	0,2055	0,2433	0,2557	0,2553	0,2650	0,2299	0,2360
DRB	8079	0,1331	0,1695	0,2022	0,2313	0,2380	0,2578	0,2300	0,2476
DZB	6314	0,1958	0,2346	0,2299	0,2578	0,2223	0,2371	0,1975	0,2045
GOL	4231	0,0230	0,0481	0,0530	0,0634	0,0607	0,0668	0,0578	0,0660
HYP	3342	0,1873	0,2176	0,2379	0,2527	0,2213	0,2310	0,1879	0,1958
JPM	426	-0,0020	0,0119	0,0184	0,0234	0,0278	0,0284	0,0253	0,0254
ML	3593	0,1492	0,1651	0,2482	0,2558	0,2288	0,2333	0,1819	0,1848
OPP	8252	0,0638	0,0816	0,0928	0,1026	0,1158	0,1201	0,1151	0,1177
SGE	8105	0,1319	0,1870	0,1711	0,2103	0,1718	0,1934	0,1480	0,1644
TUB	8250	0,1903	0,2175	0,1845	0,2037	0,1677	0,1782	0,1504	0,1567
UBS	2540	0,0908	0,1297	0,1070	0,1297	0,1101	0,1209	0,1091	0,1166
WLB	8374	0,3160	0,3528	0,3241	0,3514	0,3139	0,3235	0,2852	0,2877

Tab. 7.7: MPA und MAPA nach Emittenten [aC]

Mithilfe von Mittelwertvergleichen soll nachfolgend auch die Frage beantwortet werden, in wie weit die durchschnittlichen emittentenspezifischen Abweichungen abhängig von Moneyness bzw. Restlaufzeit sind.

Die geringsten mittleren relativen Abweichungen werden bei fast allen Emittenten auf Basis der 30-Tage-Volatilität erreicht. Daher werden diese Werte im Mittelwertverlaufdiagramm (Abb. 7.7), geordnet nach ansteigenden MPA-Werten, den Moneyness-Mittelwerten der Emittenten gegenübergestellt.³⁹⁶ Der Verlauf der Mittelwertlinien bestätigt indes den oben festgestellten negativen (linearen) Zusammenhang zwischen der Moneyness und der relativen Abweichung.³⁹⁷ Dabei weisen Emittenten wie JPM und GOL mit verhältnismäßig tief-im-Geld-stehenden Scheinen moderate Fehlbewertungen auf. Bei WLB und CIT hingegen, als jene Emittenten mit den größten relativen Abweichungen, notiert die überwiegende Anzahl ihrer Scheine in den Kategorien OTM und

unabhängige Zufallsvariablen voraussetzt und als Hypothese die Gleichheit der k Verteilungsfunktionen formuliert. Es ergeben sich dabei Ausprägungen der Prüfvariablen in Größenordnungen zwischen 2.796 und 4.825 (Sign. 0,000), was zur deutlichen Ablehnung der Nullhypothese führte.

³⁹⁶ Die Moneyness-Durchschnitte sowie die relative Häufigkeitsverteilung der Notierungen nach Moneyness-Klassen pro Emittent kann Tab. C1.6a im Anhang entnommen werden.

³⁹⁷ Es wurde bereits zwischen der PA(30/250) und der Moneyness ein Korrelationskoeffizient i . H. von -0,383 festgestellt. Siehe dazu auch Tab. C1.5a im Anhang.

DOTM.³⁹⁸ Allerdings sind von den 14 Emittenten zwölf mit amerik. Calls auf dem Markt, welche im Durchschnitt mit einer Moneyness kleiner eins aufwarten.

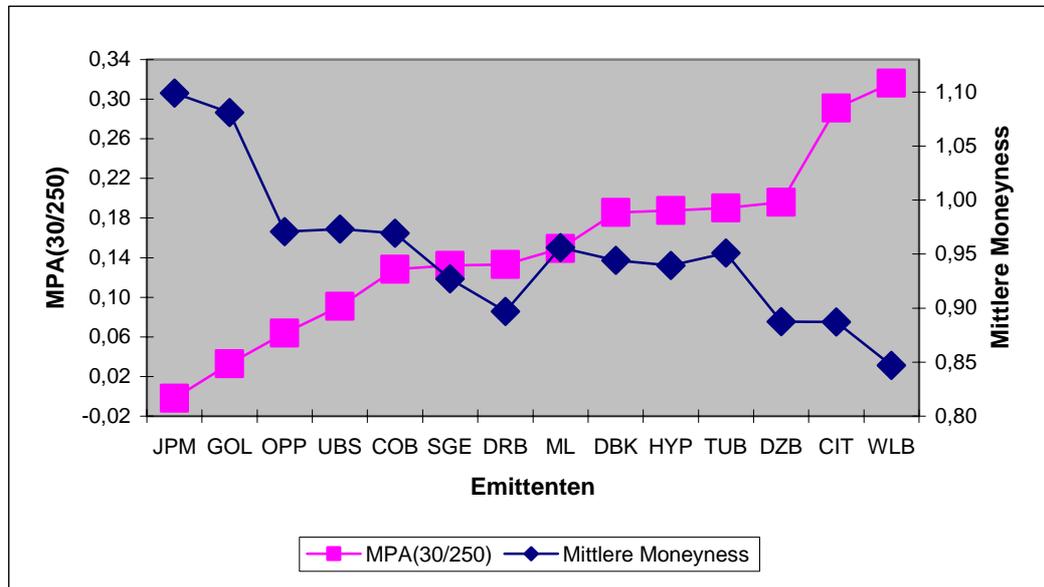


Abb. 7.7: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Moneyness nach Emittent [aC]

Für die europ. Calls sind die emittentenspezifischen Abweichungsmittelwerte bei verschiedenen Volatilitäten analog in Abb. 7.8 und Tab. 7.8 verzeichnet.

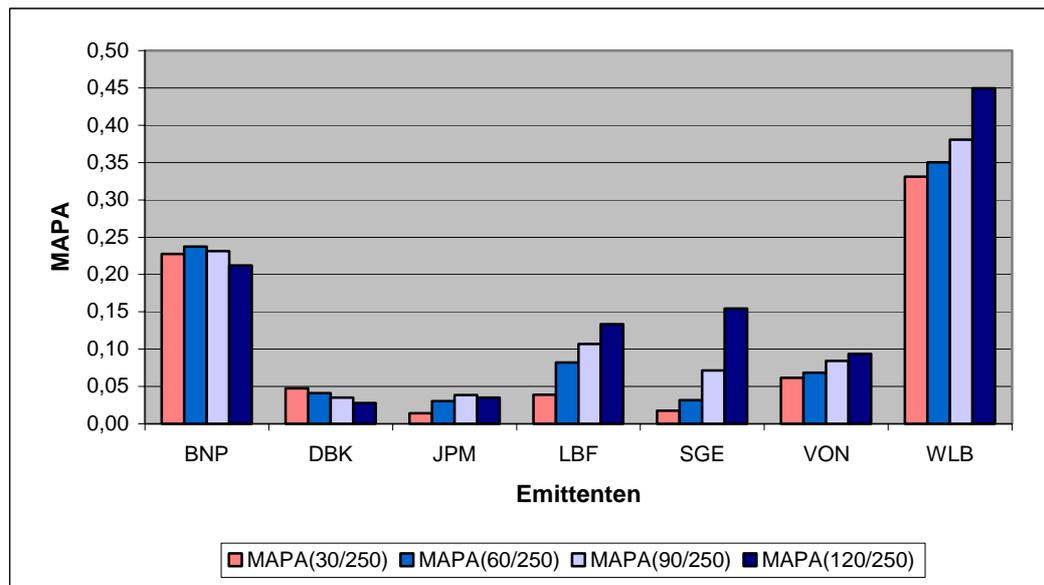


Abb. 7.8: MAPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [eC]

³⁹⁸ Der Anteil mit Kursen DOTM beträgt bei CIT 52,2% und bei WLB 45,4%. Bei allen anderen Emittenten reichen die Anteilswerte von 10,6% bis 34,7%.

Auch hier zeigen sich große Unterschiede zwischen den sieben Emittenten. Es fällt aber wieder auf, dass WLB erneut mit Abstand die größten und JPM die geringsten Werte aufweisen.³⁹⁹ Wie bei den amerik. Calls sind auch hier die „Spitzenreiter“ (BNP und WLB) mit einer übermäßig großen Anzahl ihrer Scheine tief aus dem Geld notiert, was sich im Mittelwertverlaufdiagramm (Abb. 7.9) deutlich an den hohen Moneyness-Mittelwerten zeigt.⁴⁰⁰

Emittenten	Anzahl der Kurse	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
BNP	3125	0,2048	0,2274	0,2256	0,2374	0,2258	0,2314	0,2088	0,2122
DBK	253	0,0326	0,0476	0,0286	0,0410	0,0254	0,0350	0,0222	0,0280
JPM	284	0,0024	0,0142	0,0266	0,0304	0,0380	0,0384	0,0352	0,0352
LBF	889	0,0318	0,0388	0,0798	0,0820	0,1062	0,1068	0,1328	0,1334
SGE	240	-0,0030	0,0176	0,0280	0,0316	0,0710	0,0712	0,1544	0,1544
VON	2235	0,0328	0,0616	0,0544	0,0686	0,0784	0,0844	0,0870	0,0938
WLB	2895	0,3212	0,3310	0,3456	0,3502	0,3772	0,3808	0,4454	0,4496

Tab. 7.8: MPA und MAPA nach Emittenten [eC]

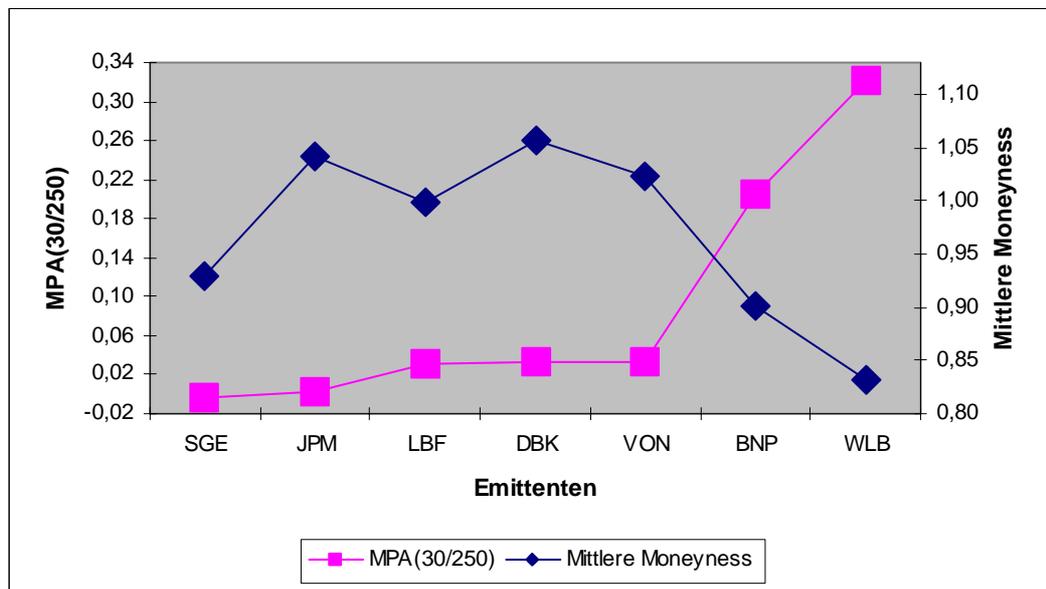


Abb. 7.9: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Moneyness nach Emittent [eC]

³⁹⁹ Kruskal-Wallis-Tests gelangen auch hier jeweils zur eindeutigen Ablehnung der Gleichheitshypothese für die emittentenspezifischen MPA-Werte.

⁴⁰⁰ Bei WLB beträgt der DOTM-Anteil 50,1% und bei BNP 43,2%. Alle anderen Emittenten weisen in dieser Kategorie lediglich Kurshäufigkeiten zwischen 5,7% und 25% auf. Siehe dazu auch Tab. C1.6b, in der die relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Moneyness-Klassen je Emittent für die europ. Calls wiedergegeben wird.

Auffallend sind auch die Werte von SGE, wonach dieser Emittent mit einer mittleren Moneyness von 0,93 zwar den drittkleinsten Wert annimmt, allerdings verbunden mit den geringsten Fehlbewertungen. Zumindest ein Emittent europ. Calls weicht damit von der festgestellten Tendenz des Zusammenhangs zwischen Moneyness und PA ab.

Abweichend von den Ergebnissen die Moneyness betreffend, kann eine einheitliche und eindeutige Tendenz im Zusammenhang zwischen der Restlaufzeit und den emittentenspezifischen Abweichungen nicht festgestellt werden (siehe Abb. 7.10). Während die durchschnittlichen Restlaufzeiten bei 13 Emittenten amerik. Calls zwischen vier und zehn Monaten liegen, weicht hiervon nur JPM deutlich ab.⁴⁰¹ Die untersuchten Scheine dieses Emittenten liegen mit Restlaufzeiten zwischen knapp drei und fünf Jahren in einem für amerik. Call-Optionsscheine eher untypisch langen Zeitraum. Neben den längsten Restlaufzeiten und größten Moneyness-Werten sind hier auch die minimalsten Abweichungen zwischen Modellwert und Marktpreis festzustellen.⁴⁰² Damit beweist JPM erneut seine Ausnahmestellung unter den untersuchten 14 Emittenten. Interessant ist zudem die Feststellung, dass die Ausreißerposition von JPM in Bezug auf die Restlaufzeit dazu beiträgt, den gering positiv festgestellten linearen Zusammenhang weiter abzuschwächen. So ergäbe sich ohne die verhältnismäßig kleine Anzahl von nur 426 Kursen von JPM zwischen der PA(30/250) und der Restlaufzeit ein Korrelationskoeffizient von 0,063 im Vergleich zu 0,041 bei Einbeziehung von JPM.

⁴⁰¹ Siehe dazu auch Tab. C1.7a im Anhang. Auf eine Darstellung der relativen Kurshäufigkeiten in den sechs Restlaufzeit-Kategorien je Emittent wird aufgrund der geringen emittentenspezifischen Unterschiede verzichtet. Ausgewiesen sind lediglich die Mittel- und Extremwerte bzgl. der Restlaufzeit pro Emittent.

⁴⁰² Der Gegenlauf zwischen Moneyness und Restlaufzeit wird bei diesen sechs Optionsscheinen besonders deutlich. So beträgt der Wert des Korrelationskoeffizienten nach Pearson -0,922. Bei allen anderen Emittenten bewegen sich hingegen die Korrelationskoeffizienten in Bereichen zwischen -0,080 und -0,424.

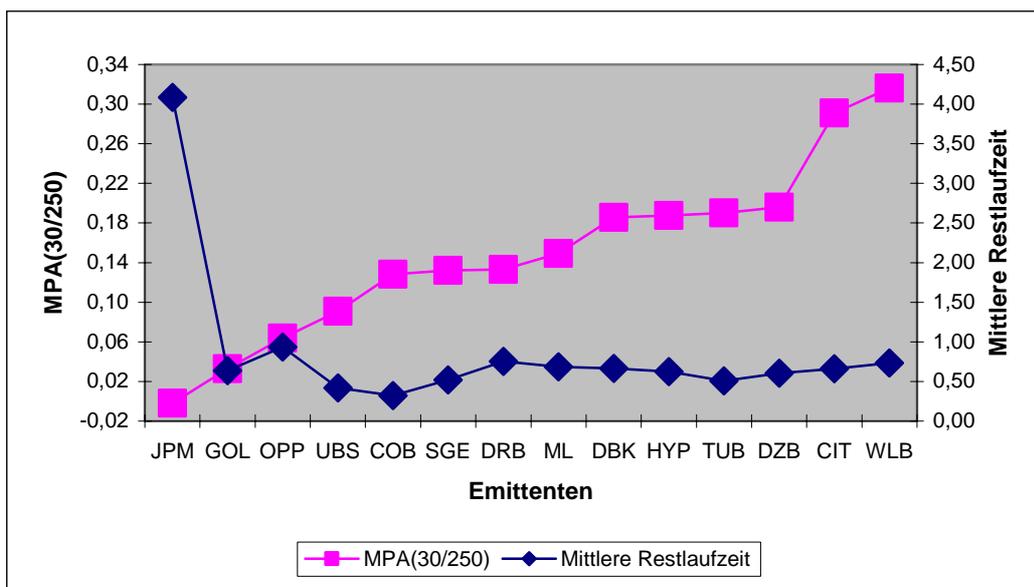


Abb. 7.10: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Restlaufzeit nach Emittent [aC]

Das Mittelwertverlaufdiagramm (Abb. 7.11) weist bei den europ. Calls auf eine noch uneinheitlichere Situation hin. Bei sechs Emittenten liegen die durchschnittlichen Restlaufzeiten unter 20 Monaten. Nur JPM weicht auch hier mit einem Durchschnittswert von 5,05 Jahren deutlich ab.⁴⁰³

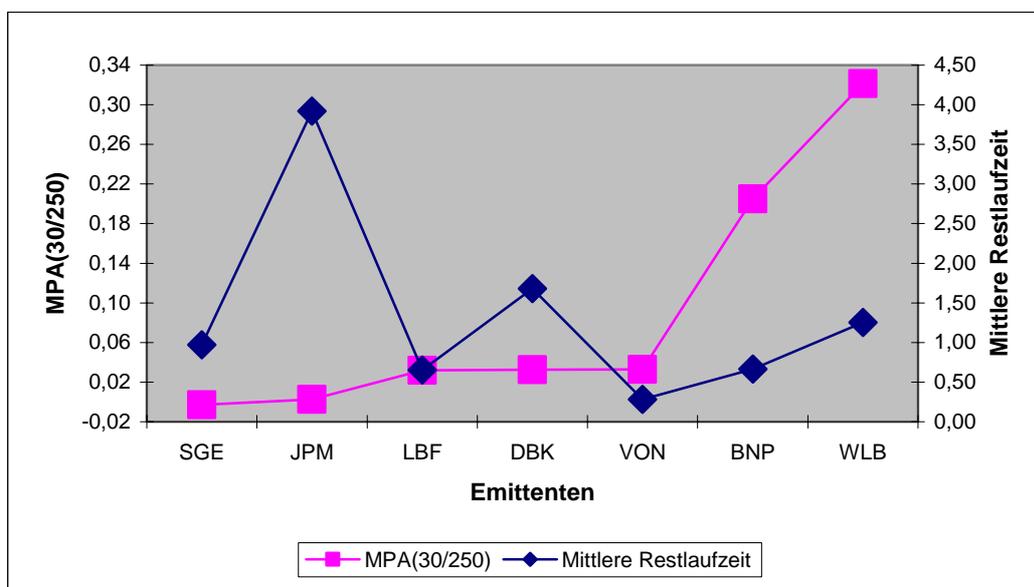


Abb. 7.11: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(30/250) und Restlaufzeit nach Emittent [eC]

⁴⁰³ Siehe hierzu Tab. C1.7b im Anhang.

7.2.3 Einfach- und Mehrfachregressionsanalysen

In den Abb. 7.5a und 7.5b konnte bereits grafisch der Einfluss von Moneyness und Restlaufzeit auf die mittleren Abweichungen auf Basis aller Kurse andeutungsweise gezeigt werden. Eine differenziertere Untersuchung des Einflusses einzelner bzw. des Zusammenwirkens mehrerer Variablen auf die emittentenspezifischen Fehlbewertungen erfolgt nun im Rahmen der nachfolgenden Regressionsanalysen.

Neben Moneyness und Restlaufzeit gehen auch die Größen Umsatz und (normierter) Optionsscheinkurs in ihrer Auswirkung auf die relativen Fehlbewertungen der einzelnen Emittenten ein. Die einflussnehmenden Variablen sind bis auf die dichotomisierte Variable Umsatz alle metrisch skaliert. Es werden nur die Kategorien „mit Umsatz“ und „ohne Umsatz“ unterschieden, da lediglich festgestellt werden soll, ob tatsächlich vorliegender Handel die Bepreisung und damit die Abweichung zwischen Preis und Wert signifikant beeinflusst. Die tatsächliche Höhe in Form von gehandelten Stück oder wertmäßigem Volumen sind hier nicht relevant. Aufgrund der vorangegangenen Untersuchungen werden im Folgenden auch nur die relativen Abweichungen auf Basis der 30-Tage-Volatilitätsschätzer PA(30/250) in die Analyse eingeschlossen.

Es sollen die in Abschnitt 7.1 beschriebenen vier linearen Regressionsmodelle überprüft werden. Dabei erfolgt zunächst die Analyse emittentenübergreifend für alle Kurse und im Anschluss daran emittentenspezifisch.⁴⁰⁴

Für **Modell I** würden die Werte $\beta_0 = 0$ und $\beta_1 = 1$ auf eine perfekte Wiedergabe der Marktpreise durch die Modellwerte hinweisen. Werden alle Kurse als Basis der Analyse gewählt, zeigen sich die in Tab. 7.9 aufgeführten Ergebnisse.

⁴⁰⁴ Die wichtigsten emittentenspezifischen Ergebnisse der Regressionsanalysen sind für amerik. bzw. europ. Calls in den Tab. C1.8a bis C1.8d bzw. C1.9a bis C1.9d im Anhang wiedergegeben.

<i>Untersuchungsbasis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Marktpreis)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Amerik. Calls (alle Kurse)</i>	12,981	0,984	0,951
<i>Europ. Calls (alle Kurse)</i>	13,608	0,984	0,962

* alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. 7.9: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I (alle Calls)

Bei beiden Gruppen sind die Ergebnisse fast identisch. Die Konstanten sind signifikant größer als null und die Steigungsparameter signifikant kleiner als eins (Sign. jeweils 0,000). Dieses Resultat zeigt sich durchweg auch bei allen 14 emittentenspezifischen Regressionen für amerik. Calls und bei allen sieben Regressionen für europ. Calls.⁴⁰⁵ Die Aussage, dass tendenziell „billigere“ Optionsscheine durch das Modell überbewertet sind und diese Überbewertung mit dem Kursniveau abnimmt, kann damit insgesamt und auch für alle Emittenten einzeln bestätigt werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist das Streudiagramm (Abb. 7.12) beispielhaft für alle Kurse amerik. Calls wieder als „Sonnenblumen-Diagramm“ gestaltet.⁴⁰⁶ Eingezeichnet sind zudem die „Ideallinie“ (Modellwert entspricht Marktpreis) sowie der „Grenzpreis“ der Optionsscheine für den sich anhand der Regressionsgeraden ergebenden Wechsel zwischen Über- und Unterbewertung (811,31 €).⁴⁰⁷ Die Fehlbewertungen sind angesichts eines Bestimmtheitsmaßes von 0,951 als insgesamt gering auszumachen.

Die Ergebnisse stimmen mit den bisherigen Erkenntnissen über den positiven Zusammenhang zwischen den auftretenden Fehlbewertungen und der Moneyness überein. „Billigere“ Preise treten i. d. R. bei geringeren Basiswertkursen und somit vergleichsweise niedrigeren Moneyness-Werten auf, wobei hier auch die höchsten (positiven) Abweichungen zwischen den Modellwerten und den Preisen festgestellt werden konnten.

⁴⁰⁵ Siehe Tab. C1.8a und C1.9a im Anhang

⁴⁰⁶ Auf eine entsprechende Darstellung für europ. Calls wird angesichts der offensichtlichen Analogie verzichtet.

⁴⁰⁷ Für die europ. Calls ergibt sich ein derartiger „Grenzpreis“ bei 850,50 €

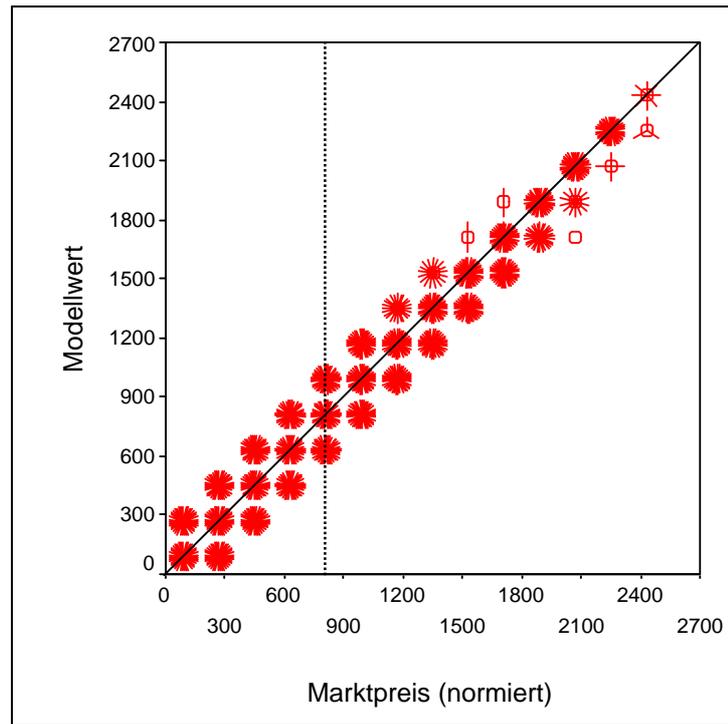


Abb. 7.12: Streudiagramm für Regressionsmodell I (alle Kurse) [aC]

Die Ergebnisse von **Modell II** bzgl. der Auswirkung der Moneyness auf die relativen Abweichungen lassen in allen Schätzungen signifikante Einflüsse erkennen (Tab. 7.10).

<i>Untersuchungsbasis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Moneyness)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Amerik. Calls (alle Kurse)</i>	1,364	-1,281	0,147
<i>Europ. Calls (alle Kurse)</i>	1,602	-1,548	0,164

* alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. 7.10: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II (alle Calls)

Der negative (lineare) Zusammenhang ist ebenso auch in allen Teilmodellen (pro Emittent) erkennbar, wobei bei den Emittenten amerik. Calls CIT und WLB auch hier wieder die stärksten Wirkungen zu verzeichnen sind.⁴⁰⁸ Bei den europ. Calls fallen in diesem Zusammenhang die Ergebnisse von BNP und WLB auf. Dies passt zu den bereits festgestellten Fakten, dass mit diesen Emittenten jene betroffen sind mit der geringsten durchschnittlichen Moneyness und damit dem verhältnismäßig größten Anteil an Scheinen OTM bzw. DOTM (vgl. Abb. 7.9). Gerade in diesen Kategorien beeinflusst die Moneyness aber den Grad der

⁴⁰⁸ Siehe dazu Tab. C1.8b und C1.9b im Anhang.

Überbewertung überproportional, wie bereits in den Abb. 7.2 bzw. 7.5a und 7.5b deutlich wurde. Die Feststellung, dass mit abnehmender Moneyness, also einer zunehmenden Bewegung aus dem Geld aufgrund eines sich verringern den Underlyingkurses, das Ausmaß an Überbewertung überproportional zunimmt, lässt darauf schließen, dass die Marktpreise deutlich unter den Modellwerten liegen.⁴⁰⁹

Ergänzend soll an dieser Stelle die zuletzt gemachte Feststellung hinsichtlich des exponentiellen Zuwachses der mittleren Fehlbewertung bei abnehmender Moneyness zusätzlich anhand eines nichtlinearen Regressionsmodells überprüft werden.⁴¹⁰

Zur Überprüfung einer möglicherweise besseren Kurvenanpassung wird folgendes nichtlineare Regressionsmodell aufgestellt:

$$\underbrace{\left| \frac{MW_i - MP_i}{MP_i} \right|}_{APA_i} = \beta_0 \cdot e^{\beta_1 \cdot \left(\frac{I_i}{X} \right)} \cdot u_i \quad (7-7a)$$

bzw. linearisiert:

$$\ln \underbrace{\left| \frac{MW_i - MP_i}{MP_i} \right|}_{APA_i} = \ln \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{I_i}{X} \right) + \ln u_i \quad (7-7b)$$

Als abhängige Variable dient bei diesem Modell, aufgrund der Logarithmierung, die betragsmäßige relative Abweichung auf Basis des (30/250)-Tage-Volatilitätsschätzers. Um einen Vergleich mit dem linearen Ansatz durchführen zu können, wird auch die lineare Regression (aus Modell I) mit der entsprechenden APA als abhängige Variable erneut durchgeführt. In nachfolgender Tab. 7.11 sind die Ergebnisse der beiden Regressionen (auf

⁴⁰⁹ Vgl. zum Verlauf der Marktpreise bzw. Modellwerte in Abhängigkeit von der Moneyness auch die Abb. C1.3 im Anhang.

⁴¹⁰ Dabei beschränkt sich die Untersuchung auf die amerik. Calls.

Grundlage aller Kurse) verzeichnet. Dabei werden für das nichtlineare Modell die Schätzer des logarithmierten (linearisierten) Ansatzes angegeben.⁴¹¹

<i>Lineares Regressionsmodell</i>					<i>Logarithmiertes nichtlineares Regressionsmodell</i>				
<i>Konstante</i>		<i>Koeffizient</i>		<i>r²</i>	<i>Konstante</i>		<i>Koeffizient</i>		<i>r²</i>
<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>		<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>	
1,420	0,000	-1,307	0,000	0,159	3,792	0,000	-7,389	0,000	0,462

Tab. 7.11: Ergebnisse der linearen und nichtlinearen Regression der APA(30/250) auf die Moneyness [aC]

Es scheint sich damit die Vermutung zu bestätigen, dass der nicht zu leugnende negative Einfluss der Moneyness auf die Höhe der relativen Abweichungen eher von nichtlinearer Natur ist, da sowohl die Anpassungsgüte (Bestimmtheitsmaß 0,462 im Vergleich zu 0,157) als auch die „Stärke“ des Einflusses (Beta-Wert -0,680 im Vergleich zu -0,398) höher ausfallen.

Deutlich wird die verbesserte Anpassung auch, wenn man die Abb. C1.4a und C1.4b im Anhang vergleicht. Sie zeigen für das lineare und für das linearisierte nichtlineare Regressionsmodell die Punktwolke der untersuchten Kurse sowie die jeweils ermittelte Stichprobenregressionsgerade.

In Abb. C1.5 im Anhang sind zudem für alle Emittenten die Streudiagramme der Regression PA(30/250) auf die Moneyness dargestellt. Bei allen Emittenten zeigt sich der bereits festgestellte Verlauf. Ein Auftreten teils großer Überbewertungen in Bereichen mit geringer Moneyness (DOTM-Kategorie) sowie nahezu exakte Bewertungen in den Kategorien ATM, ITM und DITM, wobei auch die Streuung der Abweichungen mit steigender Moneyness überproportional abnimmt. Lediglich bei JPM ist dieser Verlauf weniger stark ausgeprägt. JPM weist selbst bei geringsten Moneyness-Werten lediglich relative Abweichungen zwischen -4% und 6% auf. Es sei jedoch erneut daran erinnert, dass dieser Emittent eine im Vergleich zu allen anderen Emittenten deutlich geringere Datenbasis aufweist.

⁴¹¹ Nach Rücktransformation ergibt sich als Schätzer für die Konstante im nichtlinearen Ansatz $\hat{\beta}_0 = 44,35$. Der Wert des Steigungsparameters ändert sich indes nicht.

Die Ergebnisse des **Modells III** bestätigen den bereits als sehr schwach festgestellten linearen Zusammenhang zwischen der PA(30/250) und der Restlaufzeit (Tab. 7.12).⁴¹²

<i>Untersuchungsbasis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Restlaufzeit)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Amerik. Calls (alle Kurse)</i>	0,140	0,047	0,002
<i>Europ. Calls (alle Kurse)</i>	0,074	0,092	0,016

* alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. 7.12: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III (alle Calls)

Auch emittentenspezifisch kann dieser Einfluss nur zum Teil als signifikant ausgemacht werden, wobei auch die Richtung des Zusammenhangs nicht einheitlich festzustellen ist. Die größten signifikant von null verschiedenen Koeffizienten besitzt JPM, gefolgt von SGE und TUB. Der Einfluss der Restlaufzeit ist bei diesen drei Emittenten noch am ausgeprägtesten (alle drei weisen auch die vergleichsweise größten Bestimmtheitsmaße auf), wenn auch insgesamt auf geringem Niveau. Insgesamt liegt allerdings der Schluss nahe, dass die Restlaufzeit eine im Vergleich zur Moneyness eher untergeordnete Rolle in ihrer Auswirkung auf die Fehlbewertungen spielt.⁴¹³

In **Modell IV** werden nun mehrere Einflussgrößen und ihre Wirkungszusammenhänge simultan berücksichtigt. Neben Moneyness und Restlaufzeit soll auch die Variable Umsatz zur Erklärung der relativen Abweichungen herangezogen werden. Für die multivariate Betrachtung mehrerer Einflussgrößen auf die relative Abweichung wurde zunächst eine Kollinearitätsdiagnose durchgeführt, um evtl. vorhandene Kollinearitäten zwischen den einzelnen Regressoren aufzudecken, welche sich je nach Stärke auf die Identifizierbarkeit bzw. Stabilität der Regressionskoeffizienten negativ auswirken können. Als Kollinearitätsmaß wurden bei allen Ansätzen die Varianzinflationsfaktoren (*VIF*)⁴¹⁴ für die Regressoren bestimmt mit

$$VIF_k = (1 - r_k^2)^{-1} \quad (7-8)$$

⁴¹² Vgl. dazu auch die entsprechenden Korrelationskoeffizienten in Tab. C1.5a und C1.5b.

⁴¹³ Siehe dazu Tab. C1.8c und C1.9c im Anhang.

⁴¹⁴ Dabei handelt es sich um den Kehrwert des sog. Toleranzwertes.

mit r_k^2 : Bestimmtheitsmaß einer Regression von Variable x_k als Regressand auf alle übrigen Regressoren der Regressormatrix \underline{X} mit Ausnahme von x_k .

Hierbei ergeben sich umso größere Werte für die *VIF*, je stärker ausgeprägt die Kollinearität zwischen der betrachteten Variablen und allen anderen Regressoren ist.⁴¹⁵ Es treten bei allen Regressionen nach Modell IV für alle Regressionskoeffizienten *VIF*-Werte bis maximal 1,249 auf. Lediglich die Ergebnisse für die Einflussgrößen *Moneyness* bzw. *Restlaufzeit* beim Emittenten *JPM* weichen hiervon deutlich ab und erreichen Größenordnungen von 6,655 bzw. 6,717. Betrachtet man den Korrelationskoeffizienten zwischen *Moneyness* und *Restlaufzeit* bei *JPM*, der mit -0,922 eine sehr hohe negative lineare Abhängigkeit bescheinigt, verwundert dieser hohe *VIF*-Wert nicht. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass *JPM* verhältnismäßig wenige Kurse in lediglich drei feststellbaren *Restlaufzeit*-klassen zu verzeichnen hat. Es sind dies Gruppen mit im Mittel drei, vier bzw. fünf Jahren *Restlaufzeit* und entsprechend unterschiedlichen *Moneyness*-Spannen. Innerhalb dieser Gruppen ist eine lineare Abhängigkeit nirgends erkennbar. Aufgrund der vorhandenen Lücken in den übrigen *Restlaufzeit*-klassen resultiert insgesamt jedoch eine hohe (negative) Korrelation zwischen *Moneyness* und *Restlaufzeit* (vgl. Abb. 7.13).

Für die europ. *Calls* stellen sich im Übrigen *VIF*-Werte ein, die auf keinerlei Kollinearität zwischen den Regressoren schließen lassen.

Auf Grundlage der vorangegangenen Kollinearitätsprüfung wird Modell IV für alle Emittenten so belassen, wie in Abschnitt 7.1 dargestellt. Es ergeben sich für amerik. bzw. europ. *Calls* für die jeweilige Gesamtstichprobe (alle Kurse) die in nachfolgender Tabelle 7.13 angegebenen Ergebnisse für die lineare Dreifachregression.

⁴¹⁵ Je stärker die Kollinearität zwischen x_k und den übrigen Regressoren ist, umso näher liegt der Wert für das entsprechende Bestimmtheitsmaß r_k^2 bei eins. Demzufolge ergäbe sich ein hoher *VIF*-Wert. Als Faustregel gilt hierbei, dass ein Verdacht auf Kollinearität gegeben scheint bei *VIF*-Werten größer als 10 bzw. Toleranzwerten kleiner als 0,1. Das Gegenteil extremer Kollinearität, also Orthogonalität der Regressoren, führt dagegen zu einem *VIF*-Wert von eins.

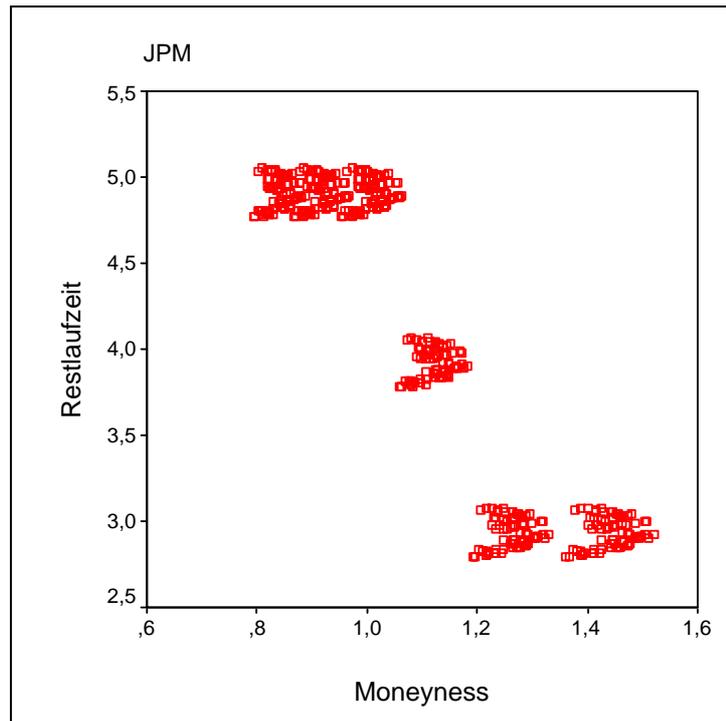


Abb. 7.13: Korrelation zwischen Moneyness und Restlaufzeit bei JPM [aC]

Basis	Konst.*	Moneyness			Restlaufzeit			Umsatz			r ²
		Wert	Beta ^a	Sign.	Wert	Beta ^a	Sign.	Wert	Beta ^a	Sign.	
Amerik. Calls (alle Kurse)	1,402	-1,298	-0,388	0,000	-0,028	-0,025	0,000	-0,012	-0,010	0,002	0,147
Europ. Calls (alle Kurse)	1,606	-1,552	-0,406	0,000	-0,004	-0,004	0,663	0,006	0,004	0,695	0,164

* alle Werte mit Sign. 0,000

^a standardisierter Koeffizient

Tab. 7.13: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV (alle Calls)

Tab. 7.13 weist für amerik. wie auch europ. Calls ähnliche Resultate auf. Der stärkste Einfluss wird durch die Moneyness auf die abhängige Variable PA(30/250) ausgeübt. Hier ist bei den europ. Calls sogar ein etwas deutlicheres Einwirken zu erkennen. Wesentlich geringer ist dagegen der negative Einfluss des Parameters Restlaufzeit (bei den europ. Calls ist dieser bei einem Signifikanzwert von 0,663 nicht signifikant von null verschieden). Die Werte der standardisierten Regressionskoeffizienten betragen hier nur weniger als $\frac{1}{15}$ (amerik. Calls) bzw. $\frac{1}{100}$ (europ. Calls) der entsprechenden Beta-Werte der Moneyness. Noch weniger aussagekräftig ist der gemessene Einfluss des Vorliegens von tatsächlichem Umsatz bei der Preisstellung. Die Beta- und Signifikanzwerte deuten auf keinen signifikanten Einfluss dieser Größe auf die Fehlbewertung hin.

Diese Resultate ergeben auch die meisten emittentenspezifischen Regressionen. Bis auf den „Sonderfall“ JPM wird der größte (negative) Einfluss durch die Moneyness erzielt, wobei wie in früheren Analysen die Emittenten WLB und CIT bei den amerik. Calls die Spitzenwerte liefern. Der Einfluss von Restlaufzeit und Umsatz ist im Vergleich dazu von untergeordneter Bedeutung, zumal erstens uneinheitlich in der Richtung, zweitens durchweg mit geringeren Beta-Werten und drittens mit teils großen Signifikanzwerten versehen. JPM zeigt bei seinen langlaufenden amerik. Calls die signifikantesten Werte beim Parameter Restlaufzeit (positiver Koeffizient), während sich Moneyness (hier sogar als einziger Emittent mit leicht positivem Koeffizienten) und Umsatz als nicht signifikant präsentieren. Zurückzuführen ist dies wieder auf die vormals bereits festgestellte geringe Breite der Kurse dieses Emittenten mit lediglich sechs Scheinen mit extrem langen Restlaufzeiten (zwischen 2,8 und 5 Jahren) und einem übermäßig großen Anteil von ca. 35% an Notierungen in Moneyness-Klasse DITM, also jener Klasse, in der sich die Moneyness am wenigsten auf die Bewertungsabweichungen auswirkt. Auch GOL weist aufgrund seines ähnlich hohen Anteils an DITM-Kursen einen geringeren Koeffizienten für die Moneyness als der Rest der Emittenten auf.

Ähnlich uneinheitlich und mit eher geringem Einfluss zeigen sich die Parameter Restlaufzeit und Umsatz bei den europ. Calls, während bei allen sieben Emittenten die Moneyness erneut den bedeutendsten (signifikanten negativen) Einfluss ausübt.

Grundsätzlich ist aber festzustellen, dass der Erklärungswert der Regressoren in den untersuchten linearen Modelle II, III und IV aufgrund der festgestellten Bestimmtheitsmaße, die für beide Call-Gruppen nicht über Werte von 14,7% bzw. 16,4% für den Anteil der erklärten Streuung hinausgehen, eher gering ist.

7.3 Fehlbewertungsanalyse für DAX-Puts

7.3.1 Modellimmanente Einflussgrößen

7.3.1.1 Volatilitätsschätzer

Analog zu den Calls werden die Mittelwerte der PA und APA bei allen verwendeten historischen Volatilitäten für die 53.082 untersuchten Kurse amerik. und die 6.469 Kurse europ. Puts⁴¹⁶ bestimmt.⁴¹⁷

Parameter	250-Tage-Volatilität				365-Tage-Volatilität			
	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
Mittelwert	-0,0252	4,1E-05	0,0087	0,0025	0,0189	0,0552	0,0687	0,0606
Median	-0,0102	-0,0002	0,0072	0,0029	0,0110	0,0391	0,0561	0,0485
Std.abw.	0,0740	0,0698	0,0580	0,0572	0,0854	0,0933	0,0821	0,0787
Schiefe	1,9701	2,2184	0,8411	-0,1938	5,4467	4,4290	2,6577	1,7998
Kurtosis	104,1397	135,4063	63,8406	19,7086	297,1256	213,1223	95,6853	39,5201
Minimum	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-0,9972	-0,9942	-0,9988
Maximum	3,5564	3,6089	2,4612	1,7614	5,3857	5,4540	3,9379	2,9831
Spannweite	4,5564	4,6089	3,4612	2,7614	6,3857	6,4512	4,9321	3,9819

Tab. 7.14a: Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aP]

Parameter	250-Tage-Volatilität				365-Tage-Volatilität			
	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
Mittelwert	0,0527	0,0479	0,0405	0,0387	0,0558	0,0741	0,0784	0,0720
Median	0,0292	0,0308	0,0260	0,0243	0,0339	0,0515	0,0604	0,0545
Std.abw.	0,0578	0,0508	0,0424	0,0421	0,0674	0,0791	0,0730	0,0684
Schiefe	5,3244	7,6538	5,0792	3,0075	11,1647	7,3629	4,0112	3,0657
Kurtosis	254,8982	454,6145	207,6904	57,1431	743,0669	405,8755	151,2313	67,3196
Minimum	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Maximum	3,5564	3,6089	2,4612	1,7614	5,3857	5,4540	3,9379	2,9831
Spannweite	3,5564	3,6089	2,4612	1,7614	5,3857	5,4540	3,9379	2,9831

Tab. 7.14b: Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [aP]

⁴¹⁶ Die entsprechenden Parameter für die europ. Puts sind den Tab. C2.1a und C2.1b im Anhang zu entnehmen.

⁴¹⁷ Die Datenreduzierung um die „billigen“ Scheine führt hier lediglich zu einer minimalen Verbesserung der Abweichungsmittel, je nach Volatilitätsschätzer, um 1% - bis 4%-Punkte, da bei den Puts aufgrund des überwiegend negativen Trendverlaufs des Underlyings innerhalb der Untersuchungsphase keine ähnlich große Anzahl von „billigen“ Optionsscheinen auftreten wie bei den Calls. Verzerrungen aufgrund des Ganzzahligkeitsproblems treten somit weniger auf.

Generell fällt auf, dass die Abweichungsmittel betragsmäßig betrachtet durchweg in einer Spanne rangieren, die sich auf einem deutlich geringeren Niveau im Vergleich zu den entsprechenden Calls befindet. Die amerik. Puts verzeichnen MAPA-Werte zwischen 3,9% und 7,8%, die europ. zwischen 5,1% bis 11,8%.⁴¹⁸ Für 15 der 16 Mittelwerte je Gruppe führen Signifikanztests bei einem Testwert von null zur Ablehnung (Sign. jeweils 0,000). Lediglich für die MPA(60/250) kann sowohl bei den amerik. als auch bei den europ. Puts die entsprechende Hypothese nicht verworfen werden (Sign. 0,893 bzw. 0,729). Die Häufung minimaler Abweichungen wird durch die extrem großen Werte für die Wölbung deutlich, die im Vergleich zu den Calls um ein Vielfaches höher ausfallen. Die 250-Tage-Annualisierung scheint auch hier derjenigen mit Kalendertagen vorzuziehen zu sein. Alle MAPA-Werte sind bei Verwendung von Handelstagen geringer als die korrespondierenden Werte auf Kalendertagebasis, wenngleich die Unterschiede nicht so stark sind wie bei den Calls. Im Folgenden konzentriert sich daher die Untersuchung wieder ausschließlich auf die vier 250-Tage-Volatilitäten.

Im Vergleich führt bei den amerik. wie auch bei den europ. Puts die Vola(60/250) zum kleinsten MPA-Wert (bei den amerik. Puts verbunden mit dem größten Kurtosiswert), dennoch sind hier noch relative Überbewertungen von bis zu 360% bzw. 382% zu beobachten. Da die 120-Tage-Volatilität bei den MPA- und MAPA-Werten ebenfalls sehr gute Ergebnisse aufweist und hier auch die Extremwerte mit einer maximalen relativen Abweichung von 176% zumindest bei den amerik. Puts sogar geringer ausfallen, kommt auch diesem Schätzer bei der nachfolgenden Analyse besondere Bedeutung zu.

7.3.1.2 Moneyness und Restlaufzeit

Zur Erinnerung sei erwähnt, dass bei Puts der Wert der Moneyness, definiert als Quotient aus Basiswertkurs und Basispreis, sinkt, je weiter sie im Geld notieren. Die durchschnittliche Moneyness beträgt bei den untersuchten amerik. Puts 1,02 sowie 1,08 bei den europ. Puts. Die amerik. Scheine sind nahezu gleich über die Moneyness-Kategorien verteilt, während bei den europ. Puts eine Verschiebung

⁴¹⁸ Bei den amerik. Calls liegen die MAPA im Bereich zwischen 19,6% und 42,6%, bei den europ. Calls reicht die Spanne von 17,2% bis 39,8% (vgl. Tab. 7.2b bzw. C1.1b).

der Häufigkeitsverteilung in Richtung DOTM zu beobachten ist (ein Drittel der Kurse notiert hier tief aus dem Geld).

Moneyness-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
DOTM	-0,0974	0,1188	-0,0532	0,0962	-0,0352	0,0758	-0,0530	0,0774
OTM	-0,0322	0,0712	0,0130	0,0620	0,0252	0,0516	0,0180	0,0484
ATM	-0,0050	0,0416	0,0172	0,0446	0,0290	0,0398	0,0264	0,0360
ITM	0,0078	0,0222	0,0148	0,0254	0,0168	0,0244	0,0154	0,0220
DITM	-0,0002	0,0098	-0,0006	0,0098	-0,0020	0,0092	-0,0032	0,0086

Tab. 7.15: MPA und MAPA nach Moneyness-Kategorien [aP]

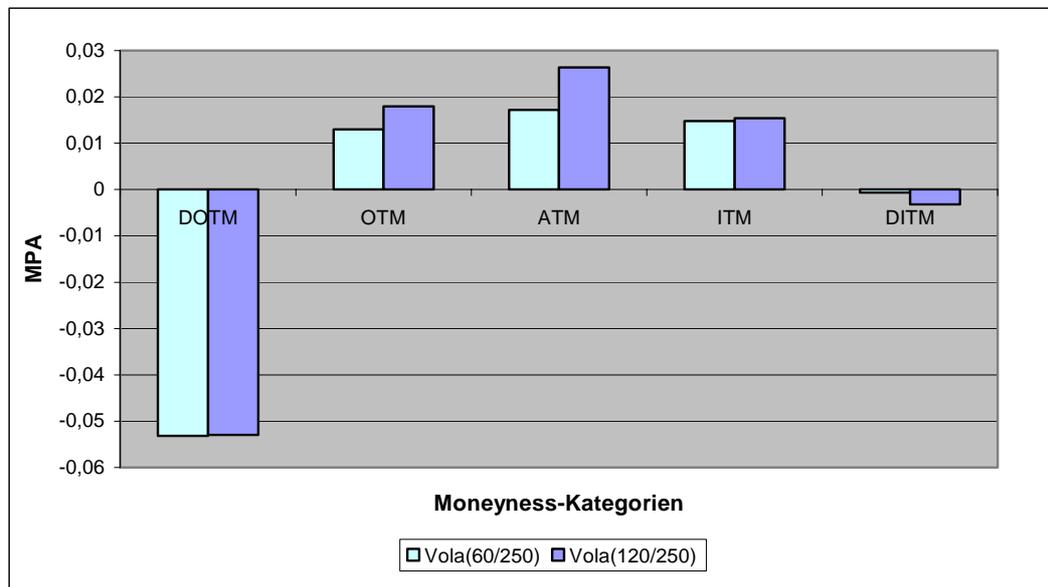


Abb. 7.14: MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Moneyness-Kategorien [aP]

Für die amerik. Puts ergeben sich bei allen Volatilitäten bei DOTM-Scheinen Unterbewertungen durch das BAW-Modell. Die mittleren relativen Abweichungen steigen bis zu den Klassen ATM und ITM an (dabei sind die MPA(30/250)-Werte bis auf die ITM-Klasse überall negativ), um in der Kategorie DITM wieder geschlossen unter den Wert null zu fallen. Überwiegend kann somit im Mittel eine geringe bis mäßige Unterbewertung in den äußeren Moneyness-Klassen (am stärksten bei DOTM-Scheinen) und eine geringe Überbewertung im

mittleren Moneyness-Bereich ausgemacht werden (vgl. Tab. 7.15 bzw. Abb. 7.14).⁴¹⁹

T-Tests kommen bei einem Testwert von null bis auf zwei Ausnahmen zur Ablehnung. Bei den amerik. Puts ist es der MPA(30/250)- und bei den europ. Puts der MPA(120/250)-Wert, beide in der Klasse DITM, bei denen es zu keiner Verwerfung der Nullhypothese kommt (Sign. 0,129 bzw. 0,061).

Über die Kategorien der Restlaufzeiten stellt sich beim 30-Tage-Schätzer für die amerik. Puts durchweg eine Unterbewertung in der Größenordnung zwischen 0,56% und 4,90% ein. Für alle längerfristigen Volatilitäten ist diese Unterbewertung nur bei Restlaufzeiten bis zu einem Jahr auszumachen. Langlaufende amerik. Puts werden dort im Mittel mit bis zu 11,20% überbewertet (siehe Tab. 7.16). Diese Überbewertung fällt zwar bei den europ. Puts etwas geringer aus, aber dafür ist im Gegensatz zu den amerik. Scheinen selbst bei den 90- und 120-Tage-Volatilitäten im Durchschnitt generell keine Unterbewertung festzustellen.⁴²⁰

<i>RLZ-Kategorie</i>	<i>Vola(30/250)</i>		<i>Vola(60/250)</i>		<i>Vola(90/250)</i>		<i>Vola(120/250)</i>	
	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>
1	-0,0384	0,0440	-0,0138	0,0432	-0,0152	0,0404	-0,0126	0,0378
2	-0,0492	0,0616	-0,0400	0,0514	-0,0146	0,0470	-0,0198	0,0492
3	-0,0274	0,0548	-0,0024	0,0454	0,0034	0,0380	-0,0026	0,0380
4	-0,0176	0,0500	0,0106	0,0464	0,0174	0,0378	0,0110	0,0346
5	-0,0056	0,0462	0,0326	0,0528	0,0318	0,0430	0,0214	0,0366
6	-0,0192	0,0552	0,0514	0,0888	0,1038	0,1116	0,0918	0,0934

Tab. 7.16: MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [aP]

⁴¹⁹ Da für die europ. Puts ein nahezu identischer Verlauf festgestellt werden kann, wird auf eine eigene Darstellung verzichtet. Die MPA- und MAPA-Werte in den Moneyness-Klassen sind Tab. C2.2 im Anhang zu entnehmen.

⁴²⁰ Siehe dazu Tab. C2.3 im Anhang.

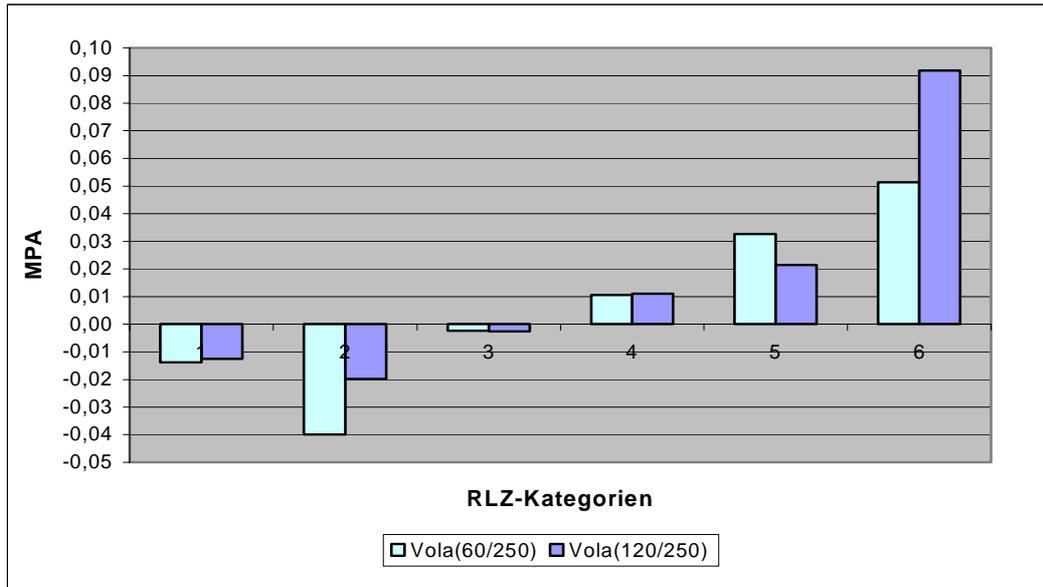


Abb. 7.15a: MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Restlaufzeit-Kategorien [aP]

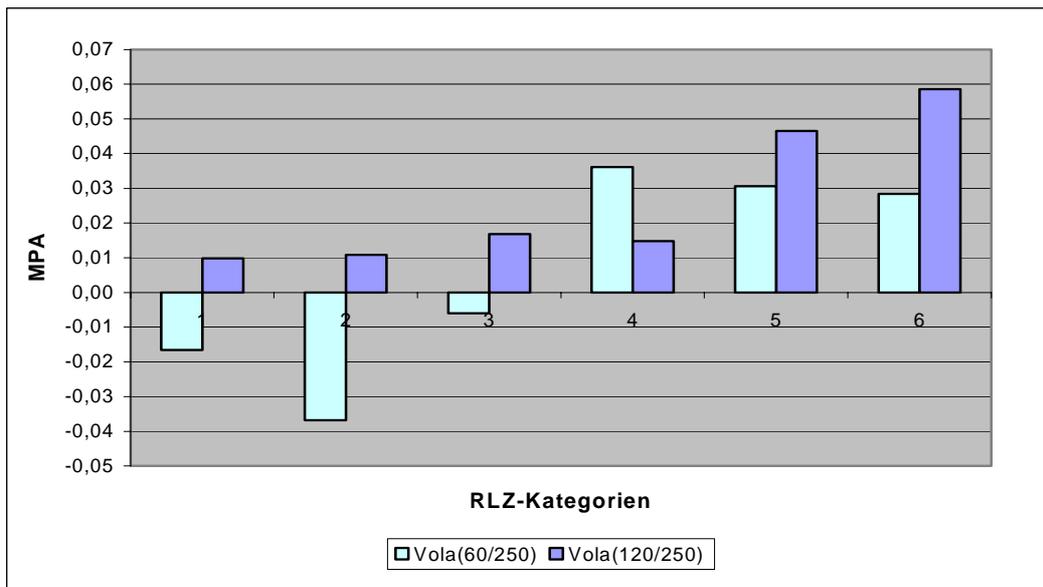


Abb. 7.15b: MPA bei ausgewählten Volatilitäten nach Restlaufzeit-Kategorien [eP]

Die Abb. 7.15a und 7.15b zeigen für amerik. bzw. europ. Puts den festgestellten Zusammenhang zwischen MPA und RLZ-Kategorie wieder grafisch bei ausgewählten Volatilitätsschätzern.

Der Korrelationskoeffizient nach Pearson zwischen Moneyness und Restlaufzeit beträgt bei den amerik. Puts 0,131 und bei den europ. Puts 0,191.⁴²¹ Die Korrelation fällt – analog zu den Calls –verhältnismäßig schwach aus. Tendenziell höhere Moneyness-Werte, d. h. Scheine, die weiter aus dem Geld notieren, gehen einher mit längeren Restlaufzeiten.

Kombiniert man erneut die Moneyness- und RLZ-Klassen und berechnet beispielhaft die 30 MPA(120/250)-Werte, lässt sich der Verlauf dieser Mittelwerte gemäß den Abb. 7.16a und 7.16b darstellen.⁴²²

Bei den amerik. wie auch bei den europ. Puts zeigen sich bei Restlaufzeiten bis zu sechs Monaten Unterbewertungen, zumindest in den äußeren Moneyness-Bereichen, wobei diese in den Kategorienkombinationen DOTM und RLZ-Klasse 1 (bis 30 Tage) mit bis zu -25% bzw. -15% die betragsmäßig größten Werte annehmen. Bis zu Restlaufzeiten von einem Jahr treten in dieser Moneyness-Kategorie noch Unterbewertungen (allerdings mit abnehmender Höhe) auf. Die MPA-Werte steigen mit zunehmender Restlaufzeit grundsätzlich an bis zu Spitzenwerten an die 12% bei den amerik. OTM-Scheinen mit über zwei Jahren Restlaufzeit und über 7,5% bei den europ. Puts in der gleichen Klassenkombination. Es scheint, als wäre zwischen den relativen Abweichungen und der Moneyness eine negative und zwischen der PA und der Restlaufzeit eine positive (lineare) Abhängigkeit auszumachen. Die festgestellten Korrelationskoeffizienten lassen zumindest einen derartigen Schluss zu (siehe hierzu Tab. C2.5a und C2.5b im Anhang).

Dieses Ergebnis entspricht weitgehend den Resultaten, die auch bei den Calls festgestellt wurden.⁴²³ Der (lineare) Zusammenhang zwischen Abweichung und Restlaufzeit ist jedoch bei den amerik. Puts im Vergleich zu den entsprechenden Calls etwas stärker. Zwischen der Moneyness und den PA ergeben sich bei den europ. Puts hingegen geringfügig kleinere Korrelationskoeffizienten.

⁴²¹ Beide Koeffizienten sind signifikant auf einem Niveau von 1% von null verschieden.

⁴²² Die entsprechenden Mittelwerte sind wieder für alle Handelstage-Volatilitäten in den Tab. C2.4a (amerik. Puts) und C2.4b (europ. Puts) im Anhang aufgelistet. Die entsprechenden Grafiken für die restlichen drei Volatilitätsschätzer befinden sich ebenfalls im Anhang (vgl. Abb. C2.1a bis C2.1c bzw. C2.2a bis C2.2c).

⁴²³ Bei den Calls sind die Korrelationskoeffizienten zwischen Moneyness und PA aufgrund der unterschiedlichen Definition der Moneyness-Klassen negativ.

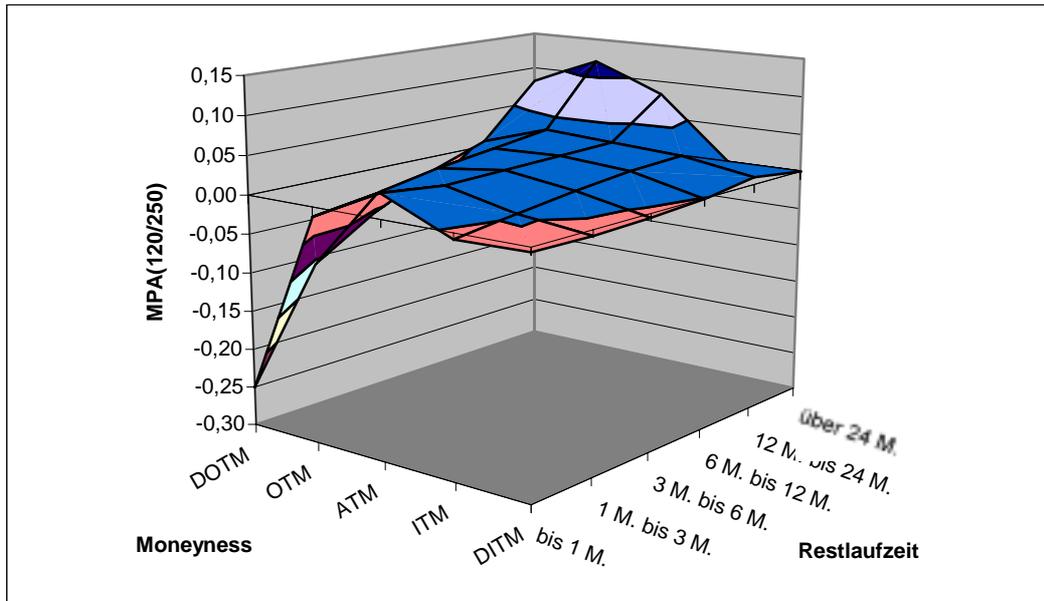


Abb. 7.16a: MPA bei Vola(120/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [aP]

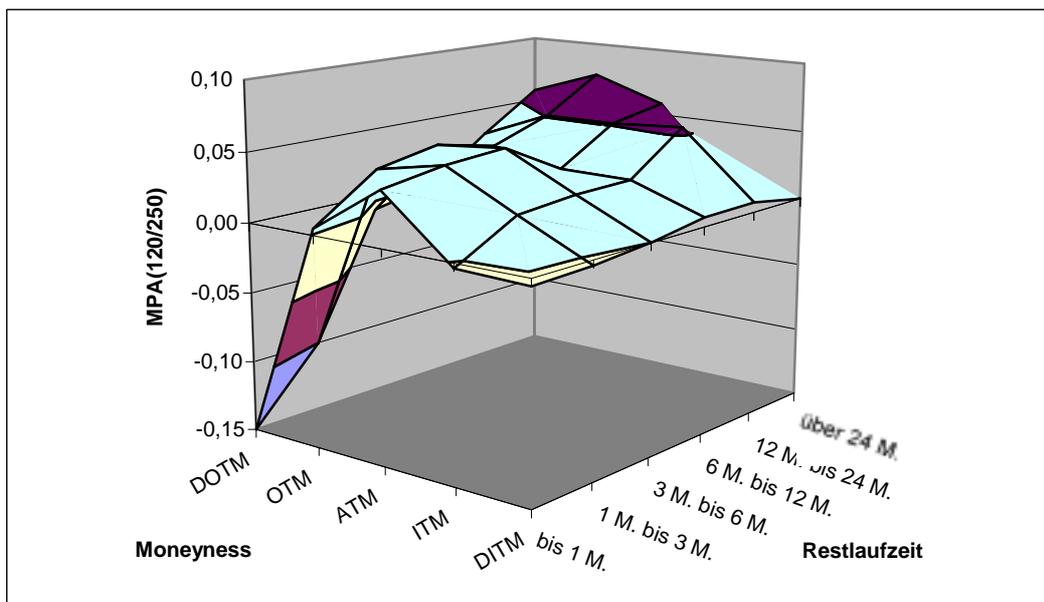


Abb. 7.16b: MPA bei Vola(120/250) nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eP]

7.3.2 Modellfremde Einflussgrößen

7.3.2.1 Umsatz

Die untersuchten Put-Kurse kamen im Vergleich zu den entsprechenden Calls zu einem geringeren Anteil durch tatsächlichen Handel zustande. Lediglich 27,9%

der Notierungen amerik. Puts und 18,3% der europ. Put-Kurse weisen Umsätze auf. Die entsprechenden MPA-Werte für die 250-Tage-Volatilitäten sind den Tab. 7.17a und 7.17b zu entnehmen.

<i>Kurse</i>	<i>Anzahl der Kurse</i>	<i>MAPA(30/250)</i>	<i>MAPA(60/250)</i>	<i>MAPA(90/250)</i>	<i>MAPA(120/250)</i>
<i>mit Umsatz</i>	14.823	0,0562	0,0490	0,0408	0,0394
<i>ohne Umsatz</i>	38.259	0,0514	0,0474	0,0404	0,0384

Tab. 7.17a: MAPA nach Umsatz-Gruppen [aP]

<i>Kurse</i>	<i>Anzahl der Kurse</i>	<i>MAPA(30/250)</i>	<i>MAPA(60/250)</i>	<i>MAPA(90/250)</i>	<i>MAPA(120/250)</i>
<i>mit Umsatz</i>	1.179	0,0518	0,0502	0,0472	0,0474
<i>ohne Umsatz</i>	5.290	0,0662	0,0610	0,0514	0,0524

Tab. 7.17b: MAPA nach Umsatz-Gruppen [eP]

Die Mittelwerte der APA bei Kursen mit und ohne Umsatz weichen bei den amerik. Puts offensichtlich nur geringfügig voneinander ab.⁴²⁴ Wird erneut die Verteilung der Kurse in den Moneyness-Kategorien mit berücksichtigt, zeigen sich wieder kleinere Unterschiede. Der Anteil der DITM-Kurse ist bei den Kursen mit Umsatz deutlich geringer als bei den umsatzlosen Kursen (7,5% im Vergleich zu 21,6%), während dagegen eine Häufung im Bereich ATM auftritt (37,3% im Vergleich zu 18,8%). Da die geringsten MAPA-Werte bei allen Volatilitäten und RLZ-Kategorien in der Klasse DITM auftreten, lassen sich die durchweg minimal höheren MAPA-Werte bei Kursen mit Umsätzen wieder größtenteils auf die Moneyness zurückführen, wodurch ein möglicher Einfluss der Größe Umsatz überdeckt würde. Das Bild bei den europ. Puts ist hingegen wieder ein anderes. Hier treten bei den Kursen ohne Umsatz (auch signifikant) höhere Mittelwerte auf. Berücksichtigt man aber erneut, dass bei den umsatzlosen Kursen mit 38,4% mehr als dreimal so viele Kurse DOTM notieren als bei jenen mit Umsatz, zeigt sich auch hier der möglicherweise überlagernde Einfluss der Moneyness. Eine deutliche Auswirkung des Umsatzes kann somit – wie schon bei den Calls – nicht festgestellt werden.

⁴²⁴ Mittelwertvergleichstests gelangen jedoch bei allen MAPA-Werten zur Ablehnung der entsprechenden Gleichheitshypothese (Sign. jeweils 0,000).

7.3.2.2 Emittenten

Der emittentenspezifische Vergleich der MAPA-Werte lässt Fehlbewertungen erkennen, die sich, bis auf zwei Ausnahmen, in einem vertretbaren Bereich zwischen 2,7% (HYP) und 6,4% (SGE) bewegen. Lediglich GOL weist beim 30-Tage-Schätzer einen erhöhten Wert auf und JPM bei den restlichen drei Volatilitäten. Bei JPM werden die besten Ergebnisse bei Verwendung des 30-Tage-Volatilitätsschätzers erzielt, während sich die mittleren absoluten Fehlbewertungen bei allen anderen Emittenten amerik. Puts mit Zunahme der Stützräume verbessern (vgl. Abb. 7.17).

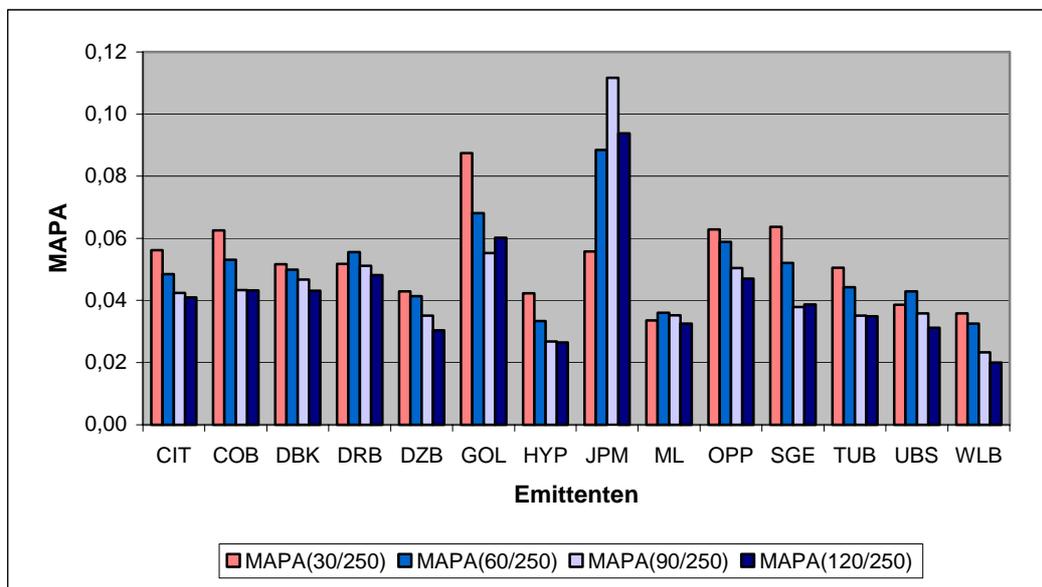


Abb. 7.17: MAPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [aP]

Wie Tab. 7.18 vermittelt, sind die besten, d. h. die am nächsten bei null gelegenen mittleren PA-Werte nahezu bei allen Emittenten bei Verwendung der (60/250)- bzw. (120/250)-Volatilität zu finden. Unter Berücksichtigung der entsprechenden MAPA-Werte sowie der bisherigen Vergleiche dieser beiden Volatilitätsschätzer wird für die weitere Analyse den 120-Tage-Volatilitätsschätzern, basierend auf Handelstagen, der Vorzug gegeben. Diese scheinen bei den amerik. Puts insgesamt gesehen die besten Bewertungsergebnisse zu liefern.⁴²⁵

⁴²⁵ Einzige Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang der Emittent JPM. Die MPA- und MAPA-Werte sind hier bei Verwendung der 60-Tage-Volatilität besser.

Emittenten	Anzahl der Kurse	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
CIT	7.106	-0,0216	0,0562	-0,0026	0,0484	0,0036	0,0424	-0,0024	0,0410
COB	1.072	-0,0422	0,0626	-0,0126	0,0532	-0,0072	0,0434	-0,0152	0,0432
DBK	6.639	-0,0146	0,0516	0,0104	0,0498	0,0174	0,0468	0,0088	0,0432
DRB	5.688	-0,0406	0,0518	0,0020	0,0556	0,0248	0,0512	0,0174	0,0482
DZB	5.105	-0,0222	0,0428	0,0018	0,0414	0,0096	0,0352	0,0056	0,0304
GOL	4.088	-0,0776	0,0874	-0,0410	0,0682	-0,0288	0,0552	-0,0372	0,0602
HYP	2.002	-0,0124	0,0424	0,0046	0,0334	-0,0018	0,0268	-0,0082	0,0264
JPM	213	-0,0208	0,0558	0,0500	0,0884	0,1034	0,1116	0,0922	0,0938
ML	956	-0,0070	0,0336	0,0156	0,0360	0,0280	0,0352	0,0204	0,0324
OPP	2.057	-0,0296	0,0628	0,0026	0,0588	0,0212	0,0504	0,0120	0,0470
SGE	3.333	-0,0304	0,0636	-0,0034	0,0520	-0,0018	0,0378	-0,0084	0,0388
TUB	7.481	-0,0122	0,0504	0,0078	0,0442	0,0120	0,0350	0,0050	0,0350
UBS	1.804	-0,0232	0,0386	0,0050	0,0430	0,0198	0,0358	0,0172	0,0312
WLB	5.538	-0,0084	0,0358	0,0032	0,0326	0,0090	0,0232	0,0078	0,0200

Tab. 7.18: MPA und MAPA nach Emittenten [aP]

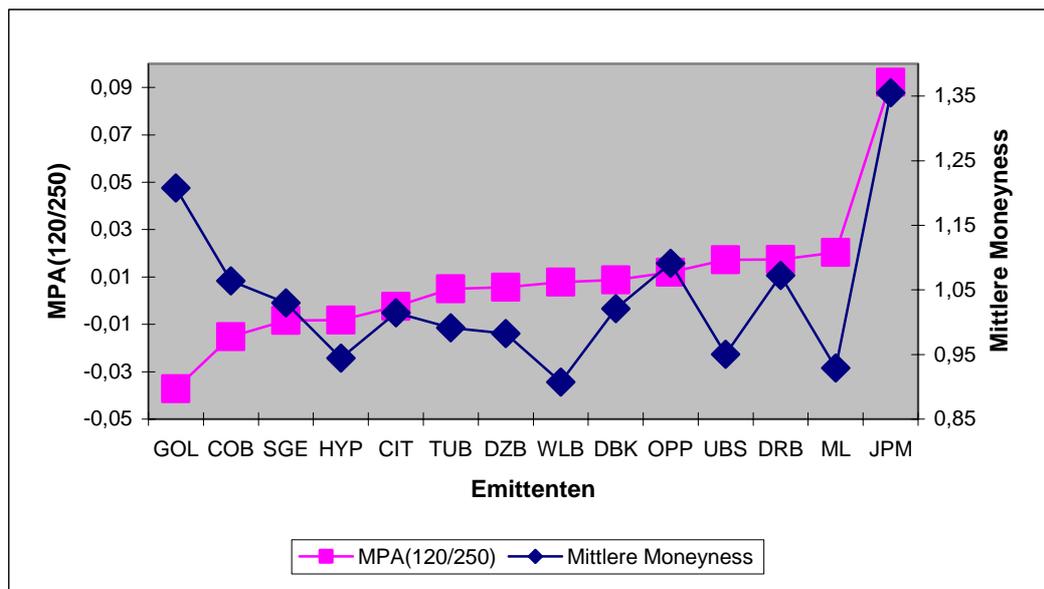


Abb. 7.18: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(120/250) und Moneyness nach Emittent [aP]

Die Emittenten JPM und GOL sind, wie schon bei den Calls, mit verhältnismäßig hohen Moneyness-Werten vertreten,⁴²⁶ was bei den Puts aber auf tief-aus-dem-Geld-notierende Optionsscheine hinweist. Sie haben die größten mittleren

⁴²⁶ Die mittlere Moneyness beträgt bei JPM 1,36 und bei GOL 1,21. Bei GOL notieren 48,19% aller Notzierungen im Bereich DOTM, bei JPM sind es sogar 71,83%. Alle übrigen Emittenten liegen dagegen mit ihren Anteilen in dieser Kategorie weit darunter. Vgl. Tab. C2.6a im Anhang.

Fehlbewertungen, allerdings in entgegengesetzter Richtung mit einer starken Überbewertung bei JPM und geringen Unterbewertung bei GOL. Alle anderen Emittenten liegen sowohl bei den MPA-Werten in einer relativ engen Spannweite, die von -1,52% bis 2,04% reicht, als auch bei der mittleren Moneyness, hier allerdings mit signifikant verschiedenen Werten.⁴²⁷ Lässt man JPM außen vor, ist ähnlich wie bei den Calls – allerdings nicht in dieser Eindeutigkeit – festzustellen, dass mit abnehmender Moneyness, d. h. je weiter die Notierungen, ausgehend von Bereichen aus dem Geld, ins Geld geraten, die relativen Abweichungen ansteigen und zwar ausgehend von Unterbewertungen hin zu geringen Überbewertungen. Einige Emittenten wie OPP, UBS, DRB und ML haben zwar fast identische Fehlbewertungswerte, allerdings verbunden mit stark variierenden Mittelwerten für die Moneyness. Hier ist keinerlei (lineare) Abhängigkeit auszumachen.

In Abb. 7.19 und Tab. 7.19 sind die entsprechenden emittentenspezifischen Abweichungsmittelwerte bei verschiedenen Volatilitäten für die europ. Puts verzeichnet. Auch hier fällt insbesondere SGE auf, welcher als einziger der sieben Emittenten bei der 120-Tage-Volatilität einen deutlich höherer absoluten Abweichungsmittelwert aufweist als bei allen andere Volatilitätsschätzern. In Analogie zu den amerik. Puts wird diese Ausnahme jedoch in Kauf genommen und auch bei den europ. Puts die 120-Tage-Volatilität für die weiteren Untersuchungen als insgesamt bester Schätzer verwendet.

Lediglich bei den 30-Tage-MPA-Werten können durchgehend noch bei allen Emittenten Unterbewertungen von bis zu -7,9% (WLB) ausgemacht werden. Je länger der Stützzeitraum wird, umso mehr gehen die Unter- in Überbewertungen über. Der Anstieg der Modellwerte und die damit verbundene Zunahme der relativen Fehlbewertung ist, ausgehend vom 30-Tage-Schätzer bis zum 90-Tage-Schätzer, bei allen Emittenten ziemlich stark ausgeprägt (bspw. bei LBF von -6,3% auf 4,4%). Beim Übergang zur 120-Tage-MPA können weitere geringe Anstiege der MPA-Werte nur bei zwei Emittenten (SGE, WLB) festgestellt werden.

⁴²⁷ Kruskal-Wallis-Tests ergeben bei den amerik. Puts in allen MPA-Klassen Werte für die Prüfvariable von jeweils über 1.373 (Sign. 0,000), was jeweils zu einer deutlichen Ablehnung der entsprechenden Gleichheitshypothese führt.

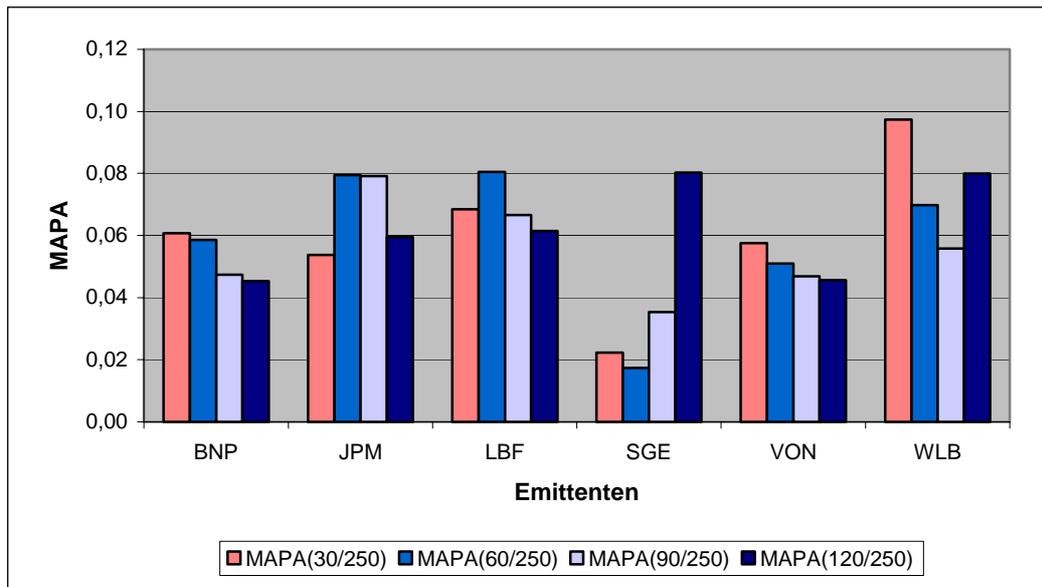


Abb. 7.19: MAPA nach Emittent bei verschiedenen Volatilitäten [eP]

Emittenten	Anzahl der Kurse	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
BNP	2.573	-0,0290	0,0608	0,0114	0,0586	0,0198	0,0474	0,0088	0,0452
JPM	213	-0,0468	0,0538	0,0284	0,0794	0,0690	0,0790	0,0586	0,0594
LBF	516	-0,0630	0,0684	0,0092	0,0804	0,0474	0,0666	0,0436	0,0614
SGE	80	-0,0180	0,0224	0,0038	0,0174	0,0334	0,0354	0,0802	0,0802
VON	2.353	-0,0354	0,0576	-0,0028	0,0510	0,0260	0,0468	0,0206	0,0456
WLB	734	-0,0790	0,0974	-0,0426	0,0698	-0,0026	0,0558	0,0130	0,0800

Tab. 7.19: MPA und MAPA nach Emittenten [eP]

Entsprechend den Beobachtungen bei den Calls, sollte man auch hier einen Anstieg der Abweichungswerte erwarten, je weiter die Scheine aus dem Geld notieren. Bei den Puts äußert sich dieser Zusammenhang durch einen zunehmenden Grad an Fehlbewertung bei steigenden Durchschnittswerten der Moneyness (vgl. Abb. 7.20). Lediglich ein Emittent weicht deutlich von diesem Trend ab. Erneut ist es SGE, der mit der höchsten festgestellten mittleren relativen Überbewertung von über 8% die geringste mittlere Moneyness (0,9775) aufweist, Dessen Scheine notieren im Gegensatz zu allen anderen im Mittel geringfügig im Geld. JPM ist dagegen auch hier wieder Spitzenreiter, die mittlere Moneyness betreffend. Dies rührt daher, dass dieser Emittent noch mit einem deutlich höheren Anteil seiner Scheine im DOTM-Bereich vertreten ist, als dies bereits bei

den amerik. Puts der Fall war. Über 95% der Kurse von JPM notieren tief aus dem Geld.⁴²⁸

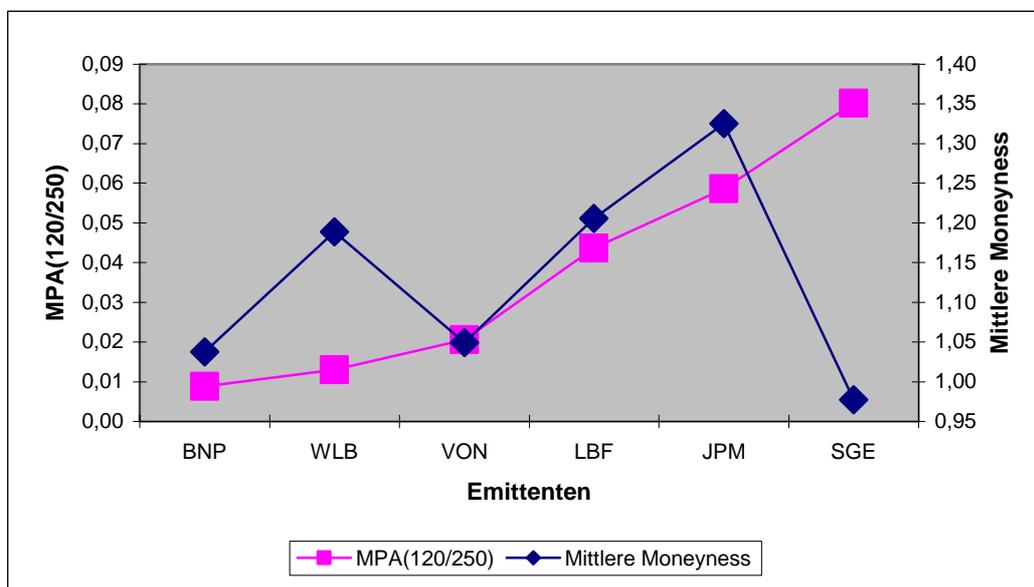


Abb. 7.20: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(120/250) und Moneyness nach Emittent [eP]

Wie schon an den bivariaten Korrelationskoeffizienten deutlich wird, kann bei den amerik. Puts im Vergleich zu den amerik. Calls ein etwas stärkerer positiver linearer Zusammenhang zwischen den relativen Abweichungen und der Restlaufzeit festgestellt werden.⁴²⁹ Bei Betrachtung von Abb. 7.21 fällt auf, dass durch die wiederum extrem langen Restlaufzeiten der Scheine von JPM,⁴³⁰ einhergehend mit den größten festgestellten Überbewertungen, ein Großteil dieser Abhängigkeit auf diesen Emittenten zurückgeführt werden kann. Ohne JPM ließe sich aus dem Mittelwertverlaufdiagramm kein Trend im Zusammenhang zwischen MPA und RLZ erkennen.⁴³¹

⁴²⁸ Bei den fünf anderen Emittenten reichen die Spannen von 0% bis knapp 64%. Vgl. dazu Tab. C2.6b im Anhang.

⁴²⁹ Bei den Puts ergeben sich Korrelationskoeffizienten von 0,146 bis 0,279 im Vergleich zu 0,019 bis 0,041 bei den Calls. Siehe dazu Tab. C2.5a bzw. erneut C1.5a im Anhang.

⁴³⁰ Die Restlaufzeiten reichen bei den 213 Notierungen amerik. Puts von knapp drei bis über fünf, bei einem Mittelwert von 4,25 Jahren. Die mittleren Restlaufzeiten aller anderen Emittenten bewegen sich lediglich in einem Bereich zwischen 116 und 342 Tagen. Vgl. dazu Tab. C2.7a im Anhang.

⁴³¹ Interessant ist vor allem, dass JPM sowohl bei den amerik. Calls als auch bei den amerik. Puts als Ausreißer im Hinblick auf die Restlaufzeit gilt, allerdings mit unterschiedlichen Auswirkungen auf den festgestellten linearen Zusammenhang zwischen der Restlaufzeit und der relativen Abweichung. Während bei den Puts der entsprechende Korrelationskoeffizient durch JPM erhöht wird, führen die extrem langen Restlaufzeiten bei den Calls aufgrund der als

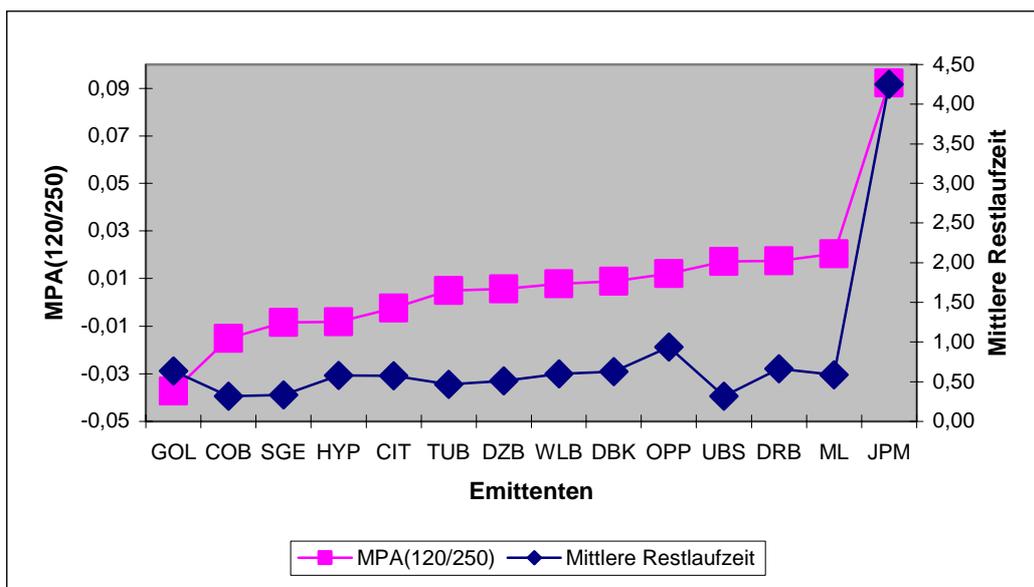


Abb. 7.21: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(120/250) und Restlaufzeit nach Emittent [aP]

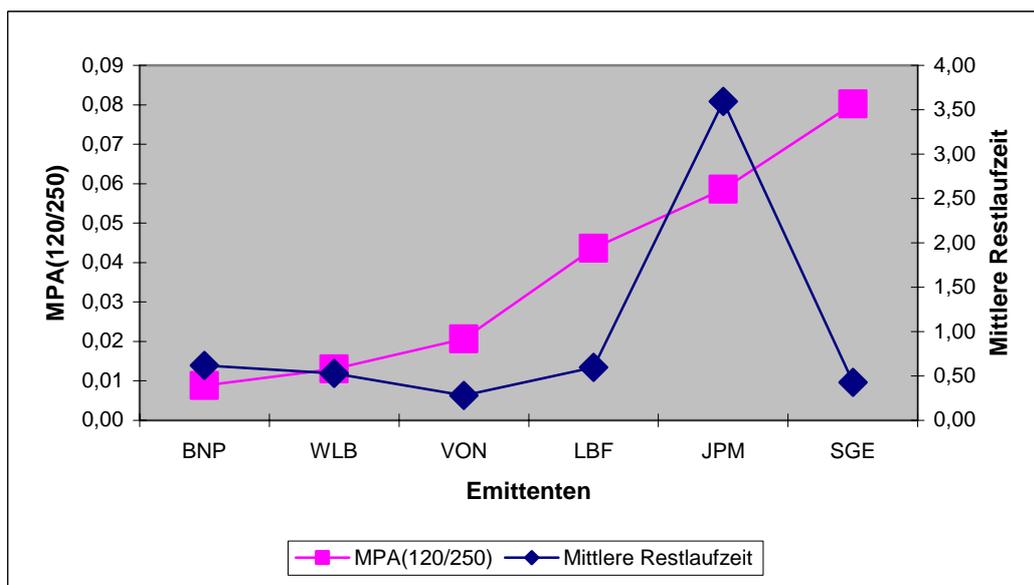


Abb. 7.22: Mittelwertverlaufdiagramm für MPA(120/250) und Restlaufzeit nach Emittent [eP]

Das gleiche Bild zeigt sich auch bei den Puts europ. Art. Hier wird der Einfluss von JPM aufgrund der untypisch langen Laufzeiten seiner Scheine noch deutlicher (vgl. Abb. 7.22).⁴³² SchlieÙe man diesen Emittenten aus der Untersuchung aus,

geringst festgestellten Abweichungen zur Schwächung dieses Zusammenhangs. Vgl. hierzu auch Abb. 7.10.

⁴³² Vgl. hierzu auch die RLZ-Parameter aller Emittenten in Tab. C2.7b im Anhang.

wäre weder grafisch noch bei Betrachtung der Korrelationskoeffizienten ein linearer Zusammenhang zu erkennen.

7.3.3 Einfach- und Mehrfachregressionsanalysen

Für **Modell I** ergeben sich bei den amerik. Puts ähnlich gute Anpassungen wie die bei den entsprechenden Calls festgestellten. Mit Bestimmtheitsmaßen von jeweils über 0,94 ist eine nahezu perfekte Übereinstimmung der Modellwerte mit den Marktpreisen zu verzeichnen. Bis auf zwei Ausnahmen (GOL und JPM) zeigt sich sowohl auf Basis aller Kurse als auch je Emittent bei den amerik. Puts mit positiven Konstanten und Steigungsparametern kleiner eins die bereits festgestellte tendenzielle Überbewertung von Optionsscheinen mit geringerem bzw. Unterbewertung von Scheinen mit höherem Kursniveau durch das Modell.⁴³³ Ein völlig anderes Bild lassen hingegen die Puts europ. Art erkennen. Hier stellen sich bis auf eine Ausnahme (VON) Steigungskoeffizienten größer eins ein, wonach oben festgestellter Trend nicht bestätigt werden kann.⁴³⁴ Insgesamt zeigen sich aber auch hier sehr gute Anpassungsergebnisse (alle Bestimmtheitsmaße sind erneut größer als 0,95. Abb. 7.23 zeigt das „Sonnenblumen-Streudiagramm“ für alle Kurse amerik. Puts sowie erneut die „Ideallinie“. Der „Grenzpreis“ (Wechsel zwischen Über- und Unterbewertung) liegt hier bei 1002,71 € Die Ergebnisse der Regression für alle Kurse sind in Tab. 7.20 dargestellt.

<i>Untersuchungsbasis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Marktpreis)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Amerik. Puts (alle Kurse)</i>	7,019	0,993	0,964
<i>Europ. Puts (alle Kurse)</i>	5,892	1,001	0,968

* alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. 7.20: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I (alle Puts)

⁴³³ Siehe Tab. C2.8a im Anhang. Alle Absolutglieder sind signifikant von null verschieden (Sign. 0,000), die entsprechenden Steigungsparameter (außer bei GOL, JPM und OPP) signifikant kleiner eins (Sign. 0,000).

⁴³⁴ Siehe Tab. C2.9a im Anhang. Demzufolge bleibt es bei den europ. Puts tendenziell bei einer geringen Überbewertung.

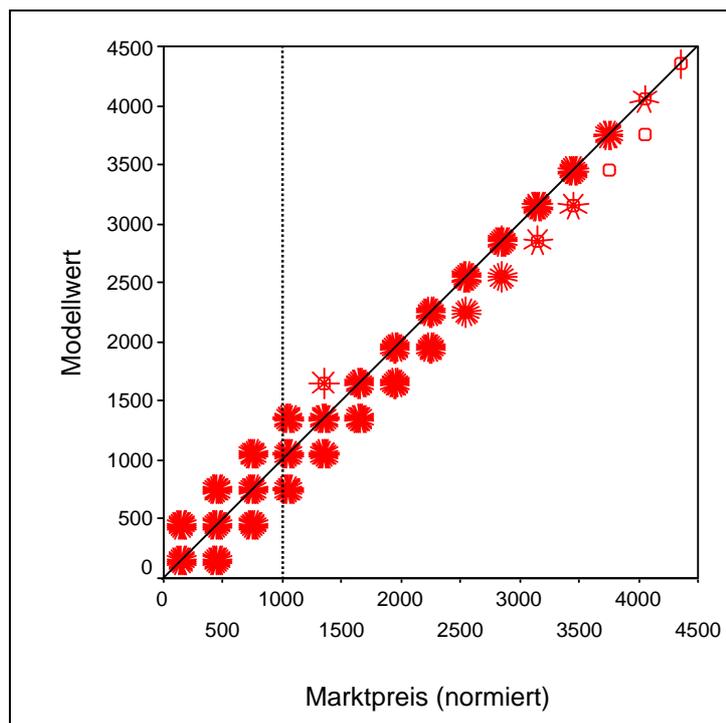


Abb. 7.23: Streudiagramm für Regressionsmodell I (alle Kurse) [aP]

Für **Modell II**, welches den Einfluss der Moneyness auf die relative Bewertungsabweichung regressionsanalytisch untersucht, sind die Ergebnisse in Tab. 7.21 für alle Kurse verzeichnet. Es lässt sich nahezu bei allen durchgeführten Regressionen ein negativer, wenn auch nur geringer Einfluss erkennen. Bei den amerik. Puts weichen hiervon die Emittenten ML, UBS und WLB ab, bei den europ. Puts lediglich SGE. Die Scheine dieser vier Emittenten weisen aber auch die geringsten Moneyness-Mittelwerte auf, d. h. die Mehrzahl ihrer Scheine notieren DITM, ITM oder ATM. Über die Gesamtheit aller Kurse amerik. bzw. europ. Puts betrachtet, zeigen sich negative Steigungskoeffizienten. Dies bringt zum Ausdruck, dass sich Wert und Preis zwar gemäß den Erwartungen der zugrundeliegenden Modelle mit zunehmender Moneyness gleichsam verringern,⁴³⁵ tendenziell der Marktpreis aber weniger stark dem sich verändernden Basispreis folgt und damit zu hoch ausfällt, eine Überbewertung bzw. Unterbewertung ist die Folge.

⁴³⁵ Es sei nochmals erinnert, dass zunehmende Moneyness-Werte aus steigenden Kursen des zugrundeliegenden Basiswertes resultieren, was bei den Puts eine Verringerung des Optionsscheinwertes zur Folge hat. Deutlich wird dieser Zusammenhang in Abb. C2.3 im Anhang.

<i>Untersuchungsbasis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Moneyness)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Amerik. Puts (alle Kurse)</i>	0,105	-0,100	0,122
<i>Europ. Puts (alle Kurse)</i>	0,114	-0,088	0,039

* alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. 7.21: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II (alle Puts)

Die Streudiagramme in Abb. C2.4 im Anhang zeigen exemplarisch für die amerik. Puts wieder deutlich den Verlauf der PA(120/250) mit der sich verändernden Moneyness. Alle Diagramme verzeichnen bei Scheinen DITM nur unmerkliche Abweichungen. Erst mit Moneyness-Werten etwa größer 0,85 treten auch zunehmende Abweichungen auf, wobei bei Scheinen am Geld größtenteils sogar Überbewertungen überwiegen dürften.⁴³⁶ Je weiter die Notierungen aber aus dem Geld gelangen, desto mehr nehmen auch mit insgesamt stark anwachsender Streuung die auftretenden Unterbewertungen zu, was bei den Regressionen nach Modell II bis auf die erwähnten Ausnahmen zu den festgestellten Ergebnissen führt.

Wird die Restlaufzeit in ihrer Einflussnahme auf die relativen Abweichungen isoliert in **Modell III** betrachtet, führt dies auch bei den Puts zu dem Schluss, dass deren Auswirkung auf die Höhe und Richtung der Fehlbewertung kaum ins Gewicht fällt (Tab. 7.22).

Grundsätzlich wird bei allen Regressionen amerik. Puts ein geringfügig positiver Steigungskoeffizient festgestellt. Lediglich UBS weist einen Wert von -0,005 auf, welcher zudem bei einem Signifikanzniveau von 0,412 nicht gegen null statistisch abgesichert ist.⁴³⁷ Ein zweigeteiltes Bild ergibt sich bei den europ. Puts (drei Emittenten mit positivem, drei mit negativem Koeffizienten). Die Restlaufzeit scheint also auch bei den Puts einen eher schwachen, in seiner Richtung nicht eindeutigen und teils nicht signifikanten Einfluss auf die Abweichung zwischen Preis und Wert auszuüben, womit sich die schon bei den Calls gemachten Feststellungen bestätigen.

⁴³⁶ Damit sind auch die bereits angesprochenen positiven Steigungskoeffizienten von ML, UBS und WLB erklärt, die mit ihren Kursen hauptsächlich in Moneyness-Bereichen vertreten sind, die sich durch eine zunehmende Überbewertungstendenz auszeichnen.

⁴³⁷ Siehe dazu Tab. C2.8c im Anhang.

<i>Untersuchungsbasis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Restlaufzeit)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Amerik. Puts (alle Kurse)</i>	0,016	0,032	0,060
<i>Europ. Puts (alle Kurse)</i>	0,010	0,016	0,021

* alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. 7.22: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III (alle Puts)

Bevor die Mehrfachregression (**Modell IV**) bei den Puts zur Anwendung kommt, gilt es auch hier vorab eine Untersuchung hinsichtlich möglicher Multikollinearität durchzuführen.

Betrachtet man die bivariaten Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Regressoren, fällt wiederum lediglich bei einem Emittenten (JPM) eine hohe negative Korrelation zwischen Moneyness und Restlaufzeit (-0,954) auf. Dieser Wert resultiert erneut aufgrund der Tatsache, dass es mit relativ wenigen Kursen im Moneyness/Restlaufzeit-Raum zu einer Art Clusterbildung kommt mit den entsprechenden Auswirkungen auf das Maß für die lineare Abhängigkeit (vgl. Abb. 7.24).

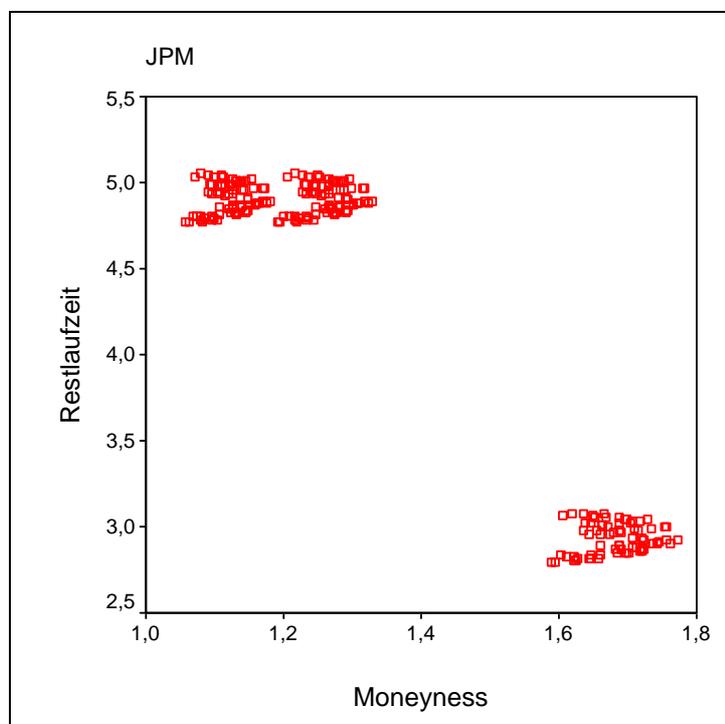


Abb. 7.24: Korrelation zwischen Moneyness und Restlaufzeit bei JPM [aP]

Die daraus resultierenden hohen *VIF*-Werte für die Regressoren *Moneyness* und *Restlaufzeit* (11,489 bzw. 11,377) und die damit einhergehende starke *Kollinearität* können somit wieder auf die in insgesamt sehr geringer Anzahl und wenigen unterschiedlichen Clustern vorliegenden Untersuchungseinheiten (*Kurse*) zurückgeführt werden.⁴³⁸

Entsprechend den Ergebnissen der *Multikollinearitätsüberprüfung* werden wiederum alle *Emittenten* in der anschließenden *Mehrfachregression* berücksichtigt.⁴³⁹

<i>Basis</i>	<i>Konst.*</i>	<i>Moneyness</i>			<i>Restlaufzeit</i>			<i>Umsatz</i>			<i>r</i> ²
		<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	
<i>Amerik. Puts (alle Kurse)</i>	0,093	-0,112	-0,389	0,000	0,040	0,299	0,000	0,002	0,017	0,000	0,209
<i>Europ. Puts (alle Kurse)</i>	0,123	-0,106	-0,239	0,000	0,021	0,188	0,000	-0,007	-0,035	0,004	0,075

* alle Werte mit *Sign.* 0,000

^a *standardisierter Koeffizient*

Tab. 7.23: Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV (alle Puts)

Die Ergebnisse hinsichtlich der Gesamtheit aller *Kurse* sind in *Tab. 7.23* verzeichnet. Es zeigt sich, dass wiederum die *Moneyness* den bedeutendsten Einfluss auf die *Fehlbewertung* ausübt. Die *Intension* des – bis auf die drei bereits identifizierten Ausnahmen *ML*, *UBS* und *WLB* – negativen Einflusses der *Moneyness* hebt sich dabei nicht so sehr von der Stärke des (bis auf *JPM*, *UBS* und *WLB*⁴⁴⁰ überwiegend positiven) Einflusses der *Restlaufzeit* ab. Die entsprechenden *Beta-Koeffizienten* unterscheiden sich betragsmäßig viel weniger stark als bei den vergleichbaren *Calls*. Ein signifikanter, eindeutig in seiner Richtung feststellbarer Einfluss der Größe *Umsatz* lässt sich auch bei den *Puts* nicht erkennen. Bei den europ. Scheinen ist grundsätzlich ein vergleichbares Ergebnis feststellbar, allerdings zeigt sich bei emittentenspezifischer Betrachtung keine eindeutige Richtung des Einflusses der *Restlaufzeit*.

⁴³⁸ Auch bei den europ. *Puts* weist *JPM* beim *Korrelationskoeffizienten* zwischen *Moneyness* und *Restlaufzeit* einen Spitzenwert von 0,727 auf mit entsprechend erhöhten *VIF*-Werten von 2,123 bzw. 2,129. Es sind hierfür wiederum nur zwei *Kurs-Cluster* verantwortlich.

⁴³⁹ Für alle übrigen *Regressionen* stellen sich sämtlich *VIF*-Werte von knapp über eins ein, was auf annähernd orthogonale *Regressoren* schließen lässt.

⁴⁴⁰ Die *Koeffizientenwerte* weisen hier allerdings deutlich höhere *Signifikanzwerte* von 0,182, 0,531 und 0,230 auf.

7.4 Bildung von spezifischen Emittentengruppen

Nach den bisherigen Ergebnissen der Fehlbewertungsanalyse, welche bei emittentenspezifischer Betrachtung durchaus zu nennenswerten Unterschieden hinsichtlich der untersuchten Bewertungsparameter geführt hat, bietet sich abschließend die Durchführung einer Clusteranalyse zur Identifikation möglichst homogener Gruppen von Emittenten an. Dabei werden separat für alle Calls und alle Puts, ohne eine Trennung zwischen amerik. und europ. Scheinen vorzunehmen, verschiedene Clusteranalyseverfahren durchgeführt. Die Zusammenlegung der amerik. und europ. Scheine zu jeweils einer zusammengefassten Gesamtheit erscheint aus mehreren Gründen sinnvoll. Zum einen haben sich zwischen beiden Typen starke Analogien in den Untersuchungsergebnissen bzgl. der Einflussparameter gezeigt, zum anderen stünde bei einer isolierten Betrachtung der europ. Scheine keine für eine sinnvolle Klasseneinteilung ausreichende Emittentenanzahl zur Verfügung. Zudem werden damit in beiden Gesamtheiten die gleichen Emittenten untersucht, was zum Zwecke der Vergleichbarkeit der zu extrahierenden Emittentengruppen zwischen Calls und Puts eine wichtige Grundlage darstellt.

Die Untersuchungsbasis besteht aus 89.388 Call- und 59.471 Put-Notierungen von jeweils 17 Emittenten. Als Eigenschaftsvariablen dienen die vier relativen Bewertungsabweichungen auf Basis von Handelstagen PA(30/250), PA(60/250), PA(90/250) und PA(120/250) sowie die Variablen Moneyness und Restlaufzeit. Auf Grundlage dieser Merkmale soll versucht werden, möglichst homogene Emittentengruppen auszumachen.

Als Proximitätsmaß wird einheitlich die quadrierte Euklidische Distanz allen nachfolgend verwendeten Clusterverfahren zugrundegelegt.⁴⁴¹ Als Grundlage hierfür dient die Euklidische Distanz, welche sich allgemein für den Fall $q = 2$ aus der sog. Minkowski- q -Metrik oder L_q -Distanz

⁴⁴¹ Die quadrierte Euklidische Distanz ist aufgrund ihrer rechnerischen Einfachheit Grundlage vieler Algorithmen der Clusteranalyse. Allerdings ist sie im Gegensatz zur Euklidischen Distanz keine L_q -Norm und keine metrische Distanz. Vgl. Fahrmeir et al. (1996), S. 450.

$$d_q(k,l) = \left[\sum_j^J |x_{kj} - x_{lj}|^q \right]^{\frac{1}{q}} \quad (7-9)$$

- mit $d_q(k,l)$: Distanz der Objekte k und l
 q : Minkowski-Konstante
 x_{kj} : Ausprägung von Variable j bei Objekt k
 x_{lj} : Ausprägung von Variable j bei Objekt l .

ergibt.

Aufgrund fehlender Skaleninvarianzeigenschaft der L_q -Normen erfolgt bei Vorliegen verschiedener Maßeinheiten der Merkmale zunächst eine Standardisierung der Daten durch

$$z_{kj} = \frac{x_{kj} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (7-10)$$

- mit \bar{x}_j : Mittelwert von Merkmal j
 s_j : Standardabweichung von Merkmal j .

Es werden folglich alle Variablen unabhängig von ihrer ursprünglichen Dimension auf ein einheitliches Niveau gebracht.⁴⁴² Die so erhaltenen Variablen besitzen jeweils den Erwartungswert null und die Varianz eins.

Die hier betrachteten Merkmale sind zwar alle metrisch skaliert, weisen allerdings unterschiedliche Maßeinheiten auf. So wird bspw. das Merkmal Restlaufzeit gemessen in „Jahresbruchteilen“, während die relativen Abweichungen (PA) Prozentangaben in Dezimalform darstellen. Zudem liegen die Daten in Form einer dreidimensionalen Datenmatrix vor, welche für die Anwendung der

⁴⁴² Nötig wird dieser Schritt, da bei der Berechnung der Distanz (als quadrierte Differenz) nicht nur der Wert selbst, sondern auch das jeweilige Gewicht dieses Wertes innerhalb der Gesamtdistanz dimensionsabhängig ist und es zu einer Verzerrung bei der Distanzbestimmung kommen kann.

Clusteranalyse erst entsprechend transformiert werden muss. Um auf zweidimensionales Niveau zu gelangen, wird eine Aggregation der Daten durch Durchschnittsbildung über die Beobachtungen je Emittent vorgenommen.⁴⁴³

Konkret erfolgt die Datenaufbereitung in zwei Schritten:

1. Standardisierung der Rohdaten gemäß (7-10).⁴⁴⁴ Es resultieren jeweils für Calls und Puts dreidimensionale Datenmatrizen mit insgesamt 9.117.576 (= 89.388·17·6) (standardisierten) Eigenschaftsurteilen für die Calls, und 5.406.204 (= 59.471·17·6) Werte für die Puts.
2. Aggregation der (standardisierten) z-Werte je Emittent. Es resultieren jeweils die mittleren standardisierten Variablen \bar{z}_{kj} ($k = 1, \dots, 17$, $j = 1, \dots, 6$).

Die so transformierten Variablen bilden für die nachfolgenden Clusteranalysen die Grundlage (vgl. Tab. 7.24 und 7.25). Das bereits oben erwähnte Distanzmaß, die quadrierte Euklidische Distanz, lautet somit konkret

$$d_2^2(k,l) = \sum_j^6 (\bar{z}_{kj} - \bar{z}_{lj})^2 . \quad (7-11)$$

Aus den bisherigen Untersuchungen zur emittentenspezifischen Fehlbewertung ging sowohl bei den Calls als auch bei den Puts der Emittent JPM als „besonderer Fall“ hervor. Deutlich wird dies auch nach Durchführung einer ersten hierarchischen Clusteranalyse nach dem Single-Linkage-Verfahren. Diese Methode ist aufgrund ihrer Fusionierungseigenschaft sehr gut geeignet, „Ausreißer“ zu erkennen.⁴⁴⁵

⁴⁴³ Der Informationsverlust hinsichtlich weiterer Verteilungsparameter wie Streuung oder Schiefe innerhalb der einzelnen Emittententeilgesamtheiten wird dabei in Kauf genommen.

⁴⁴⁴ Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird der Index für die Anzahl der Beobachtungen pro Emittent vernachlässigt.

⁴⁴⁵ Das Single-Linkage- (oder Nearest-Neighbour-)Verfahren weist einer Gruppe immer die kleinste Distanz der Einzeldistanzen der in dieser Gruppe vorhandenen Objekte als neue Distanz zu einem anderen Objekt bzw. Gruppe zu. Als sog. kontrahierendes Verfahren neigt es dazu, viele kleine und wenige große Gruppen zu bilden, wodurch gerade durch diese kleinen Gruppen Ausreißer gut identifiziert werden können. Vgl. Backhaus et al. (2000), S. 357 f.

<i>Emittenten</i>	<i>Emittentenspezifische Mittelwerte der Einflussvariablen (standardisiert)</i>					
	<i>Moneyness</i>	<i>Restlaufzeit</i>	<i>PA(30/250)</i>	<i>PA(60/250)</i>	<i>PA(90/250)</i>	<i>PA(120/250)</i>
BNP	-0,18253	-0,04470	0,06242	0,04394	0,04483	0,05000
CIT	-0,27067	-0,05067	0,21695	0,22467	0,23583	0,22352
COB	0,23132	-0,69894	-0,07455	-0,02705	-0,05901	-0,11391
DBK	0,09712	0,00725	0,02055	0,06859	0,10249	0,09357
DRB	-0,21147	0,12522	-0,06624	-0,00502	0,07523	0,10998
DZB	-0,26877	-0,16096	0,04620	0,05276	0,03602	0,01851
GOL	0,91144	-0,09378	-0,26393	-0,31612	-0,36708	-0,37501
HYP	0,04813	-0,12073	0,03105	0,06954	0,03357	-0,00852
JPM	0,88315	6,34083	-0,30553	-0,38149	-0,43915	-0,45531
LBF	0,41063	-0,06981	-0,24813	-0,26017	-0,25392	-0,16363
ML	0,15018	-0,00364	-0,03743	0,09107	0,05223	-0,02550
OPP	0,24013	0,46959	-0,19068	-0,23317	-0,22984	-0,21349
SGE	-0,02587	-0,29309	-0,07534	-0,07839	-0,09722	-0,12041
TUB	0,11920	-0,34094	0,03637	-0,04178	-0,10032	-0,11420
UBS	0,25368	-0,50898	-0,14217	-0,20341	-0,24386	-0,23050
VON	0,55776	-0,77327	-0,24645	-0,31316	-0,32322	-0,29257
WLB	-0,53250	0,26603	0,26370	0,25763	0,29366	0,34861

Tab. 7.24: Datenbasis für die Clusteranalyse (alle Calls)

<i>Emittenten</i>	<i>Emittentenspezifische Mittelwerte der Einflussvariablen (standardisiert)</i>					
	<i>Moneyness</i>	<i>Restlaufzeit</i>	<i>PA(30/250)</i>	<i>PA(60/250)</i>	<i>PA(90/250)</i>	<i>PA(120/250)</i>
BNP	0,06053	0,08929	-0,02787	0,15703	0,15703	0,07556
CIT	-0,05522	-0,00271	0,06852	-0,03655	-0,11173	-0,11172
COB	0,19467	-0,55621	-0,20316	-0,17608	-0,29374	-0,32764
DBK	-0,02351	0,10693	0,16182	0,14200	0,11756	0,07706
DRB	0,23750	0,18449	-0,18348	0,02679	0,24061	0,22016
DZB	-0,21928	-0,14188	0,06117	0,02344	-0,01225	0,02356
GOL	0,92433	0,12795	-0,67389	-0,56651	-0,65448	-0,69412
HYP	-0,41144	0,00249	0,19055	0,06262	-0,20204	-0,20812
JPM	1,59619	7,18373	-0,09346	0,53597	1,26850	1,19396
LBF	0,91206	0,04295	-0,47838	0,12592	0,61874	0,65922
ML	-0,48914	0,01952	0,26165	0,21423	0,29388	0,27067
OPP	0,33164	0,77603	-0,03829	0,03351	0,18016	0,13102
SGE	0,01630	-0,51514	-0,04511	-0,04690	-0,18999	-0,17722
TUB	-0,17477	-0,24050	0,19277	0,10597	0,02910	0,01144
UBS	-0,38145	-0,55750	0,04660	0,06800	0,15711	0,21552
VON	0,11937	-0,63913	-0,11309	-0,04035	0,26279	0,27479
WLB	-0,43184	0,03066	0,13427	-0,03203	-0,04527	0,06819

Tab. 7.25: Datenbasis für die Clusteranalyse (alle Puts)

Bei beiden Teilgesamtheiten (Calls und Puts) führt das Single-Linkage-Verfahren zur Identifikation von JPM als Ausreißer. Das entsprechende Heterogenitätsmaß, hier die quadrierte Euklidische Distanz, springt in beiden Fällen jeweils im letzten

Schritt der Fusionierung sprunghaft an (bei den Calls von 0,327 auf 35,022, bei den Puts von 1,639 auf 45,228).⁴⁴⁶ Die jeweiligen Dendrogramme⁴⁴⁷ (Abb. C3.1a bzw. C3.2a) zeigen deutlich die große Unähnlichkeit von JPM zum alle anderen Objekte umfassenden Cluster. Daher ist es ratsam, JPM für die weiteren Clusteranalysen aus der Objektmenge zu entfernen, um den Fusionierungsprozess der übrigen Objekte nicht zu beeinflussen.

Für die Untersuchungen der verbleibenden 16 Emittenten finden nun alternative agglomerative Verfahren Anwendung. Zum einen das zur Bildung kleiner Gruppen neigende, dilatierende Complete-Linkage- (oder Furthest-Neighbour-) Verfahren⁴⁴⁸, zum anderen die Methode nach Ward. Letztere gilt als eher konservativ (weder kontrahierend noch dilatierend), da sie aufgrund ihrer Vorgehensweise bzgl. der Fusionierung von Objekten eher homogene und in etwa gleich große Gruppen zu bilden vermag.⁴⁴⁹ Das Verfahren von Ward gilt im Allgemeinen als ein „sehr guter Fusionierungsalgorithmus“, der bei bestimmten Voraussetzungen „richtige“ Zuordnungen liefert.⁴⁵⁰

Betrachtet man die Calls und unterzieht sie den erwähnten Clusterverfahren, stellen sich deutlich zwei nahezu gleich große Gruppen heraus. Die entsprechenden Agglomerationstabellen und Dendrogramme weisen sowohl beim Complete-Linkage- als auch beim Ward-Verfahren jeweils acht Emittenten einem Cluster zu.⁴⁵¹ Die Zwei-Cluster-Lösung scheint somit bei den Calls die optimale Lösung zu sein (ohne Einbeziehung von JPM).

⁴⁴⁶ Siehe dazu Tab. C3.1a und C3.2a im Anhang.

⁴⁴⁷ Die Dendrogramme stellen den gesamten Ablauf der Clusterbildung dar. Dabei werden neben den jeweils gebildeten Clustern auch die entsprechenden Heterogenitätsmaße zwischen den zusammengefassten Gruppen bzw. Objekten aufgezeigt. Angemerkt sei jedoch, dass die Distanzwerte im Dendrogramm (hier bezeichnet als *Rescaled Distance Cluster Combine*) nicht die „wahren“ Distanzen, sondern nur die Distanzverhältnisse richtig wiedergeben, da eine Transformation der Werte auf den Bereich [0;25] erfolgt.

⁴⁴⁸ Im Gegensatz zum Single-Linkage-Verfahren wird beim Complete-Linkage-Verfahren beim Fusionierungsprozess immer der größte Wert der Einzeldistanzen als neue Distanz herangezogen. Vgl. Backhaus et al. (2000), S. 358 .

⁴⁴⁹ Das Clusterverfahren nach Ward stellt bei der Fusionierung von Gruppen/Objekten auf die Betrachtung des Varianzkriteriums (Fehlerquadratsumme) als Heterogenitätsmaß ab, d. h. es werden nicht wie bei den Linkage-Verfahren diejenigen Gruppen/Objekte mit der geringsten Distanz vereinigt, sondern jene, die die Varianz in der Gruppe am wenigsten erhöhen. Vgl. Backhaus et al. (2000), S. 359 f .

⁴⁵⁰ Backhaus et al. (2000), S. 366.

⁴⁵¹ Siehe dazu Tab. C3.1b und C3.1c bzw. Abb. C3.1b und C3.1c im Anhang.

Als Kontrolle lässt sich zusätzlich das sog. Elbow-Kriterium heranziehen. Danach werden in einem Diagramm die verwendeten Fusionskoeffizienten (Heterogenitätsmaß) gegen die entsprechende Clusteranzahl abgetragen. Beispielhaft soll dies für die Ward-Methode in Abb. 7.25 erfolgen.⁴⁵² Durch einen übermäßig starken Anstieg der Gesamtvarianz im letzten Fusionierungsschritt (Vereinigung der zwei Cluster zu einer Gesamtheit) resultiert im Diagramm ein sog. „Ellbogen“, welcher den Zwei-Cluster-Fall als am naheliegendsten erscheinen lässt.

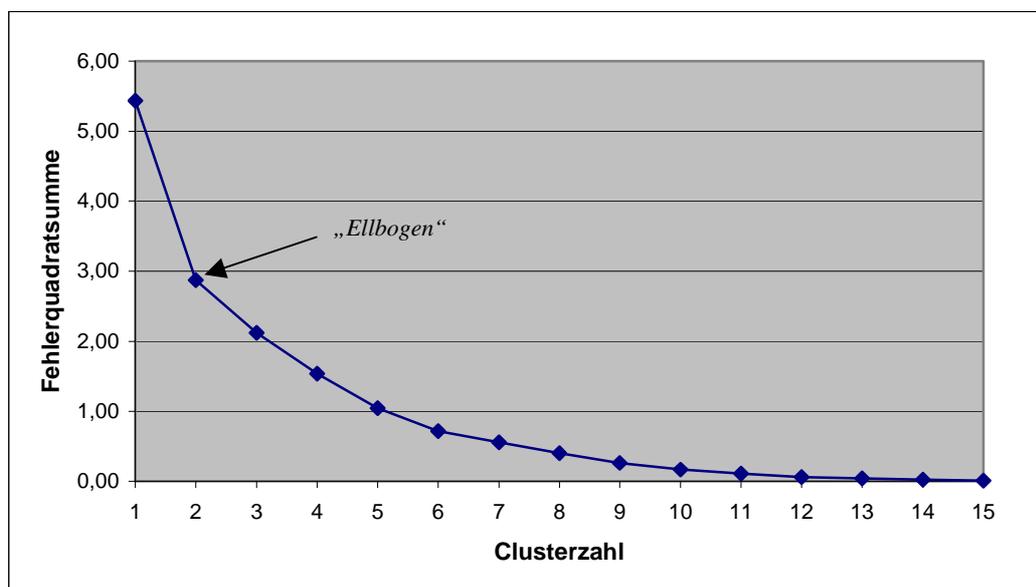


Abb. 7.25: Elbow-Kriterium beim Ward-Verfahren (Calls ohne JPM)

Unter Berücksichtigung des „Ausreißers“ JPM lassen sich für die Calls die in Tab. 7.26 angegebenen Emittentengruppen ermitteln. Zusätzlich enthält die Tabelle die Mittelwerte und Varianzen der (transformierten) Eigenschaftsvariablen pro Cluster.

Durch den Vergleich der clusterspezifischen Varianzen der Variablen mit den Varianzen in der Untersuchungsgesamtheit lässt sich zudem die Homogenität der identifizierten Cluster beurteilen. Dabei werden die jeweiligen F-Werte als Quotient dieser beiden Varianzen für jede Variable einzeln ermittelt. Sind alle F-Werte innerhalb eines Clusters kleiner als eins, weisen also alle Variablen

⁴⁵² Als „Koeffizient“ dient beim Ward-Verfahren – wie bereits erwähnt – anstelle des zugrundeliegenden Distanzmaßes die Fehlerquadratsumme (Varianzkriterium).

innerhalb des Clusters eine geringere Streuung auf als in der Untersuchungsgesamtheit, gilt der Cluster als vollkommen homogen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tab. 7.27 verzeichnet. Demnach ergeben sich durchgehend F-Werte kleiner eins.

	<i>Cluster 1</i>		<i>Cluster 2</i>		<i>Cluster 3</i>	
<i>Emittenten</i>	BNP, DZB, DRB, DBK, ML, HYP, CIT, WLB		SGE, TUB, COB, UBS, GOL, LBF, VON, OPP		JPM	
<i>Variable (stand.)</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Varianz</i>
<i>Moneyness</i>	-0,14631	0,05288	0,33729	0,08439	0,88315	0
<i>Restlaufzeit</i>	0,00222	0,01879	-0,28865	0,15933	6,34083	0
<i>PA(30/250)</i>	0,06715	0,01339	-0,15061	0,01138	-0,30553	0
<i>PA(60/250)</i>	0,10040	0,00840	-0,18416	0,01411	-0,38149	0
<i>PA(90/250)</i>	0,10923	0,00996	-0,20931	0,01264	-0,43915	0
<i>PA(120/250)</i>	0,10127	0,01627	-0,20296	0,00895	-0,45531	0

Tab. 7.26: Clusterzugehörigkeit und clusterspezifische Kennwerte (alle Calls)

<i>Variable (stand.)</i>	<i>Mittelwert in der Gesamtheit</i>	<i>Varianz in der Gesamtheit</i>	<i>F-Werte</i>			<i>t-Werte</i>		
			<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>	<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>
<i>Moneyness</i>	0,14182	0,15502	0,34109	0,54441	0	-0,73182	0,49646	1,88288
<i>Restlaufzeit</i>	0,23820	2,57219	0,00730	0,06194	0	-0,14714	-0,32850	3,80510
<i>PA(30/250)</i>	-0,05725	0,02678	0,49998	0,42470	0	0,76011	-0,57047	-1,51711
<i>PA(60/250)</i>	-0,06186	0,03687	0,22777	0,38258	0	0,84497	-0,63690	-1,66455
<i>PA(90/250)</i>	-0,07293	0,04416	0,22554	0,28628	0	0,86681	-0,64898	-1,74269
<i>PA(120/250)</i>	-0,07464	0,04380	0,37140	0,20442	0	0,84057	-0,61319	-1,81902

Tab. 7.27: Homogenitätsanalyse der identifizierten Cluster (alle Calls)

Zusätzlich sind in Tab. 7.27 die t-Werte der einzelnen Variablen aufgeführt.⁴⁵³ Diese werden pro Variable j bestimmt aus der Differenz zwischen dem Mittelwerte der Variable in der jeweiligen Gruppe und in der Untersuchungsgesamtheit, dividiert durch die Standardabweichung des Merkmals in der Gesamtheit. Die t-Werte geben Aufschluss darüber, ob eine bestimmte Variable innerhalb einer Gruppe überrepräsentiert (t-Wert > 0) oder unterrepräsentiert (t-Wert < 0) ist. Mit anderen Worten zeigen die t-Werte, in welchem Ausmaß die einzelnen Variablen zur spezifischen Gruppeneigenschaft und damit zur Trennschärfe zwischen den Gruppen beitragen. Positive Werte bei den PA-Variablen in Cluster 1 bedeuten somit, dass eher die höherwertigen Werte der relativen Abweichungen den Charakter dieser Gruppe prägen. Die Werte für

⁴⁵³ Vgl. Backhaus et al. (2000), S. 379 f.

Moneyiness und Restlaufzeit scheinen dagegen eine geringere Rolle innerhalb dieses Clusters zu spielen. In Gruppe 2 ist dagegen einzig der Moneyiness-Wert ein besonders charakteristisches Merkmal.

Die Ergebnisse hinsichtlich der nach der Eliminierung von JPM verbleibenden Emittenten bei den Puts sind indes nicht von dieser Eindeutigkeit. Wie aus den Dendrogrammen für das Complete-Linkage- und das Ward-Verfahren ersichtlich,⁴⁵⁴ ist eine Bildung homogener Gruppen nicht zu erwarten. Vielmehr zeigen sich zum einen weitere einzelne „Sonderfälle“ (GOL und LBF bilden jeweils eine eigene Gruppe), zum anderen werden die restlichen Objekte in nur gering unterscheidbaren Gruppen zusammengeschlossen. Eine ähnlich eindeutige Lösung ist somit bei den Puts nicht zu erkennen, wie auch bei Betrachtung des Elbow-Diagramms (Abb. 7.26) deutlich wird. Anders als bei den Calls kann hier keiner bestimmten Cluster-Lösung Optimalität bescheinigt werden.

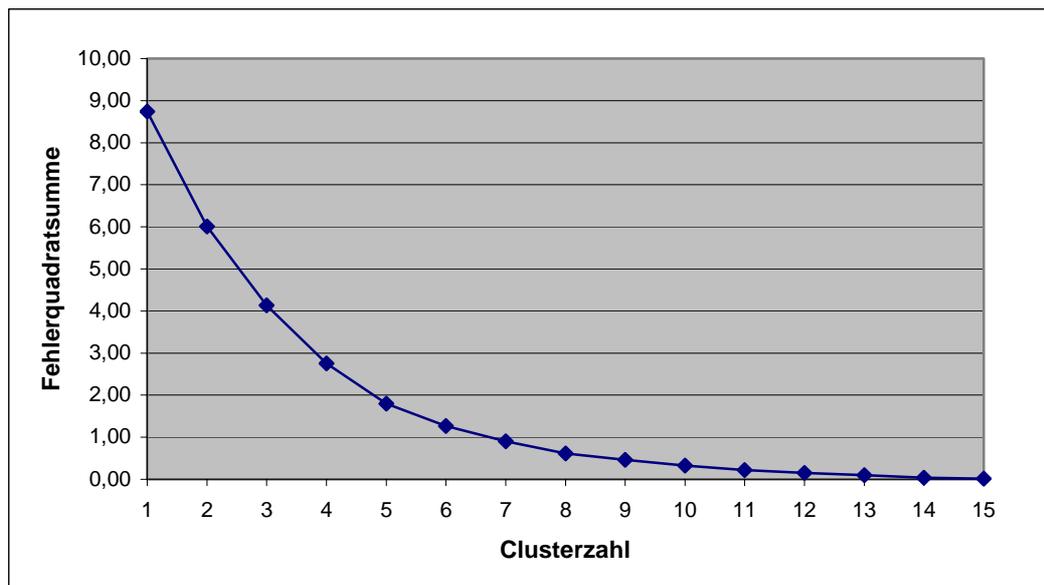


Abb. 7.26: Elbow-Kriterium beim Ward-Verfahren (Puts ohne JPM)

Wollte man dennoch Parallelen zu den Ergebnissen bei den Calls erkennen, ist insbesondere die Fünf- bzw. Vier-Cluster-Lösung (jeweils nach Eliminierung von JPM) überlegenswert. Die Fünf-Cluster-Lösung ergäbe eine relativ kompakte Gruppe, bestehend aus DZB, TUB, CIT, HYP, WLB und ML. Bis auf TUB sind dies Emittenten, die sich auch bei den Calls in einer Gruppe befinden (Cluster 1).

⁴⁵⁴ Siehe hierzu Abb. C3.2b und C3.2c im Anhang.

Geht man einen Schritt weiter und fusioniert diese Gruppe mit der nächst ähnlichen, kommen mit BNP, DBK und DRB drei weitere Emittenten hinzu, die ebenso in Cluster 1 bei den Calls zu finden sind. Insgesamt erhielt man somit unter Berücksichtigung von JPM eine Fünf-Cluster-Lösung bei den Puts (Tab. 7.28). Auf die Angabe aller gruppenspezifischen Kenngrößen bzw. Gütekriterien (F- bzw. t-Werte) sei an dieser Stelle verzichtet. Lediglich Cluster 1 kann durch die Tatsache, dass sämtliche F-Werte kleiner als eins sind, als ähnlich homogen angesehen werden wie Cluster 1 bei den Calls. Gruppe 2 ist dagegen durch eine größere Heterogenität insbesondere bei den Fehlbewertungsvariablen gekennzeichnet (drei der vier t-Werte für die PA-Variablen sind deutlich größer als eins).

	<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>	<i>Cluster 3</i>	<i>Cluster 4</i>	<i>Cluster 5</i>
<i>Emittenten</i>	DZB, TUB, CIT, HYP, WLB, ML, BNP, DBK, DRB, OPP	COB, SGE, UBS, VON	LBF	GOL	JPM

Tab. 7.28: Mögliche Clusterzugehörigkeit (alle Puts)

Wenngleich die Gruppenaufteilung bei den Puts gemäß Tab. 7.28 etwas willkürlich erscheinen mag, lässt sich, zumindest was die Emittentengruppe 1 in beiden Fällen betrifft, die Analogie in der Clusterbildung bei den Calls und Puts auch inhaltlich gut interpretieren. Es fällt auf, dass beiden Clustern große Homogenität bescheinigt werden kann und darin eher Emittenten vertreten sind, die eine marktführende Rolle im Emissionsgeschäft mit Optionsscheinen inne haben (CIT, DBK, WLB). Die „Großen“ der Branche scheinen sich daher nicht allzu sehr im Hinblick auf die untersuchten Merkmale zu unterscheiden, weder bei den Calls noch bei den Puts.

Vergleicht man nun zunächst die drei identifizierten Gruppen der Call-Emittenten hinsichtlich der spezifischen Gesamtmittelwerte, berechnet aus den ursprünglichen (nicht transformierten) Rohdaten der Einflussvariablen, zeigen sich die in Tab. 7.29 aufgeführten Werte. Demnach liegen die „großen“ Emittenten in Gruppe 1 bzgl. der durchschnittlichen Moneyness unter dem Gesamtdurchschnitt und somit mit ihren Scheinen verhältnismäßig weiter aus dem Geld, während eine geringfügig überdurchschnittliche mittlere Restlaufzeit

beobachtet werden kann. Die vier betrachteten relativen Abweichungen weisen bei den Gruppe-1-Emittenten überdurchschnittliche Überbewertungswerte auf. Ein entgegengesetztes Verhältnis zum Gesamtdurchschnitt verzeichnen dagegen die Variablenmittelwerte bei Gruppe 2, während JPM bei allen Werten seine „Ausreißerstellung“ bestätigt.

<i>Cluster</i>	<i>Moneyiness</i>	<i>Restlaufzeit</i>	<i>PA(30/250)</i>	<i>PA(60/250)</i>	<i>PA(90/250)</i>	<i>PA(120/250)</i>
1	0,89988	0,70638	0,21869	0,26040	0,26275	0,24059
2	0,97306	0,59733	0,10488	0,12957	0,13414	0,12427
3	1,07629	4,01941	-0,00022	0,02167	0,03186	0,02928
<i>Gesamt</i>	<i>0,93145</i>	<i>0,68773</i>	<i>0,17002</i>	<i>0,20456</i>	<i>0,20789</i>	<i>0,19095</i>

Tab. 7.29: Clusterspezifische Mittelwerte der Einflussvariablen (alle Calls)

Für die Puts resultieren nach analoger Vorgehensweise für die Fünf-Cluster-Lösung die in Tab. 7.30 aufgeführten (Gruppen-)Mittelwerte.

<i>Cluster</i>	<i>Moneyiness</i>	<i>Restlaufzeit</i>	<i>PA(30/250)</i>	<i>PA(60/250)</i>	<i>PA(90/250)</i>	<i>PA(120/250)</i>
1	1,00502	0,58921	-0,02089	0,00379	0,01280	0,00675
2	1,02232	0,31442	-0,03164	-0,00261	0,00992	0,00482
3	1,20535	0,59644	-0,06289	0,00920	0,04738	0,04357
4	1,20777	0,63601	-0,07764	-0,04097	-0,02882	-0,03711
5	1,34020	3,92078	-0,03385	0,03892	0,08627	0,07545
<i>Gesamt</i>	<i>1,02558</i>	<i>0,57644</i>	<i>-0,02680</i>	<i>0,00008</i>	<i>0,01035</i>	<i>0,00427</i>

Tab. 7.30: Clusterspezifische Mittelwerte der Einflussvariablen (alle Puts)

Ergänzend sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der Clusteranalyse mit Vorsicht zu genießen sind, da grundsätzlich mit der Wahl des Cluster-Algorithmus sowie des Proximitätsmaßes gezielt Einfluss auf die Fusionierungsergebnisse genommen werden kann. In dieser Untersuchung ging es nicht primär darum, eindeutige, verschiedenartige Emittentengruppen zu identifizieren, sondern prinzipiell – die bisherigen Erkenntnisse unterstützend – aufzuzeigen, dass durchaus emittentenspezifische Unterschiede in den Fehlbewertungsergebnissen auftreten und somit das Merkmal „Emittent“ selbst als Einflussvariable auf die festgestellten Abweichungen zwischen Preis und Wert auftritt. Diese Unterschiede traten anhand der zugrundegelegten Variablen zumindest bei den Calls deutlich hervor, zudem gelang eine relativ eindeutige Trennung in zwei als ziemlich homogen anzusehende Emittentengruppen.

7.5 Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse der Analyse der Fehlbewertungen

Zunächst wurden die Abweichungen zwischen Modellwerten und Marktpreisen hinsichtlich der verwendeten Volatilitätsschätzer untersucht. Dabei ließ sich bei allen vier Optionsscheingruppen (amerik. bzw. europ. Calls bzw. Puts) übereinstimmend eine deutlich bessere Eignung der vier verwendeten historischen Volatilitäten auf Handelstagebasis feststellen. Die Verwendung von Kalendertagen als Annualisierungsfaktor hatte bei allen prozentualen Abweichungsmittelwerten eine Verschiebung hin zu größeren Überbewertungen durch das jeweils verwendete Modell zur Folge. Bei den Calls wurden beim Übergang zu Kalendertagen die PA-Werte ca. um das doppelte erhöht, während bei den Puts die Verschiebung teils noch gravierender ausfiel. Die 30-Tage-Volatilität auf Handeltagebasis schnitt bei den im Mittel mit 15% bis 17% überbewerteten Calls in beiden Gruppen am besten ab. Ähnlich befriedigende Ergebnisse lieferte die 120-Tage-Volatilität, welche auch vornehmlich bei beiden Put-Gruppen die geringsten prozentualen wie auch betragsmäßig prozentualen Abweichungen zuließ. Festzustellen ist generell, dass die Puts bei Verwendung aller Volatilitätsschätzer deutlich geringere Abweichungsmittel aufwiesen als die Calls, wobei mit Verlängerung des Stützzeitraumes eine Tendenz, ausgehend von geringen Unter-, hin zu geringen Überbewertungen erkennbar wurde.

Unter Zugrundelegung der „besten“ Schätzer für die Volatilität wiesen die nachfolgenden Untersuchungen, die auf die Analyse der modellimmanenten Einflussparameter Moneyness und Restlaufzeit abzielten, bei den Calls einheitlich der Moneyness einen bedeutenden signifikanten Einfluss auf Höhe und Richtung der Fehlbewertungen zu. Es zeigte sich eine enorme Überbewertung der Calls bei Kursen tief aus bzw. aus dem Geld. Dieser negative (eher als nichtlinear identifizierte) Einfluss wurde sowohl bei den angestellten Mittelwertvergleichen als auch im Rahmen eines entsprechenden Regressionsmodells als statistisch signifikant festgestellt. Bis auf die Kategorien DOTM traten überaus akzeptable (teils sogar nicht signifikante) Über-, beim 30-Tage-Schätzer sogar leichte Unterbewertungen auf. Im Gegensatz dazu konnte eine (lineare) Tendenz des Moneyness-Einflusses bei den Puts in beiden Gruppen nicht festgestellt werden.

Zwar wurden auch hier signifikante, aber im Vergleich zu den Calls weit aus geringere Fehlbewertungen ausgemacht. Stärkere Unterbewertungen traten jedoch lediglich im DOTM-Bereich, teilweise auch bei Scheinen tief im Geld zu Tage, während bei Werten um eine Moneyness von eins Überbewertungen im Mittel überwogen.

Bei isolierter Betrachtung der Restlaufzeiten fiel auf, dass bei den Calls die durchschnittlichen Überbewertungen mit längeren Restlaufzeiten (bis zwei Jahre) deutlich zunahmen. Die festgestellte Reduzierung der MPA-Werte in RLZ-Kategorie 6 auf annehmbares Niveau ist auf die wenigen in dieser Kategorie notierenden amerik. Scheine eines einzigen Anbieters zurückzuführen. Auch bei den Puts zeigte sich die Tendenz einer Zunahme der MPA-Werte, ausgehend von (teils) geringfügigen Unterbewertungen (negative MPA) bei kurzen Restlaufzeiten bis hin zu anwachsenden Überbewertungen (positive MPA) in höheren RLZ-Klassen.

Die kombinierte Betrachtung dieser beiden Einflussgrößen brachte bei den Calls die größten Bewertungsabweichungen in den Kombinationen DOTM und RLZ-Klasse 1 zum Vorschein. Dabei handelte es sich bei den DOTM-notierenden Scheinen mit weniger als 30 Tagen Restlaufzeit um extrem starke Unterbewertungen bis zu -100%.⁴⁵⁵ In den RLZ-Kategorien 2 bis 6 hingegen konnten bei DOTM-Scheinen starke Überbewertungen ausgemacht werden. Bei tief aus dem Geld notierenden europ. Calls in RLZ-Kategorie 6 ergab sich sogar ein MPA-Wert von an die 90%. In den Bereichen ATM bis DITM wurden indes über alle Restlaufzeiten betrachtet nur geringfügige Abweichungen festgestellt, sodass annähernd von fairer Bewertung in diesen Bereichen ausgegangen werden kann. Die Kombination von Moneyness und Restlaufzeit lieferte bei den Puts in allen RLZ-Kategorien eine nahezu gleiche Verteilung der Abweichungen über die Moneyness-Klassen: faire Bewertungen im DITM-Bereich, stärkere Unterbewertungen bei DOTM-Scheinen und dazwischen überwiegend positive MPA-Werte. Die extremsten Ausschläge kamen vor in Klasse DOTM für Scheine

⁴⁵⁵ Diese Feststellung konnte nur für die amerik. Calls gemacht werden, da diese Kategorienkombination bei den europ. Call nicht besetzt war. Allerdings traten hier lediglich 25 umsatzlose amerik. Call-Notierungen auf, überwiegend stammend von einem einzigen Schein.

unter einem Monat Restlaufzeit (starke Unterbewertungen) und in Klasse ATM für langlaufende Puts (Überbewertungen). Im Vergleich übte allerdings die Moneyness den weitaus größten Einfluss auf die Fehlbewertungen aus. Dies wurde zudem unterstützt durch die Ergebnisse der durchgeführten Regressionen, insbesondere der Mehrfachregression, aufgrund der (betragsmäßig) höheren Beta-Koeffizienten. Während aber ein deutlich (auch in der Richtung) signifikanter negativer Einfluss der Moneyness bei den Calls, auch unterstützt durch die Ergebnisse der Regressionsanalysen, testiert werden konnte, waren die Ergebnisse diesbezüglich bei den Puts nicht überzeugend. Der negative Koeffizient der entsprechenden Regression täuscht über den wahren Einfluss der Moneyness hinweg. So lässt sich der insgesamt negative Einfluss nur auf die hohen Unterbewertungen, die bei Notierungen mit extrem hohen Moneyness-Werten (DOTM) festzustellen waren, zurückführen. Würden Bereiche lediglich bis etwa einer Moneyness von 1,2 betrachtet, ergäbe sich ein signifikanter positiver Regressionskoeffizient.

Festzuhalten bleibt generell, DOTM-Calls wiesen (abgesehen von einigen Ausreißern) extreme Überbewertungen auf, während mit steigender Moneyness eine vergleichsweise faire Bewertung konstatiert werden konnte. Puts waren in mittleren Moneyness-Bereichen eher über- und in Klasse DOTM stark unterbewertet. Eine generell faire Bewertung konnte hier hauptsächlich DITM-Scheinen bescheinigt werden.

Ökonomisch erklärbar wären Fehlbewertungen nahe null im DITM-Bereich, wenn man bedenkt, dass hier der innere Wert den Hauptanteil am Optionswert ausmacht und somit die möglichen Variablen, die über den Zeitwert auf den Gesamtwert des Scheins Einfluss nehmen, eher eine untergeordnete Rolle spielen. Hier fallen etwaige Modellfehlspezifikationen oder sonstige auf die Modellparameter zurückzuführende Ursachen von Bewertungsabweichungen weniger ins Gewicht. Die Möglichkeit von Fehlbewertungen sind dann am größten, wenn sich der Optionswert fast ausschließlich aus dem Zeitwert bestimmt. Dies konnte sowohl für die Calls als auch für die Puts festgestellt werden. Somit sind auch die großen Fehlbewertungen der Calls in der Kategorie DOTM darauf zurückzuführen. Extrem hohe PA-Werte gehen einher mit einem Verhältnis zwischen Modellwert

und Marktpreis größer eins. Je weiter der Optionsschein aus dem Geld notiert, um so höher wird dieses „price ratio“. Mit anderen Worten, der Verfall des Marktpreises vollzieht sich in vergleichsweise höherem Ausmaß als der des „fairen“ Modellwertes. Unattraktive, sich weit aus dem Geld befindliche Scheine bergen keinerlei Gefahr einer Ausübung. Bedingt durch die zunehmende Wertlosigkeit wird sich auch kein entsprechender Handel für diese äußerst spekulativen Scheine einstellen. Für etwaige Rückkäufe von Scheinen, die aufgrund von Verlustbegrenzungen der Anleger denkbar wären, ließen sich somit geringere Preise durch den Emittenten gefahrlos ansetzen. Verhältnismäßig hohe Unterbewertungen traten dagegen bei den Puts in der Kategorie DOTM bzw. OTM auf. Der Einfluss über den Zeitwert scheint hier eher zu einer Überbepreisung geführt zu haben, während Puts am Geld ein umgekehrtes Verhalten bescheinigt werden kann. Dieses Ergebnis stimmt zum größten Teil auch überein mit den Resultaten von Schütz/Müller, wonach das BAW-Verfahren Puts am Geld überbewertet, Puts aus dem Geld eher unterbewertet.

Bevor die emittentenspezifischen Unterschiede zusammenfassend angesprochen werden, sei angemerkt, dass auch in dieser Untersuchung der Umsatz insgesamt keinen Einfluss auf Höhe und Richtung der Fehlbewertungen zu spielen schien. Es konnte weder bei den Mittelwertvergleichen noch im Rahmen der Regressionsanalysen die Variable Umsatz als signifikant erkannt werden. Dies mag zwar auf den ersten Blick nicht einsichtig erscheinen, deckt sich aber – zumindest was die Ergebnisse bei den amerik. Calls angeht – mit den Resultaten früherer Untersuchungen.⁴⁵⁶

Einzelbetrachtungen hinsichtlich der verschiedenen Emittenten ergaben größtenteils Fehlbewertungsmuster, die mit den bereits festgestellten Auswirkungen der untersuchten modellimmanenten Einflussgrößen im Einklang stehen. So war die tendenzielle Fehlbewertung in Abhängigkeit von der Moneyness als nahezu identisch auszumachen. Die Abweichungshöhen variierten aber deutlich voneinander, was größtenteils aber auch auf die entsprechenden Anteile der jeweiligen Scheine in den Moneyness-Kategorien zurückzuführen ist. Dies wurde insbesondere bei den amerik. Calls deutlich. Hohe mittlere

⁴⁵⁶ Vgl. Thiel (2001).

Moneyiness-Werte gingen einher mit größeren MPA-Werten der Emittenten. Eine Tendenz, von der zumindest ein Emittent (SGE) europ. Calls deutlich abwich. Auch bei den Puts zeigten sich einige Emittenten diesbezüglich als Ausreißer, sowohl bei den amerik. (GOL) als auch bei den europ. Scheinen (SGE). Der insgesamt als wenig bedeutsam erkannte Einfluss der Restlaufzeit äußerte sich in ähnlicher Art auch bei emittentenspezifischer Betrachtung. Bei den Calls fiel hier nur der Emittent JPM „aus dem Rahmen“, welcher, obwohl mit den längsten Restlaufzeiten aufwartend, die geringsten PA-Werte präsentierte. Gerade dieser Emittent war bei den Puts aber jener mit den höchsten festgestellten mittleren Abweichungen, sowohl bei den PA- als auch bei den APA-Werten. Damit war er hauptsächlich für die etwas stärkere positive Korrelation der PA mit der Restlaufzeit verantwortlich. Bei den europ. Puts trat erneut SGE als Emittent mit den höchsten mittleren Fehlbewertungen bei extrem geringen Restlaufzeiten hervor.

Die festgestellten Unterschiede bei den Emittenten in Höhe und Richtung der Bewertungsabweichungen, insbesondere die nicht ins Bild passenden Ausreißer, wurden auch durch die Gruppenbildungsverfahren deutlich aufgezeigt. Der Emittent scheint daher auch als signifikanter Einflussparameter hinsichtlich der auftretenden Bewertungsabweichungen identifiziert. Es hat sich gezeigt, dass vermeintlich „kleinere“ Emittenten wie GOL und vor allem JPM sich mit teils von der „Regel“ abweichenden Scheinen mit überlangen Restlaufzeiten aus der Masse der übrigen Emittenten hervorzuheben versuchen, indem sie eine faire Bewertung (Bepreisung) garantieren. Dies gelingt den erwähnten Emittenten aber lediglich bei den amerik. Calls. Bei den Puts fallen diese beiden mit überdurchschnittlichen mittleren Abweichungen auf. Generell konnte auch die Clusteranalyse diese Ausreißer als solche identifizieren. Die Vermutung, dass auch die Emittenten selbst als einflussnehmend auf die Fehlbewertungen auftreten, kann damit bestätigt werden.

8 Schlussbemerkungen

Eine „faire“ Bewertung von Optionsscheinen auf den DAX spielt aufgrund des zunehmenden Interesses und der sich ständig erweiternden Möglichkeiten für ein „professionelles“ Handeln an der Börse eine überaus bedeutende Rolle auch für den Privatanleger. Nicht zuletzt aufgrund zunehmender Konkurrenz und der restriktiveren Börsenvorschriften im Hinblick auf anlegerfreundliche Preisstellung und Transparenz sollten die Emittenten dieser Scheine auf eine möglichst faire Preisgestaltung – soweit es ihnen überhaupt möglich ist – Einfluss nehmen. Die Bewertung von DAX-Optionsscheinen verläuft dabei in der Praxis analog zu den Scheinen auf Aktien mithilfe des „klassischen“ Bewertungsverfahrens nach Black/Scholes bzw. des Approximationsverfahrens nach Barone-Adesi/Wahley.

Ziel dieser Arbeit war es, die Eignung bzw. Validität dieser Optionspreismodelle für den deutschen Markt für DAX-Optionsscheine anhand einer umfangreichen zeitlich begrenzten Datenbasis, der weltführenden Optionsscheinbörse EUWAX entstammend, zu überprüfen. Etwaige signifikante Fehlbewertungen bzw. Fehlpreisungen sollten erkannt und systematisiert werden. Dabei fand eine Zweiteilung der Arbeit in einen grundlegenden theoretischen und sich anschließenden empirischen Teil statt.

Nach einer ersten Einführung in Funktion und Gestaltung des derivativen Finanzinstruments Optionsschein als Gegenstand der späteren Untersuchung, lag im ersten Teil das Hauptaugenmerk auf der theoretischen Fundierung der im empirischen Teil zum Einsatz kommenden Bewertungsmodelle und ihrer theoretischen und praktischen Anwendbarkeit auf DAX-Scheine. Es wurden insbesondere die Arbitragefreiheit garantierenden Wertgrenzen als Basis für die nachfolgend dargestellten Gleichgewichtsmodelle aufgezeigt sowie die historische und inhaltliche Entwicklung der Optionsbewertungstheorie in den wesentlichen Richtungen bis dato umrissen. Die formale Herleitung des Black/Scholes-Modells sowie eines analytisch-approximativen Bewertungsansatzes für amerikanische Puts erhielt einen zentralen Platz. Als Grundlage diente hier die Entwicklung des stochastischen Prozesses für den Kursverlauf des Basiswertes.

Basierend auf den theoretischen Vorgaben konnte anschließend die Analyse der Bewertung von allen in einem abgegrenzten Zeitraum an der European Warrant Exchange notierten Optionsscheinen auf den Deutschen Aktienindex erfolgen. Voruntersuchungen hinsichtlich modellfremder Fehlbewertungsursachen, zurückzuführen auf einen nicht zutreffenden Kursprozess des Basiswertes oder der Nichteinhaltung der im theoretischen Teil aufgezeigten Wertgrenzen, folgte die eigentliche Fehlbewertungsanalyse. Die um die Wert(unter)grenzen verletzenden Kurse „bereinigte“ Datenbasis umfasste nahezu 149.000 Optionsscheinnotierungen von 17 Emittenten, die für die nachfolgenden Untersuchungen zur Verfügung standen. Dabei verliefen die Analysen getrennt für Calls und Puts, zudem zunächst aufgeteilt in amerikanische und europäische Scheine, ab.

Die Ergebnisse zeigten, dass generell die historischen Volatilitätsschätzer auf Handelstagebasis stets zu geringeren Fehlbewertungsdurchschnitten führten, als bei Verwendung von Kalendertagen. Auf eine Ermittlung der impliziten Volatilitäten wurde mangels hierfür benötigten ausreichenden Datenmaterials verzichtet, zumal auch von einer generellen Überlegenheit der „im Preis enthaltenen Volatilität“ nicht prinzipiell ausgegangen werden kann. Die besten Ergebnisse wurden bei den Calls mit dem 30- bzw. 120-Tage Schätzer, bei den Puts mit dem 120- bzw. 60-Tage-Schätzer erzielt.

Als Haupteinflussgröße kam bei allen Untersuchungen die Variable Moneyness zum Vorschein. Insbesondere weit aus dem Geld liegende Scheine wiesen übergroße Fehlbewertungen auf. Calls waren hier durch das Modell extrem überbewertet, Puts hingegen eher unterbewertet. Eine nahezu identische Übereinstimmung zwischen Modellwerten und Marktpreisen konnte Scheinen in der Kategorie DITM attestiert werden. Neben der Moneyness wurden auch die Größen Restlaufzeit, Umsatz sowie das Preisniveau in ihrem Einfluss auf die Bewertungsabweichungen untersucht. Für die Restlaufzeit konnte bei den Mittelwertvergleichen – insbesondere bei den Puts – ein (schwach) positiver Einfluss auf die relativen Abweichungen ausgemacht werden. Regressionsanalysen wiesen zum Teil diesen Einfluss aber als nicht signifikant aus. Generell unbeeinflusst zeigten sich die Bewertungsdifferenzen vom Umsatz.

Eine Besonderheit stellt im Rahmen dieser Untersuchung die emittentenspezifische Betrachtung dar. Eine ähnliche Vorgehensweise findet sich bisher nur in einer Arbeit von Thiel, allerdings lediglich bezogen auf die Bewertung amerikanischer DAX-Calls, notiert an der FWB. Auch unter Berücksichtigung der jeweiligen Datenverteilung bezogen auf die Moneyness konnten die Emittenten aufgrund signifikant unterschiedlicher Höhen und teilweise auch entgegengesetzter Richtungen bei den mittleren Fehlbewertungen als zusätzliche Einflussvariable identifiziert werden. Dabei ließen sich unterstützend durch clusteranalytische Untersuchungen einzelne Emittenten bzw. Emittentengruppen ausmachen, die in besonderem Maße Homogenität hinsichtlich der Untersuchungsvariablen wie Abweichungsmittelwerte, Moneyness und Restlaufzeit aufwiesen. Die teils enormen Unterschiede in den Fehlbewertungen, insbesondere zwischen den „Großen“ und „Kleinen“ der Branche, deuten auf eine gezielte Einflussnahme des Emittenten hin.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass trotz der erheblichen (auch emittentenspezifischen) Differenzen, die bei näherer Betrachtung insbesondere bei Scheinen mit unterschiedlichem Moneyness-Grad auftraten, grundsätzlich von einer überwiegend fairen Bewertung der untersuchten DAX-Optionsscheine im Untersuchungszeitraum ausgegangen werden kann. Die hohen Bestimmtheitsmaße der Regressionen der Modellwerte auf die Marktpreise von über 90% unterstützen diese Erkenntnis. Das transparente Preisstellungssystem an der EUWAX sowie die zunehmende Konkurrenz im Plain-Vanilla-Warrant-Segment scheinen überwiegend für eine verlässliche, modellwertorientierte und faire Bepreisung zu sorgen.

Anhangsverzeichnis

Anhang A1:	Itô-Lemma	224
Anhang A2:	Abbildungen zur Sensitivitätsanalyse	225
Anhang B1:	Tabellen zur Wertgrenzenuntersuchung europ. Calls	230
Anhang B2:	Tabellen zur Wertgrenzenuntersuchung europ. Puts.....	232
Anhang C1	Tabellen und Abbildungen zur Fehlbewertungsanalyse amerik. und europ. Calls.....	234
Anhang C2:	Tabellen und Abbildungen zur Fehlbewertungsanalyse amerik. und europ. Puts	252
Anhang C3:	Tabellen und Abbildungen zur Clusteranalyse	269

Anhang A1: Itô-Lemma

Eine Variable X folge einem Itô-Prozess der Form

$$dX = \mu(X, t)dt + \sigma(X, t)dz \quad (\text{A1-1})$$

mit μ und σ^2 als von X und t abhängiger Drift- bzw. Varianzrate und dz als standardisiertem Wiener-Prozess $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$ mit $\varepsilon \sim N(0;1)$.

Dann gilt für jede von X und t abhängige Funktion $Y = Y(X, t)$ die stochastische Differentialgleichung

$$dY = \left(\frac{\partial Y}{\partial X} \mu + \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 Y}{\partial X^2} \sigma^2 \right) dt + \frac{\partial Y}{\partial X} \sigma dz . \quad (\text{A1-2})$$

Y folgt damit ebenfalls einem Itô-Prozess mit Driftrate

$$\frac{\partial Y}{\partial X} \mu + \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 Y}{\partial X^2} \sigma^2 \quad (\text{A1-3})$$

und Varianzrate

$$\left(\frac{\partial Y}{\partial X} \right)^2 \sigma^2 \quad (\text{A1-4})$$

und dz als standardisiertem Wiener-Prozess analog zu oben.

Anhang A2: Abbildungen zur Sensitivitätsanalyse¹

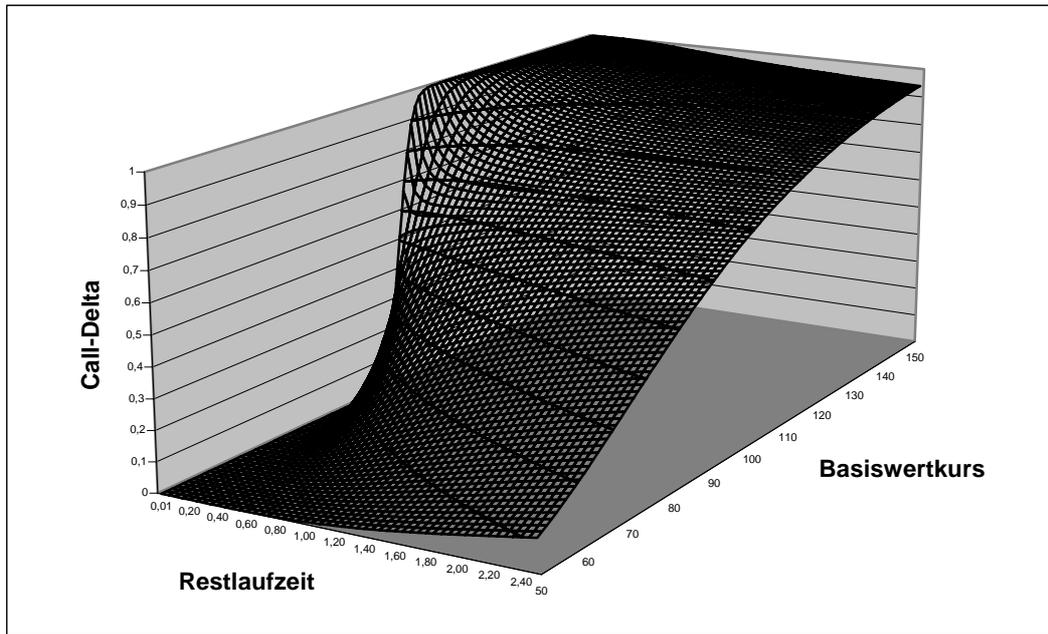


Abb. A2.1a: Call-Delta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

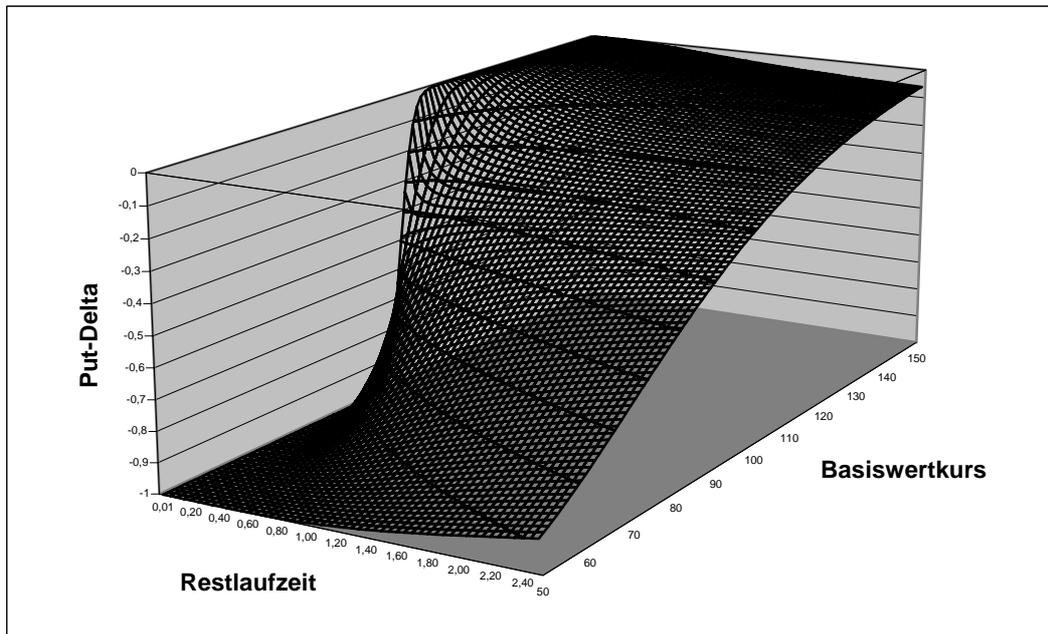


Abb. A2.1b: Put-Delta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

¹ Die folgenden Abbildungen gelten für die exemplarischen Modellwerte $X = 100$ (€), $\sigma = 25\%$ p. a. und $r_f = 5\%$ p. a., wie sie bereits für die Abb. 4.1 und 4.2 verwendet wurden.

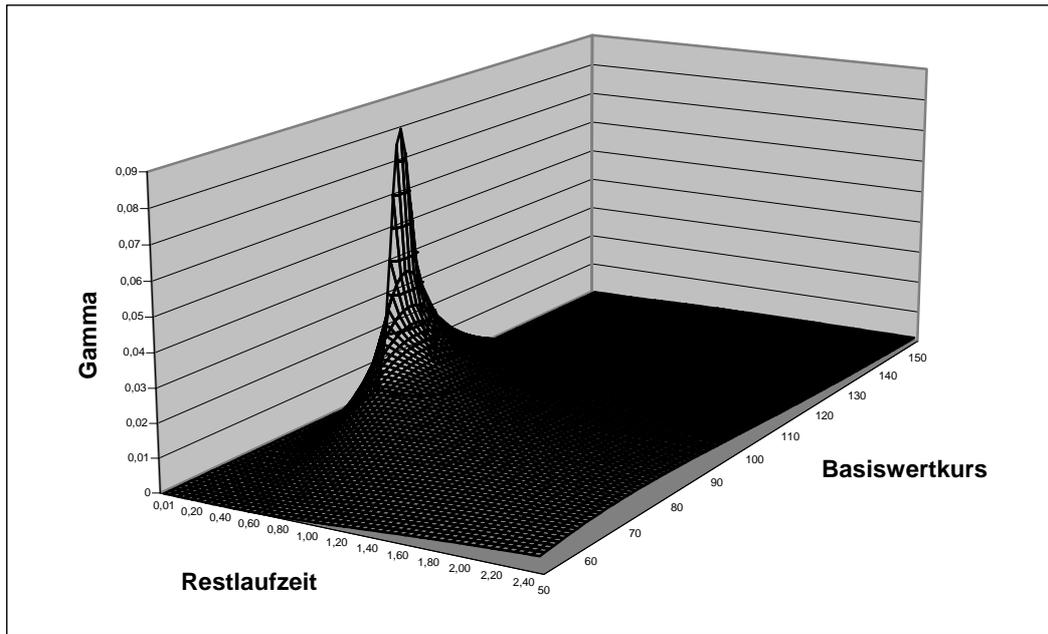


Abb. A2.2: Gamma in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

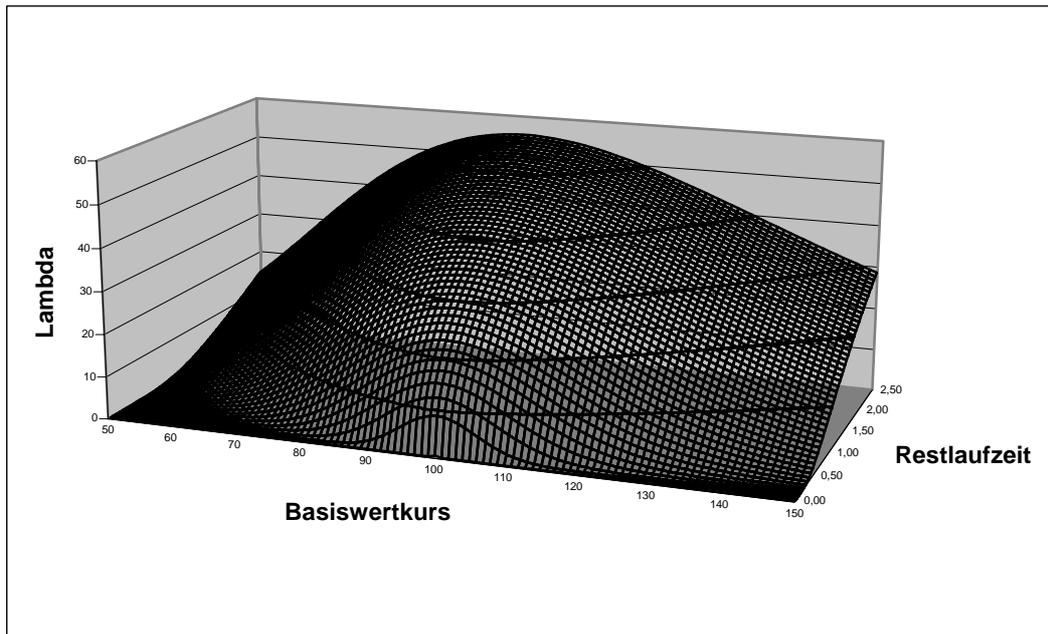


Abb. A2.3: Lambda (Vega) in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

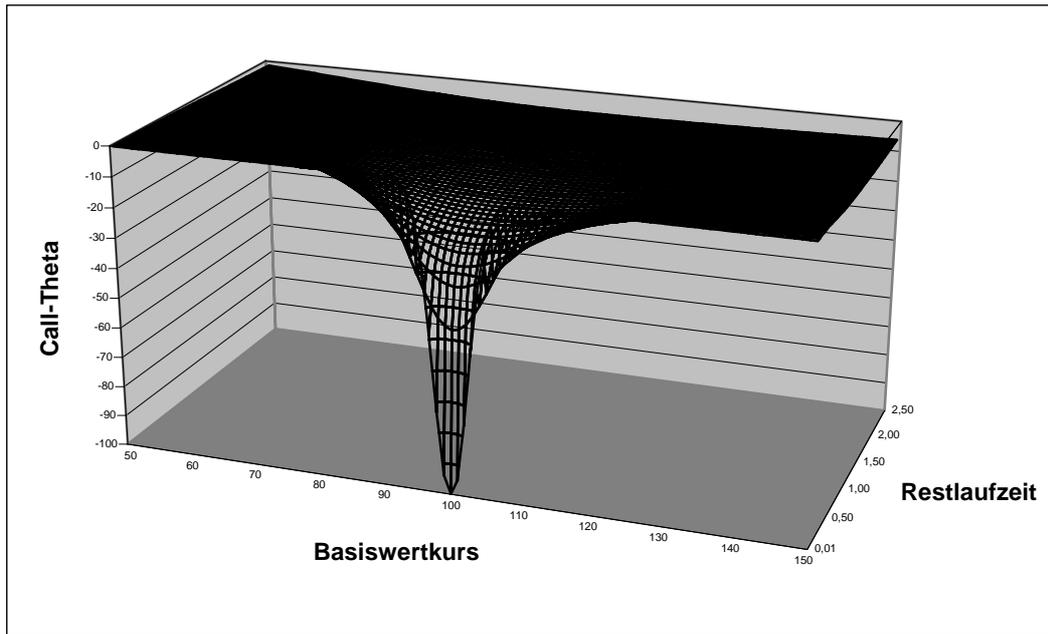


Abb. A2.4a: Call-Theta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

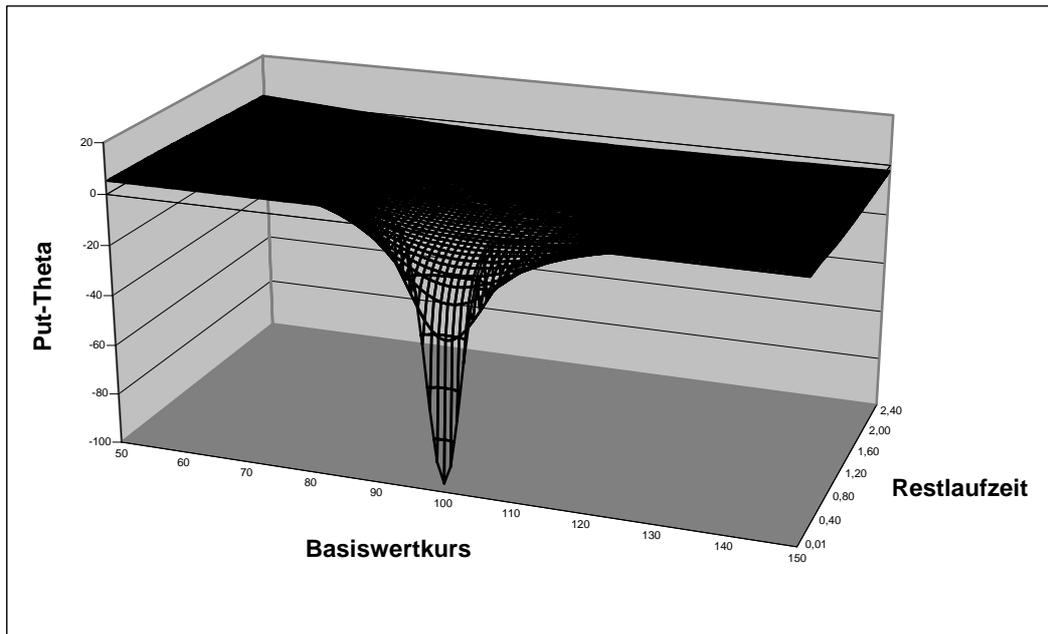


Abb. A2.4b: Put-Theta in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

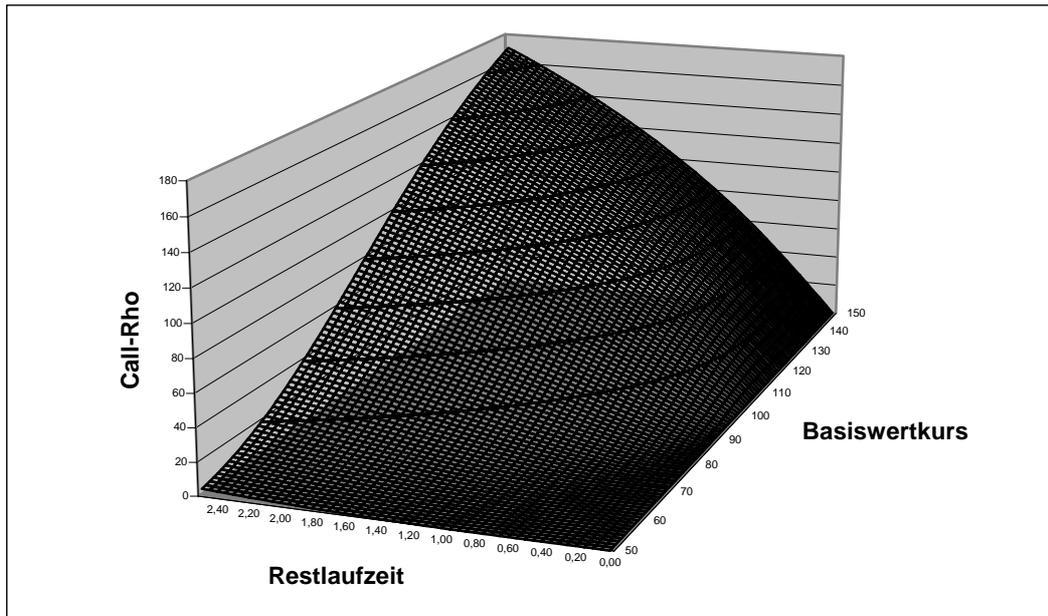


Abb. A2.5a: Call-Rho in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

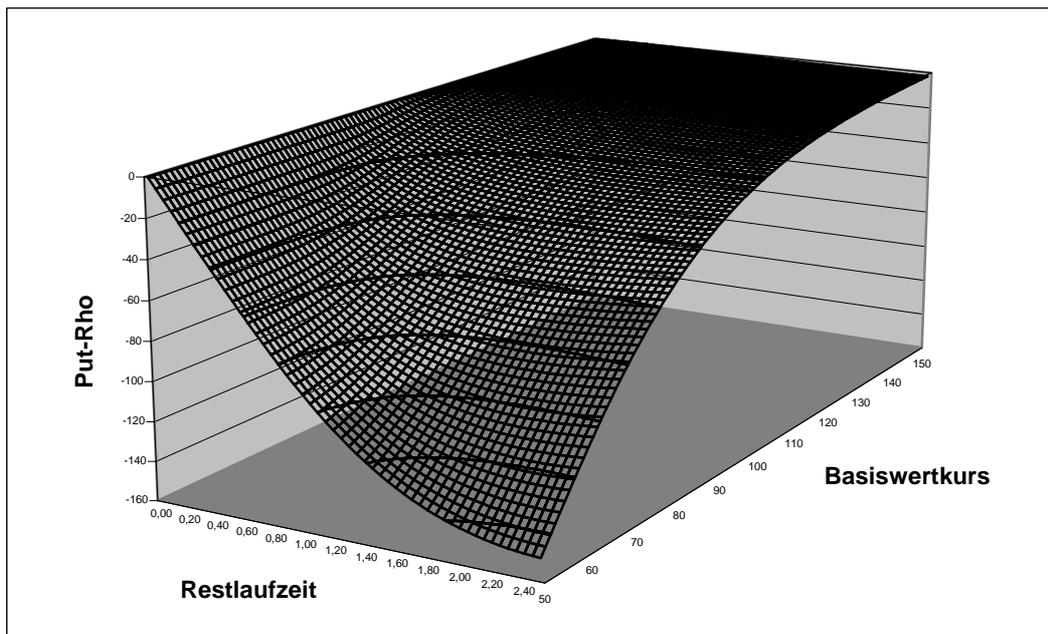


Abb. A2.5b: Put-Rho in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

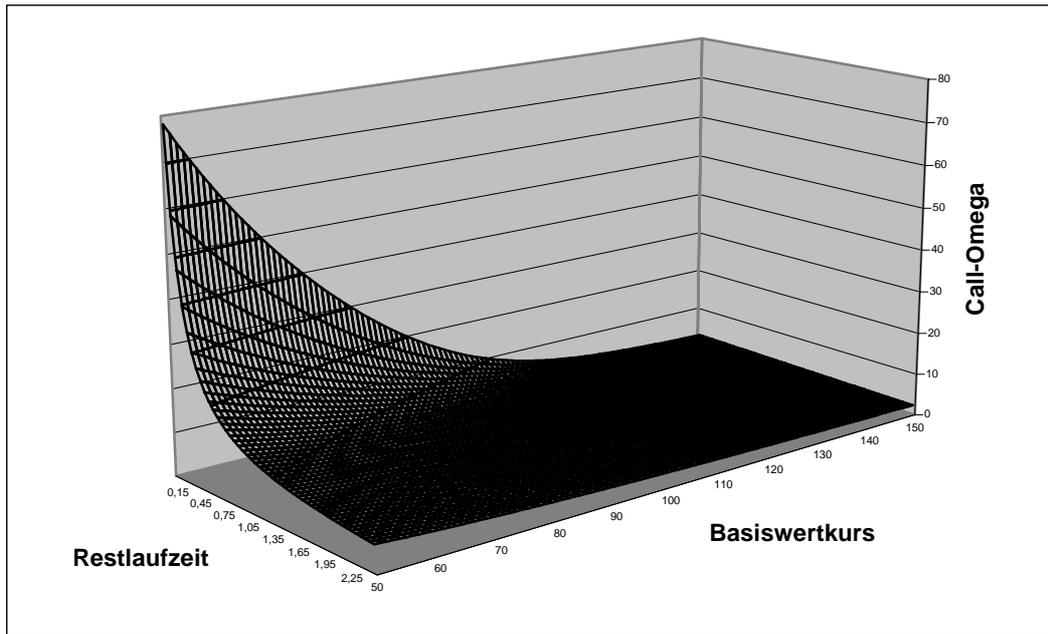


Abb. A2.6a: Call-Omega in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

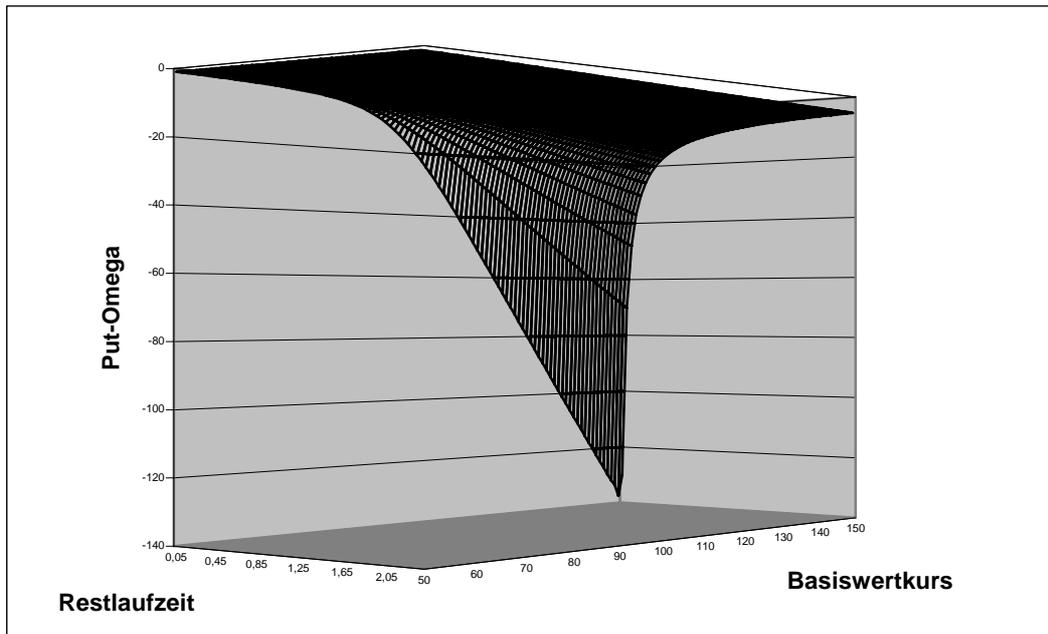


Abb. A2.6b: Put-Omega in Abhängigkeit von Basiswertkurs und Restlaufzeit

Anhang B1: Tabellen zur Wertgrenzenuntersuchung europ. Calls

<i>Parameter</i>	<i>absolute Abweichung</i>	<i>relative Abweichung</i>
<i>Mittelwert</i>	17,50	0,02681
<i>Median</i>	14,44	0,01952
<i>Standardabweichung</i>	14,49	0,02506
<i>Schiefe</i>	1,206	1,651
<i>Minimum</i>	0,1265	0,000136
<i>Maximum</i>	77,3751	0,140149
<i>Spannweite</i>	77,2486	0,140013

Tab. B1.1: Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [eC]

<i>Emittenten</i>	<i>Anzahl der ...</i>		<i>Anteil an allen ... des Emittenten</i>		<i>Anteil an allen ... mit WUG-Verletzungen</i>	
	<i>Kurse</i>	<i>OS</i>	<i>Kursen</i>	<i>OS</i>	<i>Kursen</i>	<i>OS</i>
BNP	76	11	0,02159	0,32353	0,39175	0,31429
LBF	11	3	0,01222	0,176475	0,05670	0,08571
VON	92	18	0,03713	0,33333	0,47423	0,51429
WLB	15	3	0,00752	0,05769	0,07732	0,08571

Tab. B1.2: Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [eC]

<i>Emittenten</i>	<i>Alle Kurse mit WUG-Verletzungen</i>		<i>Kurse mit Umsatz und WUG-Verletzungen</i>	
	<i>Mittelwert</i>	<i>Kursanzahl</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Kursanzahl</i>
BNP	17,69	76	-	-
LBF	13,34	11	-	-
VON	16,85	92	12,95	7
WLB	23,60	15	52,75	1

Tab. B1.3: Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [eC]

<i>Moneyness</i>	<i>Moneyness-Kategorie</i>	<i>alle Kurse</i>		<i>Kurse mit WUG-Verletzungen</i>	
		<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>
bis 0,85	DOTM	3121	32,28	-	-
über 0,85 bis 0,95	OTM	1955	20,22	-	-
über 0,95 bis 1,05	ATM	2120	21,93	3	1,55
über 1,05 bis 1,15	ITM	1513	15,65	82	42,27
über 1,15	DITM	959	9,92	109	56,18

Tab. B1.4: Kurse nach Moneyness-Kategorien [eC]

<i>Restlaufzeit (RLZ)</i>	<i>RLZ-Kategorie</i>	<i>alle Kurse</i>		<i>Kurse mit WUG-Verletzungen</i>	
		<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>
bis 1 Monat	1	661	6,84	70	36,09
über 1 Monat bis 3 Monate	2	1772	18,34	90	46,39
über 3 Monate bis 6 Monate	3	2245	23,22	30	15,46
über 6 Monate bis 12 Monate	4	2568	26,56	4	2,06
über 12 Monate bis 24 Monate	5	1601	16,59	-	-
über 24 Monate	6	821	8,49	-	-

Tab. B1.5: Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [eC]

Anhang B2: Tabellen zur Wertgrenzenuntersuchung europ. Puts

<i>Parameter</i>	<i>absolute Abweichung</i>	<i>relative Abweichung</i>
<i>Mittelwert</i>	17,50	0,02539
<i>Median</i>	19,90	0,18705
<i>Standardabweichung</i>	39,74	0,2530
<i>Schiefe</i>	3,469	1,955
<i>Minimum</i>	0,0307	0,000042
<i>Maximum</i>	244,0699	0,161678
<i>Spannweite</i>	244,0392	0,161637

Tab. B2.1: Deskriptive Analyse der Höhe der Wertuntergrenzenverletzungen [eP]

<i>Emittenten</i>	<i>Anzahl der ...</i>		<i>Anteil an allen ... des Emittenten</i>		<i>Anteil an allen ... mit WUG-Verletzungen</i>	
	<i>Kurse</i>	<i>OS</i>	<i>Kursen</i>	<i>OS</i>	<i>Kursen</i>	<i>OS</i>
BNP	166	8	0,05905	0,27586	0,44385	0,26666
VON	208	22	0,07994	0,39286	0,55615	0,73334

Tab. B2.2: Emittentenspezifische WUG-Verletzungen (absolut und anteilig) [eP]

<i>Emittenten</i>	<i>Alle Kurse mit WUG-Verletzungen</i>			<i>Kurse mit Umsatz und WUG-Verletzungen</i>		
	<i>Mittelwert</i>	<i>Maximum</i>	<i>Kursanzahl</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Maximum</i>	<i>Kursanzahl</i>
BNP	37,32	244,07	166	30,77	244,07	31
VON	24,27	245,74	208	10,38	27,99	13

Tab. B2.3: Emittentenspezifische mittlere absolute WUG-Verletzungen [eP]

<i>Moneyness</i>	<i>Moneyness-Kategorie</i>	<i>alle Kurse</i>		<i>Kurse mit WUG-Verletzungen</i>	
		<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>
bis 0,85	DITM	754	10,75	260	69,52
über 0,85 bis 0,95	ITM	1129	16,10	108	28,88
über 0,95 bis 1,05	ATM	1351	19,27	6	1,60
über 1,05 bis 1,15	OTM	1470	20,96	-	-
über 1,15	DOTM	2308	32,92	-	-

Tab. B2.4: Kurse nach Moneyness-Kategorien [eP]

<i>Restlaufzeit (RLZ)</i>	<i>RLZ-Kategorie</i>	<i>alle Kurse</i>		<i>Kurse mit WUG-Verletzungen</i>	
		<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>
bis 1 Monat	1	590	8,42	97	25,94
über 1 Monat bis 3 Monate	2	1829	26,08	154	41,18
über 3 Monate bis 6 Monate	3	2189	31,22	96	25,67
über 6 Monate bis 12 Monate	4	1526	21,76	25	6,68
über 12 Monate bis 24 Monate	5	665	9,48	2	0,53
über 24 Monate	6	213	3,04	-	-

Tab. B2.5: Kurse nach Restlaufzeit-Kategorien [eP]

Anhang C1: Tabellen und Abbildungen zur Fehlbewertungsanalyse amerik. und europ. Calls

Parameter	250-Tage-Volatilität				365-Tage-Volatilität			
	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
Mittelwert	0,1522	0,1764	0,1933	0,2087	0,3182	0,3530	0,3771	0,3979
Median	0,0089	0,0401	0,0646	0,0644	0,0601	0,1027	0,1309	0,1331
Standardabw.	0,6369	0,4131	0,3596	0,4207	1,0428	0,7437	0,6759	0,7603
Schiefe	11,8380	5,6112	3,8953	5,1704	11,3715	5,6842	4,0381	5,0682
Kurtosis	202,8953	48,3298	20,5266	40,3090	190,8676	50,9145	22,2289	38,7131
Minimum	-0,9086	-0,8170	-0,7470	-0,8000	-0,7720	-0,7050	-0,5295	-0,6115
Maximum	16,9833	7,2402	3,8767	6,1961	27,1986	13,4353	8,0873	11,0372
Spannweite	17,8919	8,0572	4,6237	6,9961	27,9706	14,1403	8,6168	11,6487

Tab. C1.1a: Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eC]

Parameter	250-Tage-Volatilität				365-Tage-Volatilität			
	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
Mittelwert	0,1715	0,1859	0,1978	0,2127	0,3224	0,3551	0,3782	0,3989
Median	0,0281	0,0469	0,0654	0,0651	0,0606	0,1027	0,1309	0,1331
Standardabw.	0,6320	0,4090	0,3572	0,4187	1,0415	0,7427	0,6753	0,7598
Schiefe	12,0308	5,7287	3,9501	5,2239	11,4028	5,7006	4,0458	5,0762
Kurtosis	207,9093	49,9171	20,9746	40,9433	191,6459	51,1394	22,2934	38,8046
Minimum	2E-06	2E-06	3E-07	1E-05	6E-06	5E-06	2E-05	3E-05
Maximum	16,9833	7,2402	3,8767	6,1961	27,1986	13,4353	8,0873	11,0372
Spannweite	16,9833	7,2402	3,8767	6,1961	27,1985	13,4353	8,0872	11,0372

Tab. C1.1b: Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eC]

Moneyiness-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>
DOTM	0,4818	0,4946	0,4892	0,4966	0,5030	0,5070	0,5354	0,5372
OTM	0,0464	0,0684	0,1112	0,1190	0,1452	0,1476	0,1742	0,1760
ATM	0,0018	0,0278	0,0270	0,0388	0,0456	0,0504	0,0470	0,0520
ITM	-0,0046	0,0156	0,0068	0,0190	0,0128	0,0200	0,0096	0,0178
DITM	-0,0056	0,0100	0,0016	0,0106	0,0042	0,0098	0,0016	0,0086

Tab. C1.2: MPA und MAPA nach Moneyiness-Kategorien [eC]

RLZ-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>
1	-0,0124	0,0372	0,0344	0,0658	0,0572	0,0756	0,0630	0,0816
2	0,0364	0,0682	0,0556	0,0706	0,0850	0,0916	0,0976	0,1064
3	0,1076	0,1222	0,1322	0,1372	0,1568	0,1590	0,1676	0,1708
4	0,1462	0,1620	0,1836	0,1922	0,1850	0,1878	0,1946	0,1962
5	0,1790	0,1954	0,2262	0,2336	0,3222	0,3268	0,3980	0,3990
6	-0,0124	0,0372	0,0344	0,0658	0,0572	0,0756	0,0630	0,0816

Tab. C1.3: MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [eC]

RLZ-Kategorie	Moneyness-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
1	DOTM	-0,7992	0,7992	-0,7998	0,7998	-0,7998	0,7998	-0,7982	0,8982
	OTM	-0,1072	0,1036	-0,0218	0,1440	0,0630	0,2138	0,1282	0,2198
	ATM	-0,0172	0,0404	0,0156	0,0614	0,0268	0,0610	0,0458	0,0616
	ITM	-0,0170	0,0186	-0,0110	0,0172	-0,0118	0,0160	-0,0112	0,0158
	DITM	-0,0090	0,0090	-0,0084	0,0086	-0,0086	0,0088	-0,0086	0,0088
2	DOTM	0,4810	0,5804	0,3134	0,4002	0,3744	0,4480	0,2114	0,2904
	OTM	0,0376	0,1056	0,0882	0,1468	0,2340	0,2512	0,2296	0,2430
	ATM	-0,0136	0,0382	-0,0018	0,0392	0,0326	0,0490	0,0300	0,0458
	ITM	-0,0084	0,0196	-0,0048	0,0160	0,0026	0,0170	-0,0008	0,0158
	DITM	-0,0078	0,0090	-0,0074	0,0082	-0,0056	0,0076	-0,0066	0,0078
3	DOTM	0,4868	0,5230	0,5282	0,5646	0,5756	0,6020	0,5096	0,5274
	OTM	0,0696	0,1110	0,1308	0,1590	0,1478	0,1622	0,1482	0,1544
	ATM	0,0074	0,0424	0,0318	0,0496	0,0386	0,0464	0,0352	0,0424
	ITM	-0,0006	0,0200	0,0100	0,0190	0,0118	0,0178	0,0090	0,0168
	DITM	-0,0062	0,0098	-0,0016	0,0082	-0,0002	0,0080	-0,0022	0,0078
4	DOTM	0,4816	0,5088	0,5456	0,5640	0,5104	0,5216	0,4640	0,4684
	OTM	0,0506	0,0838	0,0934	0,1112	0,1014	0,1092	0,0984	0,1008
	ATM	0,0104	0,0366	0,0342	0,0448	0,0404	0,0434	0,0362	0,0384
	ITM	0,0016	0,0170	0,0174	0,0222	0,0206	0,0222	0,0170	0,0192
	DITM	-0,0042	0,0098	0,0036	0,0106	0,0062	0,0100	0,0032	0,0084
5	DOTM	0,4568	0,4752	0,5170	0,5298	0,4308	0,4388	0,3738	0,3764
	OTM	0,0390	0,0622	0,0762	0,0876	0,0854	0,0906	0,0836	0,0850
	ATM	0,0108	0,0310	0,0350	0,0418	0,0420	0,0438	0,0390	0,0400
	ITM	0,0054	0,0146	0,0252	0,0274	0,0306	0,0308	0,0244	0,0250
	DITM	0,0018	0,0096	0,0142	0,0162	0,0126	0,0138	0,0068	0,0100
6	DOTM	0,1976	0,2038	0,2068	0,2096	0,1606	0,1638	0,1454	0,1460
	OTM	0,0088	0,0206	0,0416	0,0442	0,0582	0,0582	0,0548	0,0548
	ATM	-0,0006	0,0144	0,0224	0,0276	0,0340	0,0342	0,0324	0,0324
	ITM	-0,0024	0,0100	0,0168	0,0218	0,0238	0,0246	0,0200	0,0200
	DITM	-0,0042	0,0072	0,0066	0,0120	0,0118	0,0130	0,0096	0,0100

Tab. C1.4a: MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Moneyness- und Restlaufzeit-Kategorien [aC]

RLZ-Kategorie	Moneyness-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
1	DOTM	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	OTM	0,0209	0,0910	0,2280	0,2542	0,2682	0,2702	0,2872	0,2902
	ATM	-0,0232	0,0386	0,0050	0,0454	0,0424	0,0628	0,0494	0,0690
	ITM	-0,0164	0,0168	-0,0120	0,0148	-0,0108	0,0140	-0,0110	0,0140
	DITM	-0,0098	0,0098	-0,0086	0,0094	-0,0092	0,0094	-0,0094	0,0096
2	DOTM	0,6166	0,6406	0,4392	0,4482	0,3684	0,3722	0,2712	0,2948
	OTM	0,0444	0,0836	0,1224	0,1336	0,1970	0,1988	0,2608	0,2662
	ATM	-0,0054	0,0292	0,0138	0,0298	0,0452	0,0522	0,0506	0,0576
	ITM	-0,0096	0,0168	-0,0036	0,0146	0,0070	0,0168	0,0054	0,0160
	DITM	-0,0086	0,0096	-0,0074	0,0084	-0,0038	0,0074	-0,0052	0,0074
3	DOTM	0,5488	0,5598	0,5532	0,5538	0,6082	0,6094	0,6372	0,6390
	OTM	0,0642	0,0732	0,1266	0,1278	0,1678	0,1678	0,1986	0,1992
	ATM	0,0082	0,0254	0,0334	0,0390	0,0488	0,0504	0,0488	0,0514
	ITM	-0,0040	0,0150	0,0094	0,0178	0,0170	0,0206	0,0142	0,0194
	DITM	-0,0068	0,0100	-0,0014	0,0086	0,0028	0,0090	0,0010	0,0078
4	DOTM	0,3890	0,4130	0,4308	0,4458	0,4200	0,4246	0,4450	0,4462
	OTM	0,0500	0,0612	0,1082	0,1156	0,1258	0,1292	0,1418	0,1420
	ATM	0,0160	0,0286	0,0454	0,0512	0,0508	0,0514	0,0446	0,0464
	ITM	0,0058	0,0150	0,0248	0,0276	0,0240	0,0250	0,0162	0,0198
	DITM	-0,0026	0,0090	0,0090	0,0132	0,0096	0,0114	0,0052	0,0094
5	DOTM	0,3008	0,3082	0,3608	0,3662	0,5222	0,5266	0,6452	0,6456
	OTM	0,0270	0,0554	0,0616	0,0714	0,0696	0,0736	0,0864	0,0872
	ATM	-0,0012	0,0270	0,0296	0,0366	0,0346	0,0398	0,0412	0,0426
	ITM	-0,0218	0,0218	-0,0234	0,0236	-0,0094	0,0116	-0,0054	0,0062
	DITM	-0,0050	0,0166	0,0044	0,0090	0,0020	0,0038	0,0010	0,0038
6	DOTM	0,9040	0,9068	0,7864	0,7890	0,5558	0,5602	0,4582	0,4596
	OTM	0,0288	0,0326	0,0710	0,0766	0,1050	0,1130	0,0906	0,0914
	ATM	-0,0020	0,0114	0,0176	0,0212	0,0352	0,0354	0,0376	0,0376
	ITM	0,0024	0,0118	0,0136	0,0192	0,0220	0,0234	0,0196	0,0216
	DITM	-0,0038	0,0106	0,0060	0,0126	0,0116	0,0142	0,0088	0,0112

Tab. C1.4b: MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Moneyness- und Restlaufzeit-Kategorien [eC]

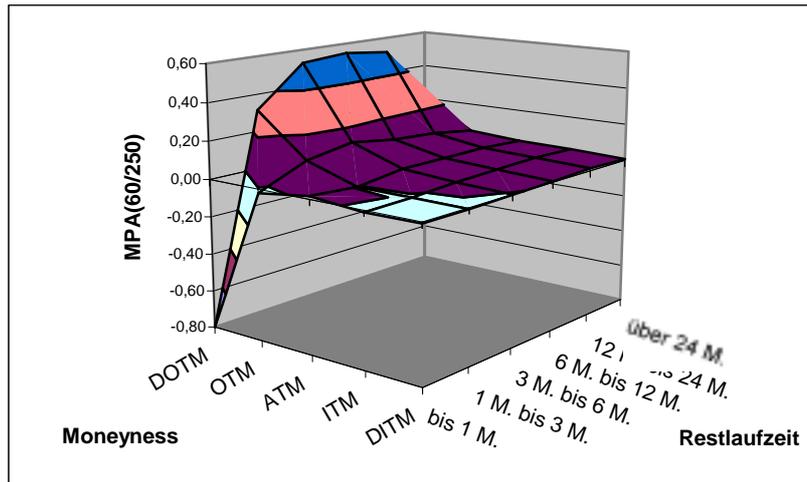


Abb. C1.1a: $MPA(60/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC]

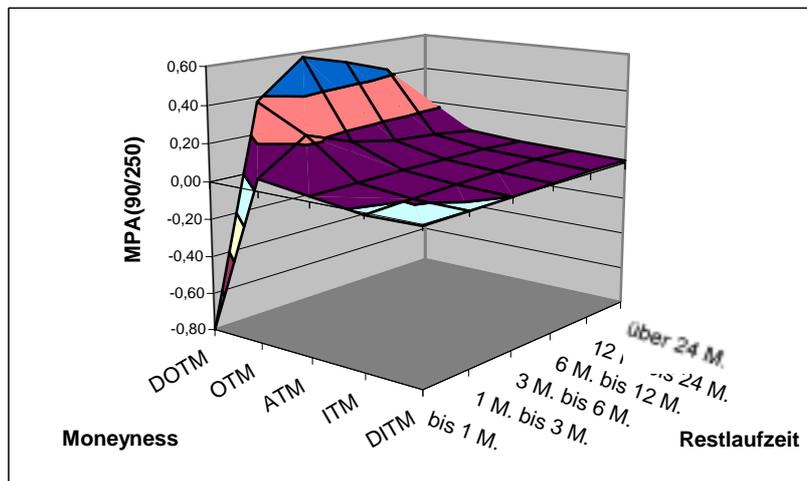


Abb. C1.1b: $MPA(90/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC]

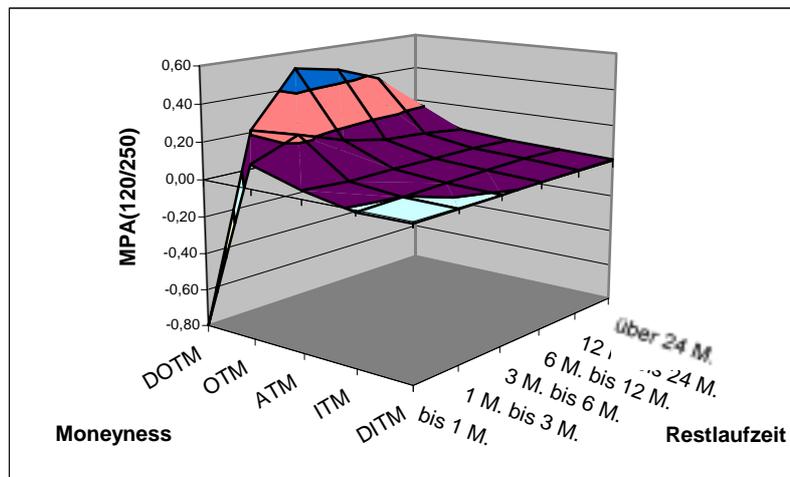


Abb. C1.1c: $MPA(120/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aC]

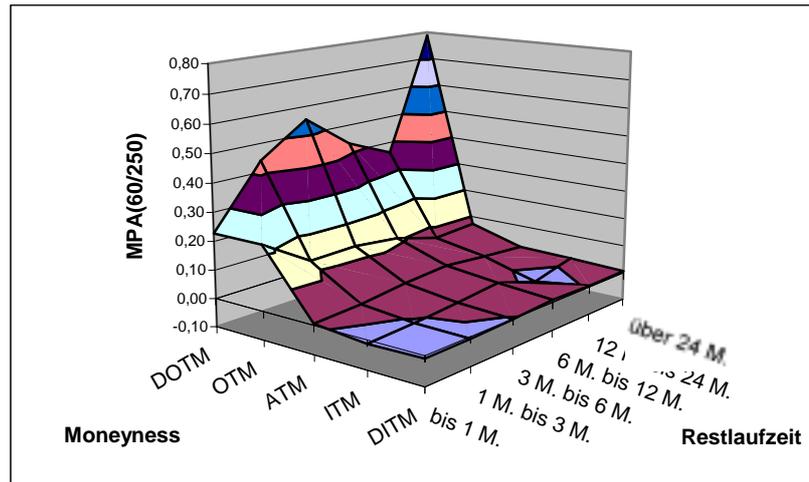


Abb. C1.2a: $MPA(60/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eC]

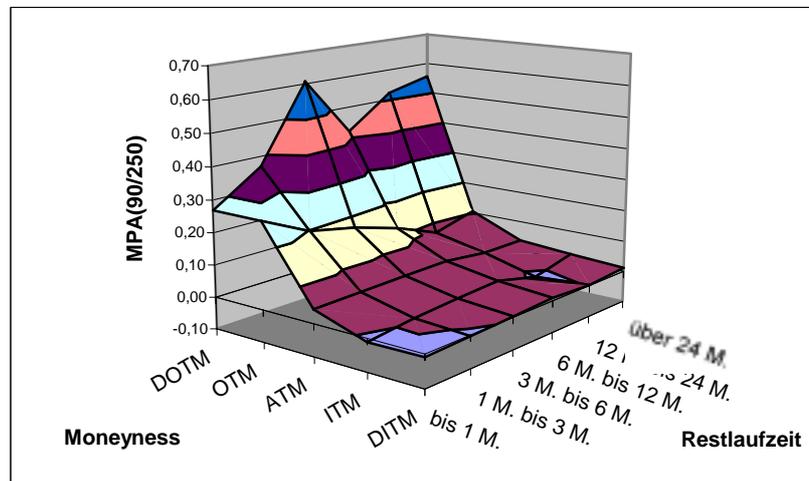


Abb. C1.2b: $MPA(90/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eC]

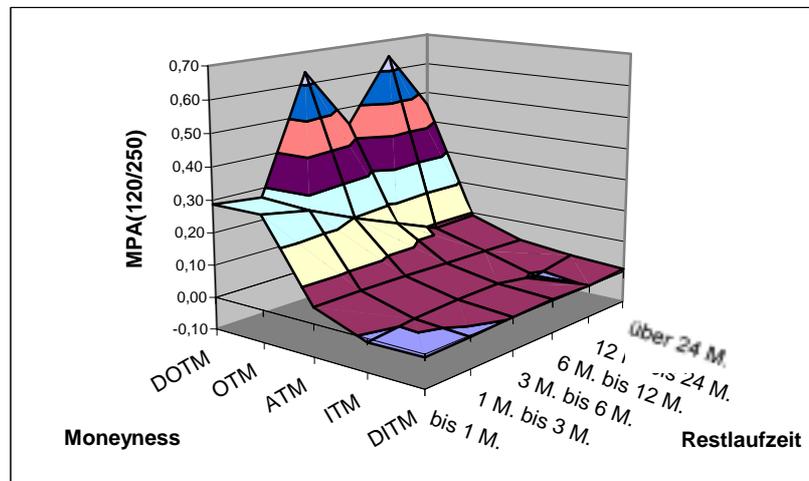


Abb. C1.2c: $MPA(120/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyiness-Kategorien [eC]

Relative Abweichungen bei verschiedenen Volatilitäten	Moneyiness	Restlaufzeit
	<i>Korrelationskoeffizient</i>	<i>Korrelationskoeffizient</i>
<i>PA (30/250)</i>	-0,383	0,041
<i>PA (60/250)</i>	-0,445	0,026
<i>PA (90/250)</i>	-0,488	0,019
<i>PA (120/250)</i>	-0,497	0,020

Tab. C1.5a: Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Moneyiness und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [aC]

Relative Abweichungen bei verschiedenen Volatilitäten	Moneyiness	Restlaufzeit
	<i>Korrelationskoeffizient</i>	<i>Korrelationskoeffizient</i>
<i>PA (30/250)</i>	-0,405	0,125
<i>PA (60/250)</i>	-0,571	0,157
<i>PA (90/250)</i>	-0,644	0,167
<i>PA (120/250)</i>	-0,579	0,139

Tab. C1.5b: Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Moneyiness und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [eC]

Moneyiness	Relative Kurshäufigkeiten (in %)						
Kategorien	<i>CIT</i>	<i>COB</i>	<i>DBK</i>	<i>DRB</i>	<i>DZB</i>	<i>GOL</i>	<i>HYP</i>
DOTM	45,39	20,01	34,69	39,76	44,57	17,37	31,21
OTM	21,47	30,27	23,23	29,17	25,31	18,96	27,44
ATM	17,67	25,59	18,29	17,47	14,73	17,14	23,25
ITM	9,30	13,15	10,11	10,83	8,84	12,48	8,62
DITM	6,16	10,97	13,68	2,77	6,56	34,06	9,49
<i>Mittelwerte</i>	0,8871	0,9694	0,9443	0,8968	0,8874	1,0809	0,9393

Moneyiness	Relative Kurshäufigkeiten (in %)						
Kategorien	<i>JPM</i>	<i>ML</i>	<i>OPP</i>	<i>SGE</i>	<i>TUB</i>	<i>UBS</i>	<i>WLB</i>
DOTM	10,56	27,11	19,11	28,48	26,48	20,79	52,16
OTM	20,89	29,67	25,99	29,52	28,72	22,13	30,02
ATM	17,37	15,47	24,02	23,92	22,21	28,54	13,51
ITM	15,26	13,22	18,07	11,28	12,19	19,57	3,36
DITM	35,92	14,53	12,81	6,80	10,40	8,98	0,96
<i>Mittelwerte</i>	1,0989	0,9561	0,9708	0,9271	0,9510	0,9731	0,8471

Tab. C1.6a: Relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Moneyiness-Kategorien und emittentenspezifische Moneyiness-Mittelwerte [aC]

Moneyiness	Relative Kurshäufigkeiten (in %)						
Kategorien	<i>BNP</i>	<i>DBK</i>	<i>JPM</i>	<i>LBF</i>	<i>SGE</i>	<i>VON</i>	<i>WLB</i>
DOTM	43,20	5,93	25,00	12,15	13,33	5,68	50,13
OTM	19,55	14,23	0,00	33,30	47,08	21,43	17,84
ATM	19,23	30,43	23,24	21,60	32,50	32,17	20,11
ITM	12,45	19,37	22,89	14,29	7,08	27,34	9,13
DITM	5,57	30,04	28,87	18,67	0,00	13,38	2,80
<i>Mittelwerte</i>	0,9015	1,0566	1,0423	0,9988	0,9299	1,0229	0,8311

Tab. C1.6b: Relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Moneyiness-Kategorien und emittentenspezifische Moneyiness-Mittelwerte [eC]

RLZ-Parameter	CIT	COB	DBK	DRB	DZB	GOL	HYP
<i>Mittelwert</i>	0,6611	0,3205	0,6637	0,7535	0,6032	0,6385	0,6243
<i>Minimum</i>	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0082	0,0493	0,0027
<i>Maximum</i>	1,5233	0,6384	1,7014	1,6164	1,4164	1,3918	1,2521

RLZ-Parameter	JPM	ML	OPP	SGE	TUB	UBS	WLB
<i>Mittelwert</i>	4,0852	0,6858	0,9345	0,5208	0,5086	0,4203	0,7315
<i>Minimum</i>	2,7945	0,0027	0,0493	0,0082	0,0164	0,0027	0,0411
<i>Maximum</i>	5,0493	1,5096	2,8055	2,1507	0,9452	1,1452	2,2712

Tab. C1.7a: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [aC]

RLZ-Parameter	BNP	DBK	JPM	LBF	SGE	VON	WLB
<i>Mittelwert</i>	0,6642	1,678	3,9208	0,6511	0,9705	0,2814	1,2518
<i>Minimum</i>	0,0027	1,1781	2,7945	0,3425	0,5808	0,0027	0,0027
<i>Maximum</i>	1,874	2,1973	5,0493	1,3973	1,6521	0,7096	2,9671

Tab. C1.7b: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [eC]

<i>Untersuchungs-basis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Marktpreis)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Alle Kurse</i>	12,981	0,984	0,951
CIT	18,037	0,979	0,949
COB	7,410	0,986	0,953
DBK	14,300	0,988	0,957
DRB	13,235	0,971	0,947
DZB	11,115	0,982	0,951
GOL	5,031	0,989	0,985
HYP	16,026	0,985	0,961
JPM	22,737	0,984	0,961
ML	19,225	0,982	0,963
OPP	12,977	0,983	0,965
SGE	9,182	0,989	0,951
TUB	14,321	0,986	0,969
UBS	7,898	0,987	0,971
WLB	16,148	0,972	0,942

* alle Werte mit Sign. 0,000

*Tab. C1.8a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I
[aC]*

<i>Untersuchungs-basis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Moneyiness)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Alle Kurse</i>	1,364	-1,281	0,147
CIT	2,106	-2,046	0,229
COB	1,284	-1,192	0,171
DBK	1,242	-1,120	0,164
DRB	1,420	-1,434	0,138
DZB	1,572	-1,550	0,161
GOL	0,196	-0,160	0,036
HYP	1,448	-1,342	0,197
JPM	0,012	-0,012	0,228
ML	1,236	-1,136	0,257
OPP	0,860	-0,822	0,134
SGE	1,190	-1,142	0,118
TUB	1,736	-1,626	0,159
UBS	1,138	-1,076	0,147
WLB	3,142	-3,336	0,202

* alle Werte mit Sign. 0,000

*Tab. C1.8b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II
[aC]*

Untersuchungs- basis	Konstante		Koeffizient (Restlaufzeit)		Bestimmtheitsmaß
	Wert	Sign.	Wert	Sign.	
Alle Kurse	0,140	0,000	0,047	0,000	0,002
CIT	0,114	0,000	0,270	0,000	0,022
COB	0,002	0,946	0,396	0,000	0,023
DBK	0,140	0,000	0,068	0,000	0,003
DRB	0,138	0,000	-0,006	0,677	0,000
DZB	0,014	0,444	0,302	0,000	0,021
GOL	0,008	0,232	0,022	0,028	0,001
HYP	0,172	0,000	0,024	0,338	0,000
JPM	-0,018	0,000	0,004	0,000	0,053
ML	0,182	0,000	-0,046	0,005	0,002
OPP	0,048	0,000	0,018	0,008	0,001
SGE	-0,024	0,014	0,300	0,000	0,045
TUB	0,120	0,000	0,138	0,000	0,003
UBS	-0,018	0,191	0,258	0,000	0,034
WLB	0,208	0,000	0,148	0,000	0,005

Tab. C1.8c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III
[aC]

Basis	Konst.*	Moneyness			Restlaufzeit			Umsatz			r ²
		Wert	Beta ^a	Sign.	Wert	Beta ^a	Sign.	Wert	Beta ^a	Sign.	
Alle Kurse	1,402	-1,298	-0,388	0,000	-0,028	-0,025	0,000	-0,012	-0,010	0,002	0,147
CIT	2,236	-2,082	-0,488	0,000	-0,066	-0,036	0,001	-0,070	-0,045	0,000	0,232
COB	1,206	-1,168	-0,406	0,000	0,198	0,075	0,000	-0,030	-0,032	0,115	0,178
DBK	1,256	-1,122	-0,406	0,000	-0,008	-0,006	0,524	-0,008	-0,008	0,410	0,164
DRB	1,574	-1,520	-0,393	0,000	-0,108	-0,095	0,000	0,026	0,020	0,059	0,147
DZB	1,500	-1,516	-0,392	0,000	-0,062	0,029	0,016	0,020	0,015	0,206	0,162
GOL	0,206	-0,166	-0,194	0,000	-0,002	-0,003	0,861	-0,010	-0,021	0,194	0,036
HYP	1,594	-1,402	-0,463	0,000	-0,100	-0,067	0,000	-0,092	-0,088	0,000	0,207
JPM	-0,054	0,018	0,243	0,046	0,008	0,469	0,000	-0,004	-0,082	0,086	0,068
ML	1,388	-1,204	-0,537	0,000	-0,110	-0,114	0,000	-0,044	-0,057	0,000	0,275
OPP	0,992	-0,896	-0,400	0,000	-0,058	-0,094	0,000	-0,046	-0,039	0,000	0,144
SGE	1,016	-1,026	-0,308	0,000	0,118	0,084	0,000	0,018	0,017	0,113	0,123
TUB	1,804	-1,660	-0,408	0,000	0,012	0,005	0,650	-0,118	-0,097	0,000	0,169
UBS	1,108	-1,050	-0,375	0,000	0,052	0,037	0,065	-0,076	-0,089	0,000	0,159
WLB	3,670	-3,730	-0,503	0,000	-0,272	-0,130	0,000	0,028	0,014	0,156	0,216

* alle Werte mit Sign. 0,000

^a standardisierter Koeffizient

Tab. C1.8d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV
[aC]

<i>Untersuchungs-basis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Marktpreis)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Alle Kurse</i>	13,608	0,984	0,962
BNP	17,286	0,971	0,954
DBK	56,909	0,958	0,956
JPM	38,543	0,975	0,966
LBF	12,974	0,985	0,980
SGE	6,096	0,974	0,975
VON	4,169	0,991	0,958
WLB	21,818	0,974	0,948

* alle Werte mit Sign. 0,000

*Tab. C1.9a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I
[eC]*

<i>Untersuchungs-basis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Moneyness)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Alle</i>	1,602	-1,548	0,164
BNP	1,750	-1,714	0,203
DBK	0,496	-0,438	0,428
JPM	0,048	-0,044	0,160
LBF	0,272	-0,240	0,321
SGE	0,144	-0,158	0,281
VON	0,722	-0,674	0,151
WLB	2,322	-2,408	0,164

* alle Werte mit Sign. 0,000

*Tab. C1.9b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II
[eC]*

<i>Untersuchungs-basis</i>	<i>Konstante</i>		<i>Koeffizient (Restlaufzeit)</i>		<i>Bestimmtheitsmaß</i>
	<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>	
<i>Alle Kurse</i>	0,074	0,000	0,092	0,000	0,016
BNP	0,096	0,000	0,166	0,000	0,018
DBK	0,142	0,000	-0,066	0,000	0,052
JPM	-0,042	0,000	0,012	0,000	0,169
LBF	0,004	0,484	0,042	0,000	0,027
SGE	0,016	0,000	-0,018	0,000	0,087
VON	-0,020	0,010	0,190	0,000	0,026
WLB	0,018	0,697	0,242	0,000	0,037

*Tab. C1.9c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III
[eC]*

Basis	Konst.*	Moneyess			Restlaufzeit			Umsatz			r²
		<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	
<i>Alle Kurse</i>	1,606	-1,552	-0,406	0,000	-0,004	-0,004	0,663	0,006	0,004	0,695	0,164
BNP	2,160	-2,028	-0,534	0,000	-0,190	-0,155	0,000	0,002	0,001	0,944	0,220
DBK	0,550	-0,754	-1,124	0,000	0,174	0,603	0,000	-0,016	-0,053	0,218	0,591
JPM	0,002	-0,026	-0,238	0,001	0,008	0,258	0,000	-0,004	-0,072	0,185	0,202
LBF	0,276	-0,244	-0,577	0,000	0,000	0,002	0,954	-0,010	-0,066	0,021	0,326
SGE	0,156	-0,154	-0,513	0,000	-0,018	-0,265	0,000	-0,002	-0,018	0,733	0,352
VON	0,732	-0,748	-0,431	0,000	0,250	0,211	0,000	-0,032	-0,055	0,006	0,204
WLB	2,872	-2,862	-0,481	0,000	-0,146	-0,177	0,000	0,082	0,024	0,252	0,173

* alle Werte mit Sign. 0,000

^a standardisierter Koeffizient

Tab. C1.9d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV

[eC]

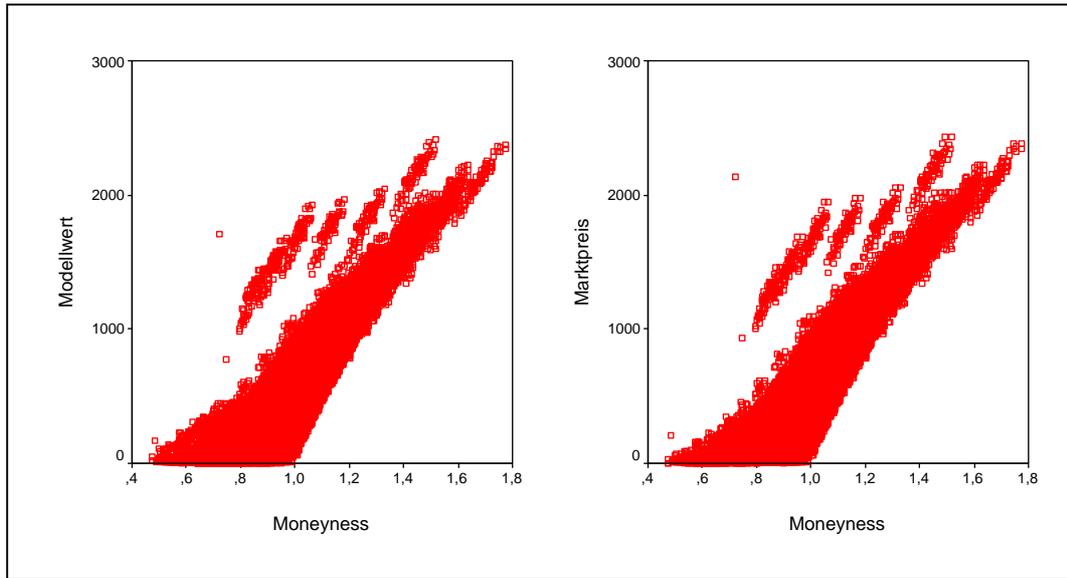


Abb. C1.3: Modellwert bzw. Marktpreis in Abhängigkeit von der Moneyness [aC]

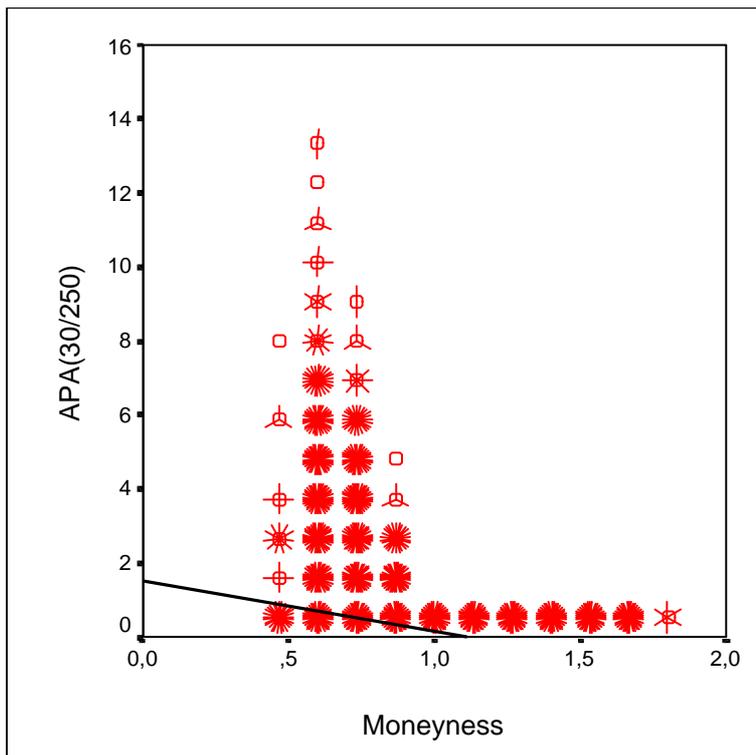


Abb. C1.4a: Streudiagramm für Regression APA(30/250) auf Moneyness [aC]

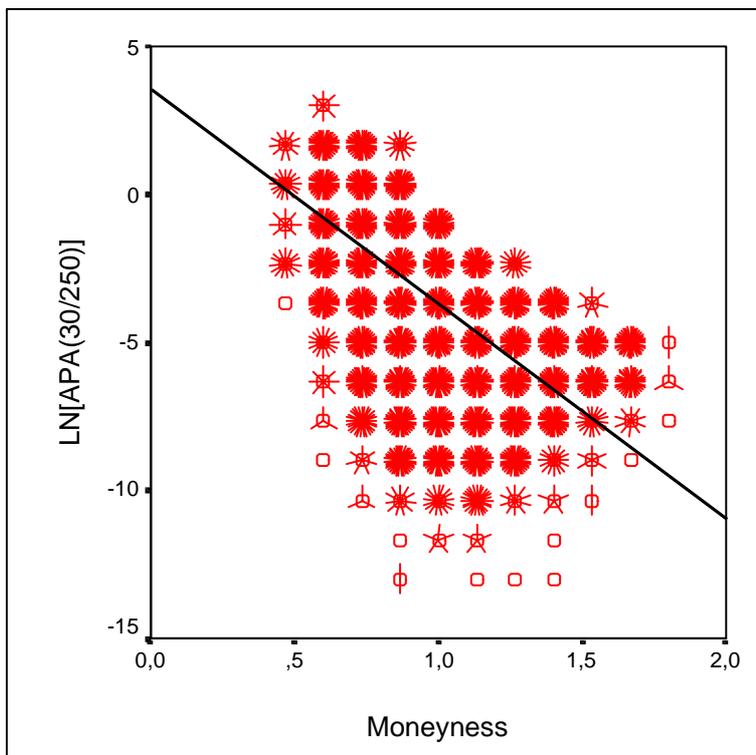


Abb. C1.4b: Streudiagramm für Regression lnAPA(30/250) auf Moneyness [aC]

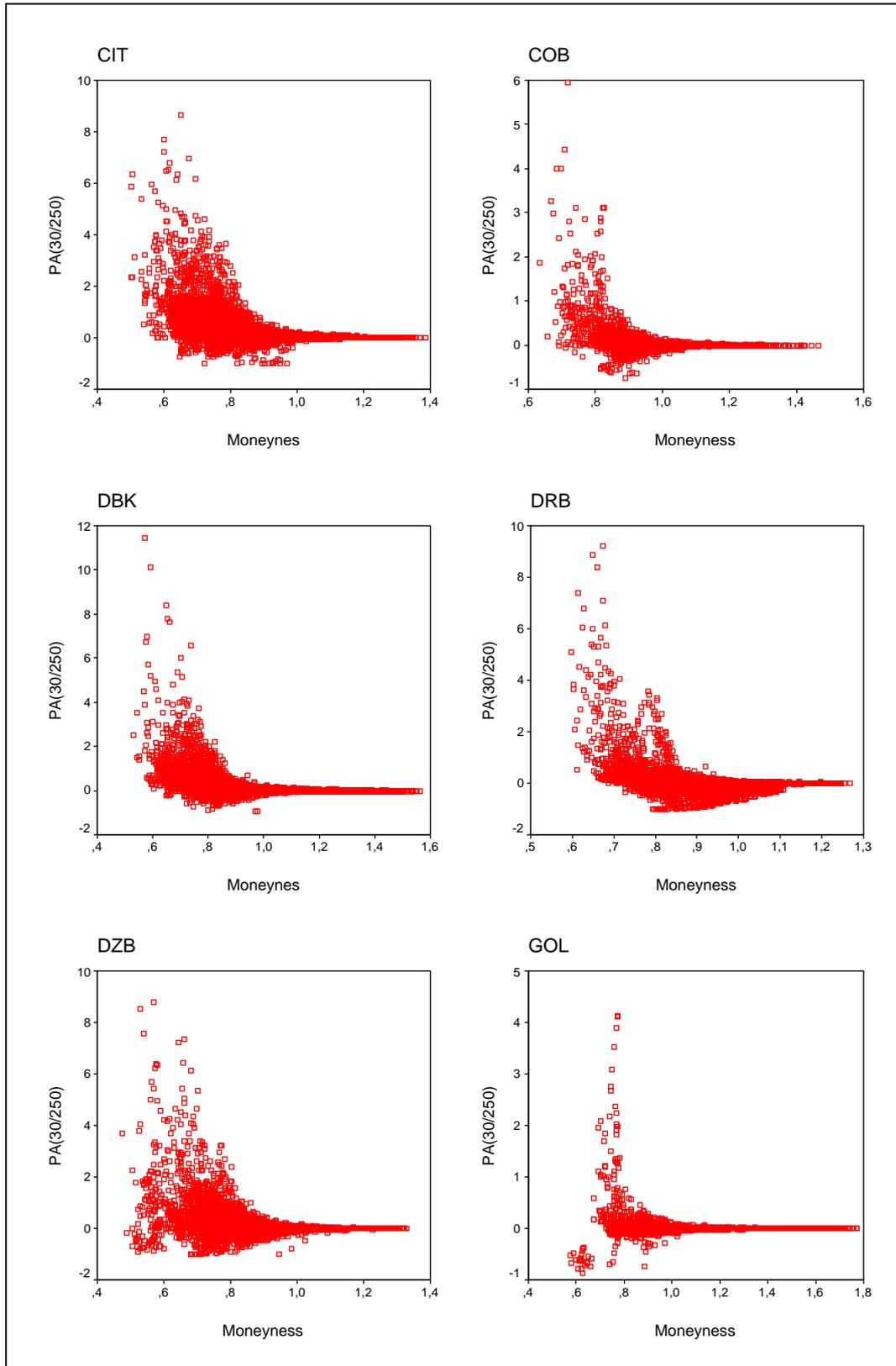


Abb. C1.5: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen $PA(30/250)$ auf Moneyiness [aC] – Teil 1

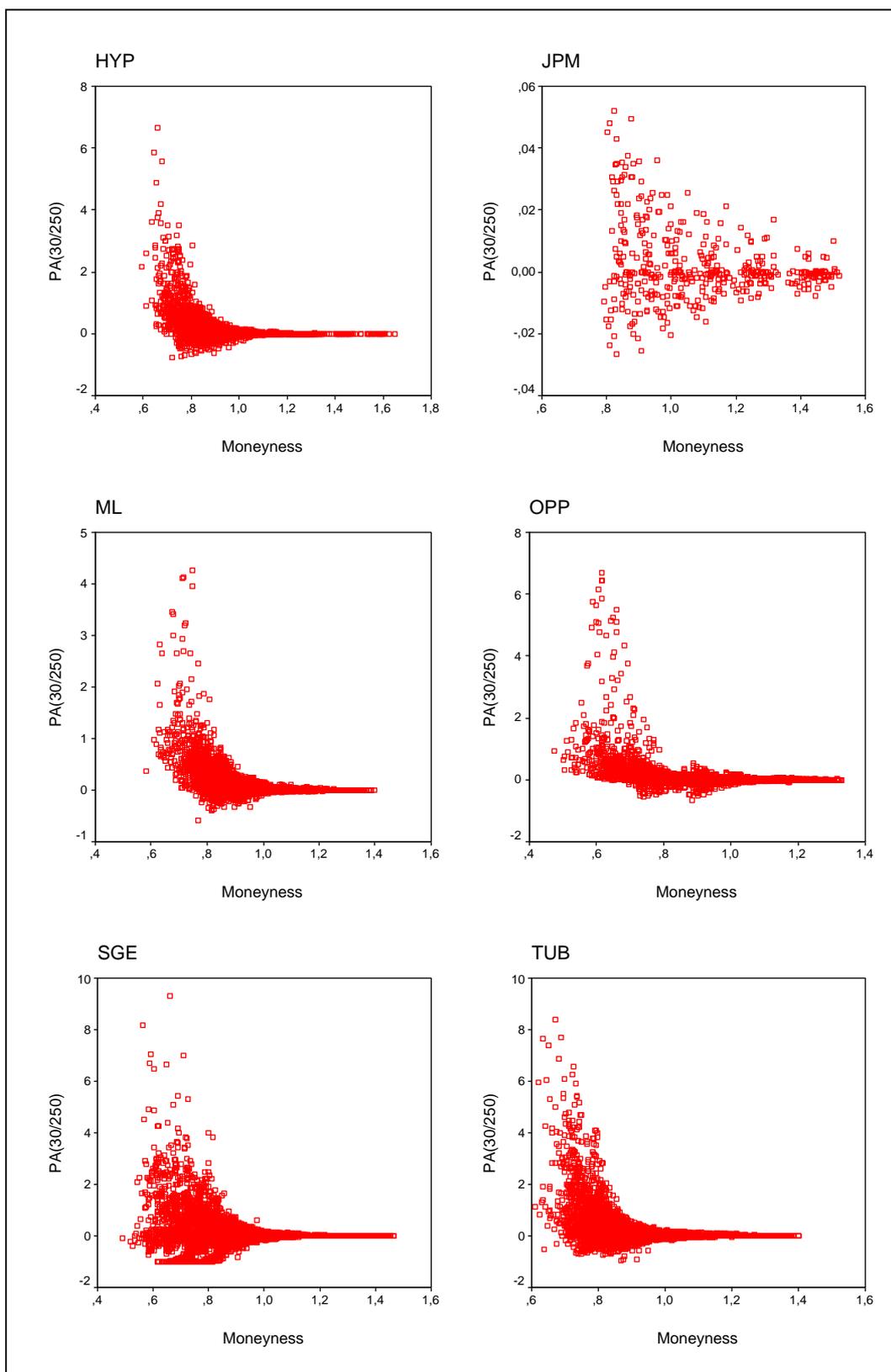


Abb. C1.5: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen PA(30/250) auf Moneyness [aC] – Teil 2

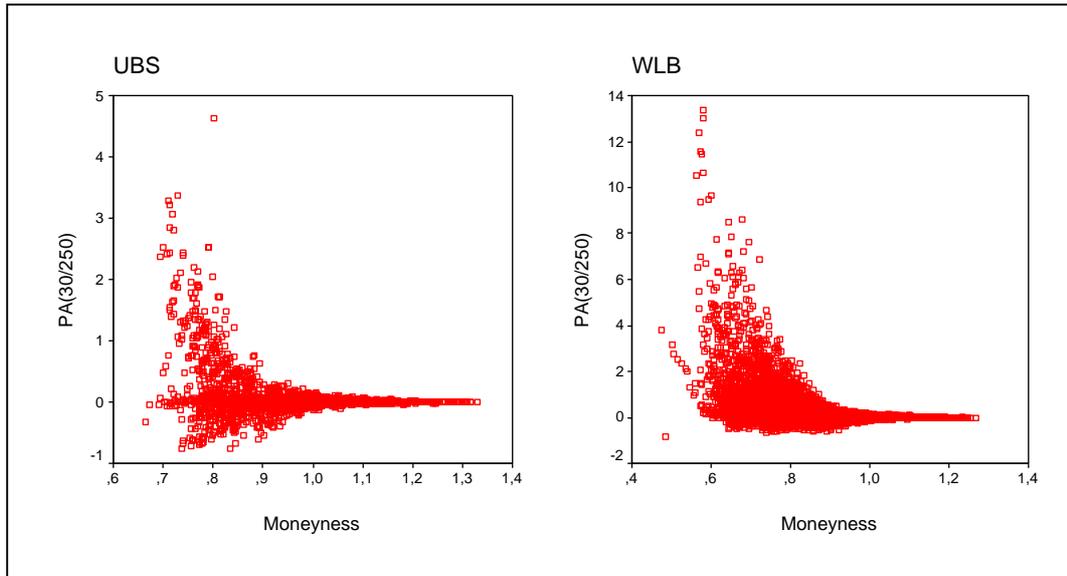


Abb. C1.5: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen $PA(30/250)$ auf Moneyness [aC] – Teil 3

Anhang C2: Tabellen und Abbildungen zur Fehlbewertungsanalyse amerik. und europ. Puts

Parameter	250-Tage-Volatilität				365-Tage-Volatilität			
	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
Mittelwert	-0,0401	0,0004	0,0235	0,0189	0,0186	0,0773	0,1137	0,1072
Median	-0,0282	0,0013	0,0216	0,0184	0,0147	0,0542	0,0951	0,0979
Standardabw.	0,0851	0,0913	0,0721	0,0751	0,0981	0,1209	0,1092	0,1107
Schiefe	9,5459	11,3367	11,4136	11,3671	17,2687	13,4320	9,7221	10,4871
Kurtosis	373,418	474,033	489,402	484,656	805,481	555,880	363,287	396,642
Minimum	-1,0000	-0,9998	-0,9941	-0,9805	-0,9929	-0,9845	-0,9455	-0,8711
Maximum	3,3161	3,8209	3,0651	3,1799	4,7068	5,3389	4,3906	4,5353
Spannweite	4,3161	4,8207	4,0592	4,1604	5,6997	6,3234	5,3361	5,4064

Tab. C2.1a: Deskriptive Statistik der relativen Abweichungen (PA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eP]

Parameter	250-Tage-Volatilität				365-Tage-Volatilität			
	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	120 Tage
Mittelwert	0,0637	0,0590	0,0506	0,0515	0,0573	0,0916	0,1183	0,1132
Median	0,0443	0,0427	0,0391	0,0417	0,0395	0,0622	0,0969	0,1004
Standardabw.	0,0692	0,0696	0,0565	0,0578	0,0818	0,1104	0,1042	0,1046
Schiefe	16,4534	24,7846	23,9591	24,9475	29,1238	17,5065	11,2578	12,5001
Kurtosis	751,289	1316,020	1250,847	1324,017	1611,317	789,646	436,934	495,549
Minimum	1E-06	1E-06	1E-06	1E-06	1E-05	1E-06	0,0001	1E-05
Maximum	3,3161	3,8209	3,0651	3,1799	4,7068	5,3389	4,3906	4,5353
Spannweite	3,3161	3,8209	3,0651	3,1798	4,7068	5,3389	4,3906	4,5353

Tab. C2.1b: Deskriptive Statistik der betragsmäßigen relativen Abweichungen (APA) bei unterschiedlichen Volatilitätsschätzern [eP]

Moneyiness-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>
DOTM	-0,0962	0,1094	-0,0312	0,0920	0,0064	0,0646	-0,0100	0,0624
OTM	-0,0402	0,0684	0,0126	0,0654	0,0398	0,0604	0,0378	0,0624
ATM	-0,0058	0,0340	0,0204	0,0398	0,0392	0,0478	0,0440	0,0530
ITM	0,0110	0,0226	0,0220	0,0278	0,0264	0,0306	0,0292	0,0322
DITM	0,0084	0,0144	0,0050	0,0112	0,0028	0,0090	0,0010	0,0078

Tab. C2.2: MPA und MAPA nach Moneyiness-Kategorien [eP]

RLZ-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>	<i>MPA</i>	<i>MAPA</i>
1	-0,0634	0,0688	-0,0166	0,0602	0,0068	0,0520	0,0098	0,0558
2	-0,0592	0,0682	-0,0368	0,0520	0,0124	0,0534	0,0108	0,0580
3	-0,0466	0,0690	-0,0060	0,0580	0,0188	0,0492	0,0168	0,0510
4	-0,0194	0,0522	0,0362	0,0638	0,0336	0,0442	0,0148	0,0414
5	-0,0040	0,0618	0,0306	0,0610	0,0376	0,0528	0,0466	0,0548
6	-0,0468	0,0538	0,0284	0,0794	0,0690	0,0790	0,0586	0,0594

Tab. C2.3: MPA und MAPA nach Restlaufzeit-Kategorien [eP]

RLZ-Kategorie	Moneyness-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
1	DOTM	-0,2866	0,2866	-0,2198	0,2348	-0,2518	0,2520	-0,2504	0,2554
	OTM	-0,1074	0,1110	-0,0188	0,1130	-0,0190	0,0774	-0,0122	0,0664
	ATM	-0,0136	0,0350	0,0150	0,0518	0,0238	0,0522	0,0314	0,0458
	ITM	-0,0110	0,0128	-0,0068	0,0142	-0,0080	0,0134	-0,0078	0,0126
	DITM	-0,0058	0,0058	-0,0058	0,0058	-0,0058	0,0058	-0,0058	0,0058
2	DOTM	-0,1878	0,1998	-0,1740	0,1766	-0,1334	0,1512	-0,1494	0,1608
	OTM	-0,0734	0,0940	-0,0496	0,0676	0,0036	0,0634	-0,0010	0,0664
	ATM	-0,0204	0,0388	-0,0094	0,0346	0,0252	0,0394	0,0228	0,0392
	ITM	-0,0010	0,0158	0,0004	0,0138	0,0064	0,0168	0,0030	0,0154
	DITM	-0,0064	0,0072	-0,0070	0,0072	-0,0074	0,0074	-0,0076	0,0076
3	DOTM	-0,1106	0,1328	-0,0556	0,0938	-0,0422	0,0740	-0,0594	0,0818
	OTM	-0,0254	0,0738	0,0238	0,0590	0,0228	0,0472	0,0142	0,0448
	ATM	-0,0030	0,0420	0,0180	0,0450	0,0284	0,0382	0,0252	0,0350
	ITM	0,0060	0,0190	0,0104	0,0212	0,0136	0,0214	0,0126	0,0198
	DITM	-0,0038	0,0074	-0,0046	0,0070	-0,0044	0,0074	-0,0054	0,0072
4	DOTM	-0,0836	0,1062	-0,0220	0,0840	-0,0018	0,0618	-0,0202	0,0602
	OTM	-0,0198	0,0632	0,0262	0,0576	0,0314	0,0452	0,0244	0,0406
	ATM	-0,0012	0,0424	0,0238	0,0460	0,0306	0,0398	0,0272	0,0342
	ITM	0,0106	0,0244	0,0198	0,0286	0,0218	0,0272	0,0206	0,0246
	DITM	0,0044	0,0120	0,0044	0,0120	0,0016	0,0108	-0,0008	0,0096
5	DOTM	-0,0404	0,0714	0,0398	0,0788	0,0356	0,0598	0,0064	0,0492
	OTM	-0,0118	0,0496	0,0380	0,0588	0,0462	0,0532	0,0352	0,0448
	ATM	0,0014	0,0438	0,0304	0,0494	0,0314	0,0404	0,0296	0,0358
	ITM	0,0170	0,0314	0,0290	0,0386	0,0258	0,0322	0,0244	0,0278
	DITM	0,0184	0,0208	0,0200	0,0234	0,0140	0,0190	0,0096	0,0156
6	DOTM	-0,0380	0,0620	0,0320	0,0866	0,0960	0,1074	0,0810	0,0832
	OTM	0,0234	0,0396	0,0928	0,0932	0,1216	0,1216	0,1190	0,1190
	ATM	0,0410	0,0410	0,0984	0,0984	0,1188	0,1188	0,0824	0,0824
	ITM	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	DITM	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.

Tab. C2.4a: MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Moneyness- und Restlaufzeit-Kategorien [aP]

RLZ-Kategorie	Moneyness-Kategorie	Vola(30/250)		Vola(60/250)		Vola(90/250)		Vola(120/250)	
		MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA	MPA	MAPA
1	DOTM	-0,2158	0,2158	-0,0642	0,1248	-0,1462	0,1632	-0,1502	0,1682
	OTM	-0,1200	0,1220	-0,0454	0,1046	0,0110	0,0658	0,0277	0,0840
	ATM	-0,0300	0,0406	0,0000	0,0414	0,0342	0,0512	0,0392	0,0530
	ITM	-0,0106	0,0134	-0,0076	0,0138	-0,0034	0,0142	-0,0034	0,0144
	DITM	-0,0052	0,0052	-0,0050	0,0052	-0,0050	0,0052	-0,0050	0,0052
2	DOTM	-0,1712	0,1758	-0,1240	0,1574	-0,0976	0,1132	-0,1006	0,1300
	OTM	-0,0730	0,0804	-0,0350	0,0488	0,0336	0,0654	0,0364	0,0658
	ATM	-0,0162	0,0302	0,0036	0,0250	0,0378	0,0482	0,0464	0,0572
	ITM	-0,0006	0,0140	0,0046	0,0138	0,0160	0,0216	0,0206	0,0248
	DITM	-0,0046	0,0054	-0,0044	0,0050	-0,0034	0,0048	-0,0038	0,0050
3	DOTM	-0,1084	0,1232	-0,0510	0,0874	-0,0030	0,0630	-0,0106	0,0588
	OTM	-0,0254	0,0514	0,0268	0,0552	0,0452	0,0562	0,0450	0,0632
	ATM	0,0056	0,0294	0,0368	0,0436	0,0442	0,0464	0,0496	0,0570
	ITM	0,0102	0,0174	0,0194	0,0218	0,0224	0,0242	0,0244	0,0270
	DITM	0,0060	0,0106	0,0040	0,0080	0,0014	0,0070	0,0000	0,0072
4	DOTM	-0,0606	0,0782	0,0302	0,0824	0,0312	0,0520	-0,0016	0,0500
	OTM	0,0038	0,0394	0,0630	0,0734	0,0558	0,0590	0,0358	0,0508
	ATM	0,0198	0,0444	0,0442	0,0596	0,0358	0,0386	0,0258	0,0352
	ITM	0,0114	0,0250	0,0226	0,0276	0,0200	0,0232	0,0252	0,0268
	DITM	0,0104	0,0156	0,0080	0,0146	0,0094	0,0122	0,0066	0,0096
5	DOTM	-0,0862	0,1104	-0,0286	0,0718	-0,0096	0,0340	0,0300	0,0564
	OTM	-0,0224	0,1068	0,0428	0,0936	0,0406	0,0598	0,0508	0,0652
	ATM	-0,0096	0,0350	0,0230	0,0472	0,0420	0,0566	0,0510	0,0554
	ITM	0,0284	0,0374	0,0490	0,0526	0,0542	0,0584	0,0546	0,0554
	DITM	0,0566	0,0574	0,0334	0,0362	0,0146	0,0238	0,0072	0,0164
6	DOTM	-0,0466	0,0534	0,0304	0,0802	0,0722	0,0820	0,0578	0,0586
	OTM	-0,0518	0,0602	-0,0120	0,0634	0,0056	0,0196	0,0756	0,0756
	ATM	-0,0468	0,0538	0,0284	0,0794	0,0690	0,0790	0,0586	0,0594
	ITM	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
	DITM	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.

Tab. C2.4b: MPA und MAPA bei verschiedenen Volatilitäten nach Moneyness- und Restlaufzeit-Kategorien [eP]

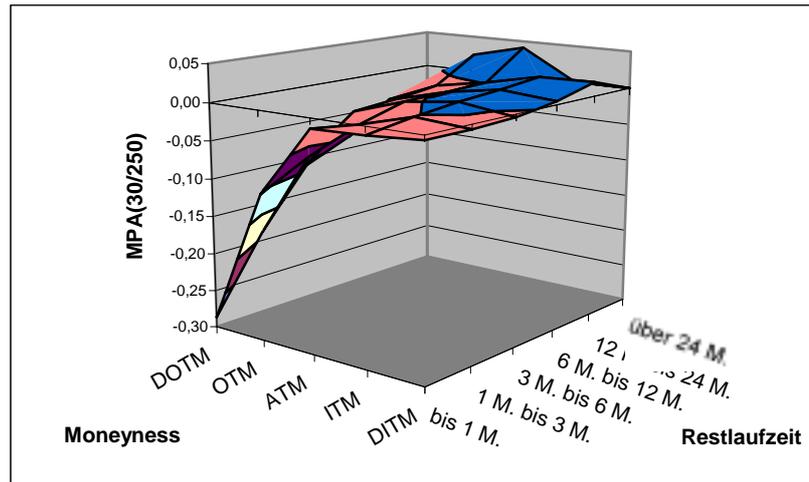


Abb. C2.1a: $MPA(30/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aP]

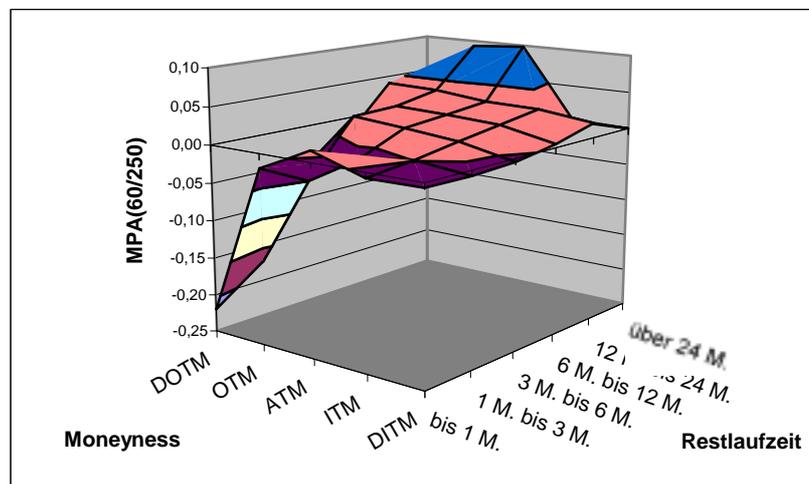


Abb. C2.1b: $MPA(60/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aP]

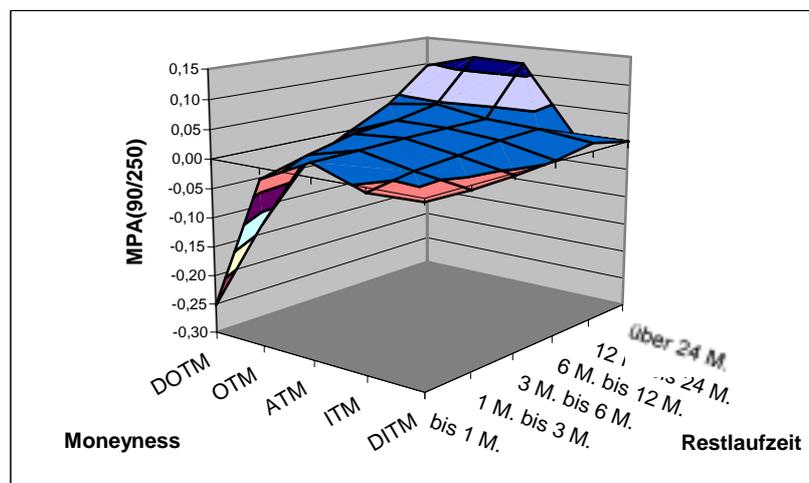


Abb. C2.1c: $MPA(90/250)$ nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [aP]

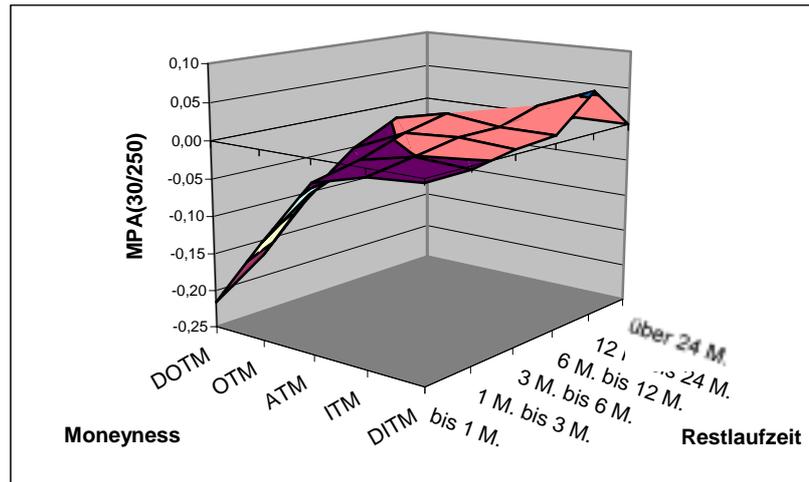


Abb. C2.2a: MPA(30/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [eP]

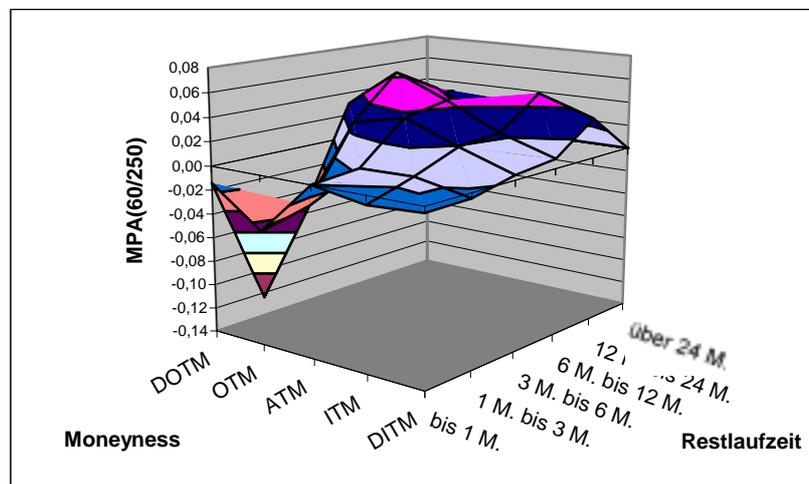


Abb. C2.2b: MPA(60/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [eP]

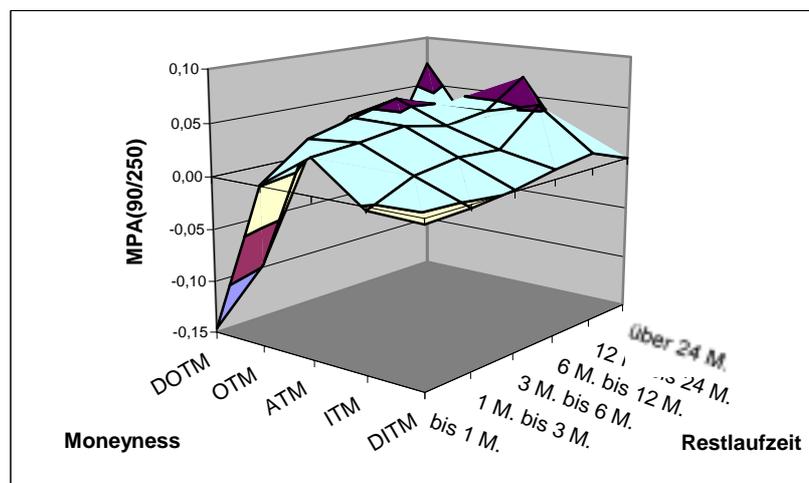


Abb. C2.2c: MPA(90/250) nach Restlaufzeit und Moneyness-Kategorien [eP]

Relative Abweichungen bei verschiedenen Volatilitäten	Moneyiness	Restlaufzeit
	<i>Korrelationskoeffizient</i>	<i>Korrelationskoeffizient</i>
<i>PA (30/250)</i>	-0,529	0,146
<i>PA (60/250)</i>	-0,285	0,213
<i>PA (90/250)</i>	-0,233	0,279
<i>PA (120/250)</i>	-0,350	0,245

Tab. C2.5a: Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Moneyiness und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [aP]

Relative Abweichungen bei verschiedenen Volatilitäten	Moneyiness	Restlaufzeit
	<i>Korrelationskoeffizient</i>	<i>Korrelationskoeffizient</i>
<i>PA (30/250)</i>	-0,519	0,107
<i>PA (60/250)</i>	-0,230	0,163
<i>PA (90/250)</i>	-0,088	0,163
<i>PA (120/250)</i>	-0,197	0,146

Tab. C2.5b: Bivariate Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen der PA und den Parametern Moneyiness und Restlaufzeit bei verschiedenen Volatilitäten [eP]

Moneyiness	Relative Kurshäufigkeiten (in %)						
Kategorien	<i>CIT</i>	<i>COB</i>	<i>DBK</i>	<i>DRB</i>	<i>DZB</i>	<i>GOL</i>	<i>HYP</i>
DOTM	22,28	24,25	22,80	34,16	15,28	48,19	13,74
OTM	13,78	12,22	14,16	17,23	17,53	13,82	7,19
ATM	22,19	31,25	23,69	21,13	24,17	19,74	22,38
ITM	23,09	23,51	24,12	16,21	22,88	14,36	25,32
DITM	18,66	8,77	15,23	11,27	20,14	3,89	31,37
<i>Mittelwerte</i>	1,0147	1,0640	1,0209	1,0724	0,9824	1,2078	0,9445

Moneyiness	Relative Kurshäufigkeiten (in %)						
Kategorien	<i>JPM</i>	<i>ML</i>	<i>OPP</i>	<i>SGE</i>	<i>TUB</i>	<i>UBS</i>	<i>WLB</i>
DOTM	71,83	14,96	31,50	14,34	18,33	8,15	1,28
OTM	28,17	10,15	20,08	21,84	13,79	24,94	10,44
ATM	n.a	12,13	27,86	35,43	23,23	26,22	26,54
ITM	n. a.	26,36	12,20	20,85	24,27	12,03	31,80
DITM	n.a	36,40	8,36	7,53	20,37	28,66	29,94
<i>Mittelwerte</i>	1,3552	0,9292	1,0909	1,0300	0,9911	0,9504	0,9075

Tab. C2.6a: Emittentenspezifische Moneyiness-Mittelwerte und relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Moneyiness-Kategorien [aP]

Moneyiness	Relative Kurshäufigkeiten (in %)					
Kategorien	<i>BNP</i>	<i>JPM</i>	<i>LBF</i>	<i>SGE</i>	<i>VON</i>	<i>WLB</i>
DOTM	27,36	95,31	63,95	0,00	21,21	59,40
OTM	18,81	4,69	23,64	21,25	26,52	24,80
ATM	19,43	n. a.	10,27	36,25	28,86	11,17
ITM	20,33	n. a.	2,13	42,50	17,81	4,63
DITM	14,07	n. a.	n. a.	n. a.	5,61	n. a.
<i>Mittelwerte</i>	1,0375	1,3252	1,2054	0,9775	1,0491	1,1889

Tab. C2.6b: Emittentenspezifische Moneyiness-Mittelwerte und relative Häufigkeitsverteilung der Kurse nach Moneyiness-Kategorien [eP]

RLZ-Parameter	CIT	COB	DBK	DRB	DZB	GOL	HYP
<i>Mittelwert</i>	0,5752	0,3175	0,6262	0,6623	0,5104	0,6360	0,5776
<i>Minimum</i>	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,0082	0,0027	0,0055
<i>Maximum</i>	1,5041	0,6384	1,7014	1,6164	1,1781	1,3753	1,2493

RLZ-Parameter	JPM	ML	OPP	SGE	TUB	UBS	WLB
<i>Mittelwert</i>	4,2495	0,5855	0,9377	0,3344	0,4645	0,3169	0,5991
<i>Minimum</i>	2,7945	0,0110	0,0493	0,0027	0,0055	0,0082	0,0082
<i>Maximum</i>	5,0493	1,4904	2,0219	0,9151	0,9452	0,8575	1,5041

Tab. C2.7a: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [aP]

RLZ-Parameter	BNP	JPM	LBF	SGE	VON	WLB
<i>Mittelwert</i>	0,6180	3,5920	0,5964	0,4282	0,2789	0,5274
<i>Minimum</i>	0,0027	2,7945	0,3425	0,3315	0,0027	0,0438
<i>Maximum</i>	1,8740	4,0630	0,8877	0,6466	0,7096	1,3753

Tab. C2.7b: Emittentenspezifische Parameter der Restlaufzeit [eP]

<i>Untersuchungs-basis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Marktpreis)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Alle Kurse</i>	7,019	0,993	0,964
CIT	6,482	0,997	0,971
COB	3,479	0,992	0,964
DBK	8,023	0,999	0,956
DRB	8,953	0,992	0,968
DZB	6,538	0,991	0,961
GOL	-0,714	1,001	0,971
HYP	4,379	0,994	0,955
JPM	-0,9041	1,131	0,961
ML	16,510	0,991	0,965
OPP	6,045	1,007	0,953
SGE	3,068	0,992	0,969
TUB	7,269	0,992	0,949
UBS	6,614	0,991	0,971
WLB	11,727	0,988	0,970

* alle Werte mit Sign. 0,000

*Tab. C2.8a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I
[aP]*

<i>Untersuchungs-basis</i>	<i>Konstante*</i>	<i>Koeffizient (Moneyiness)*</i>	<i>Bestimmtheitsmaß</i>
<i>Alle Kurse</i>	0,105	-0,100	0,122
CIT	0,135	-0,135	0,171
COB	0,194	-0,197	0,455
DBK	0,118	-0,107	0,106
DRB	0,067	-0,047	0,019
DZB	0,016	-0,011	0,001
GOL	0,210	-0,204	0,666
HYP	0,094	-0,108	0,137
JPM	0,282	-0,140	0,545
ML	-0,013	0,036	0,024
OPP	0,167	-0,142	0,204
SGE	0,228	-0,230	0,313
TUB	0,060	-0,056	0,039
UBS	-0,052	0,073	0,083
WLB	-0,027	0,038	0,030

* alle Werte mit Sign. 0,000

*Tab. C2.8b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II
[aP]*

Untersuchungs- basis	Konstante		Koeffizient (Restlaufzeit)		Bestimmtheitsmaß
	Wert	Sign.	Wert	Sign.	
Alle Kurse	-0,016	0,000	0,032	0,000	0,060
CIT	-0,036	0,000	0,059	0,000	0,111
COB	-0,025	0,000	0,030	0,014	0,006
DBK	-0,020	0,000	0,046	0,000	0,102
DRB	-0,016	0,000	0,051	0,000	0,103
DZB	-0,003	0,036	0,017	0,000	0,010
GOL	-0,056	0,000	0,029	0,000	0,015
HYP	-0,041	0,000	0,057	0,000	0,163
JPM	-0,050	0,000	0,033	0,000	0,469
ML	0,008	0,001	0,022	0,000	0,039
OPP	-0,016	0,000	0,030	0,000	0,078
SGE	-0,028	0,000	0,059	0,000	0,037
TUB	-0,018	0,000	0,049	0,000	0,056
UBS	0,019	0,000	-0,005	0,412	0,000
WLB	0,006	0,000	0,003	0,008	0,001

Tab. C2.8c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III
[aP]

Basis	Konst.*	Moneyness			Restlaufzeit			Umsatz			r ²
		Wert	Beta ^a	Sign.	Wert	Beta ^a	Sign.	Wert	Beta ^a	Sign.	
Alle Kurse	0,093	-0,112	-0,389	0,000	0,040	0,299	0,000	0,002	0,017	0,000	0,209
CIT	0,088	-0,132	-0,402	0,000	0,059	0,336	0,000	0,014	0,103	0,000	0,274
COB	0,184	-0,214	-0,725	0,000	0,097	0,240	0,000	-0,011	-0,075	0,001	0,512
DBK	0,090	-0,106	-0,322	0,000	0,045	0,313	0,000	-0,004	-0,037	0,001	0,210
DRB	0,052	-0,071	-0,209	0,000	0,060	0,381	0,000	0,018	0,084	0,000	0,154
DZB	0,011	-0,010	-0,034	0,018	0,013	0,083	0,000	-0,012	-0,109	0,000	0,024
GOL	0,193	-0,208	-0,832	0,000	0,036	0,151	0,000	-0,008	-0,043	0,000	0,693
HYP	0,064	-0,111	-0,381	0,000	0,059	0,414	0,000	-0,003	-0,025	0,200	0,312
JPM	0,376	-0,178	-0,937	0,000	-0,010	-0,210	0,182	0,003	0,011	0,811	0,550
ML	-0,028	0,039	0,168	0,000	0,023	0,210	0,000	-0,004	-0,038	0,235	0,067
OPP	0,139	-0,132	-0,423	0,000	0,020	0,192	0,000	-0,013	-0,072	0,000	0,250
SGE	0,204	-0,224	-0,547	0,000	0,052	0,170	0,000	0,003	0,026	0,078	0,340
TUB	0,048	-0,074	-0,261	0,000	0,061	0,294	0,000	0,007	0,057	0,000	0,120
UBS	-0,051	0,073	0,286	0,000	-0,003	-0,014	0,531	0,001	0,010	0,669	0,083
WLB	-0,026	0,038	0,172	0,000	-0,001	-0,017	0,230	0,004	0,047	0,001	0,033

* alle Werte mit Sign. 0,000 (Ausnahme: DZB mit Sign. 0,007)

^a standardisierter Koeffizient

Tab. C2.8d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV
[aP]

Untersuchungs-basis	Konstante*	Koeffizient (Marktpreis)**	Bestimmtheitsmaß
<i>Alle Kurse</i>	5,892	1,001	0,968
BNP	5,969	1,000	0,965
JPM	2,346	1,050	0,959
LBF	-0,700	1,055	0,959
SGE	17,536	1,020	0,966
VON	5,026	0,999	0,970
WLB	-4,109	1,072	0,958

* alle Werte mit Sign. 0,000 (Ausnahme: JPM mit Sign. 0,262 und LBF mit Sign. 0,296)

** alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. C2.9a: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell I [eP]

Untersuchungs-basis	Konstante*	Koeffizient (Moneyiness)*	Bestimmtheitsmaß
<i>Alle</i>	0,114	-0,088	0,039
BNP	0,116	-0,104	0,043
JPM	0,152	-0,070	0,076
LBF	0,357	-0,260	0,308
SGE	-0,306	0,395	0,634
VON	0,146	-0,119	0,082
WLB	0,370	-0,300	0,205

* alle Werte mit Sign. 0,000

Tab. C2.9b: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell II [eP]

Untersuchungs-basis	Konstante		Koeffizient (Restlaufzeit)		Bestimmtheitsmaß
	<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Sign.</i>	
<i>Alle Kurse</i>	0,010	0,000	0,016	0,000	0,021
BNP	-0,012	0,000	0,033	0,000	0,033
JPM	0,044	0,003	0,004	0,316	0,005
LBF	0,103	0,000	-0,100	0,000	0,066
SGE	0,114	0,484	-0,080	0,029	0,060
VON	0,041	0,000	-0,074	0,000	0,049
WLB	-0,043	0,000	0,106	0,000	0,198

Tab. C2.9c: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell III [eP]

Basis	Konst.*	Moneyness			Restlaufzeit			Umsatz			r²
		<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	<i>Wert</i>	<i>Beta^a</i>	<i>Sign.</i>	
<i>Alle Kurse</i>	0,123	-0,106	-0,239	0,000	0,021	0,188	0,000	-0,007	-0,035	0,004	0,075
BNP	0,082	-0,089	-0,180	0,000	0,028	0,157	0,000	0,007	0,034	0,081	0,067
JPM	0,282	-0,122	-0,478	0,000	-0,017	-0,288	0,003	-0,045	-0,109	0,095	0,125
LBF	0,433	-0,269	-0,576	0,000	-0,106	-0,272	0,000	-0,012	-0,057	0,125	0,381
SGE	-0,337	0,414	0,834	0,000	0,029	0,089	0,243	-0,012	-0,047	0,496	0,643
VON	0,143	-0,102	-0,246	0,000	-0,055	-0,164	0,000	-0,003	-0,016	0,428	0,106
WLB	0,316	-0,283	-0,426	0,000	0,077	0,324	0,000	-0,050	-0,195	0,000	0,386

* alle Werte mit Sign. 0,000

^a standardisierter Koeffizient

Tab. C2.9d: Emittentenspezifische Ergebnisse der Regressionsanalyse Modell IV
[eP]

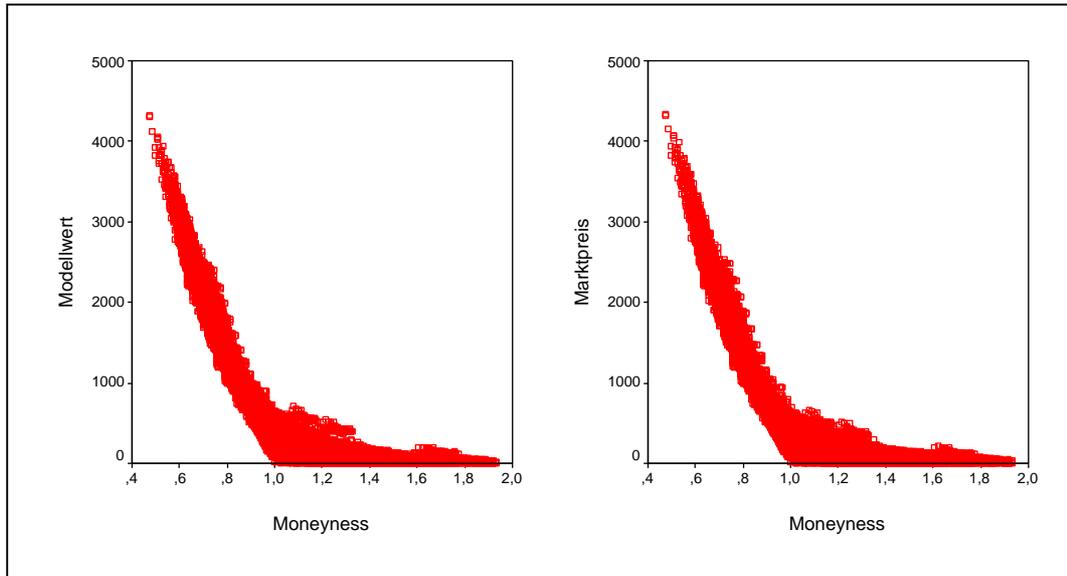


Abb. C2.3: Modellwert bzw. Marktpreis in Abhängigkeit von der Moneyness [aP]

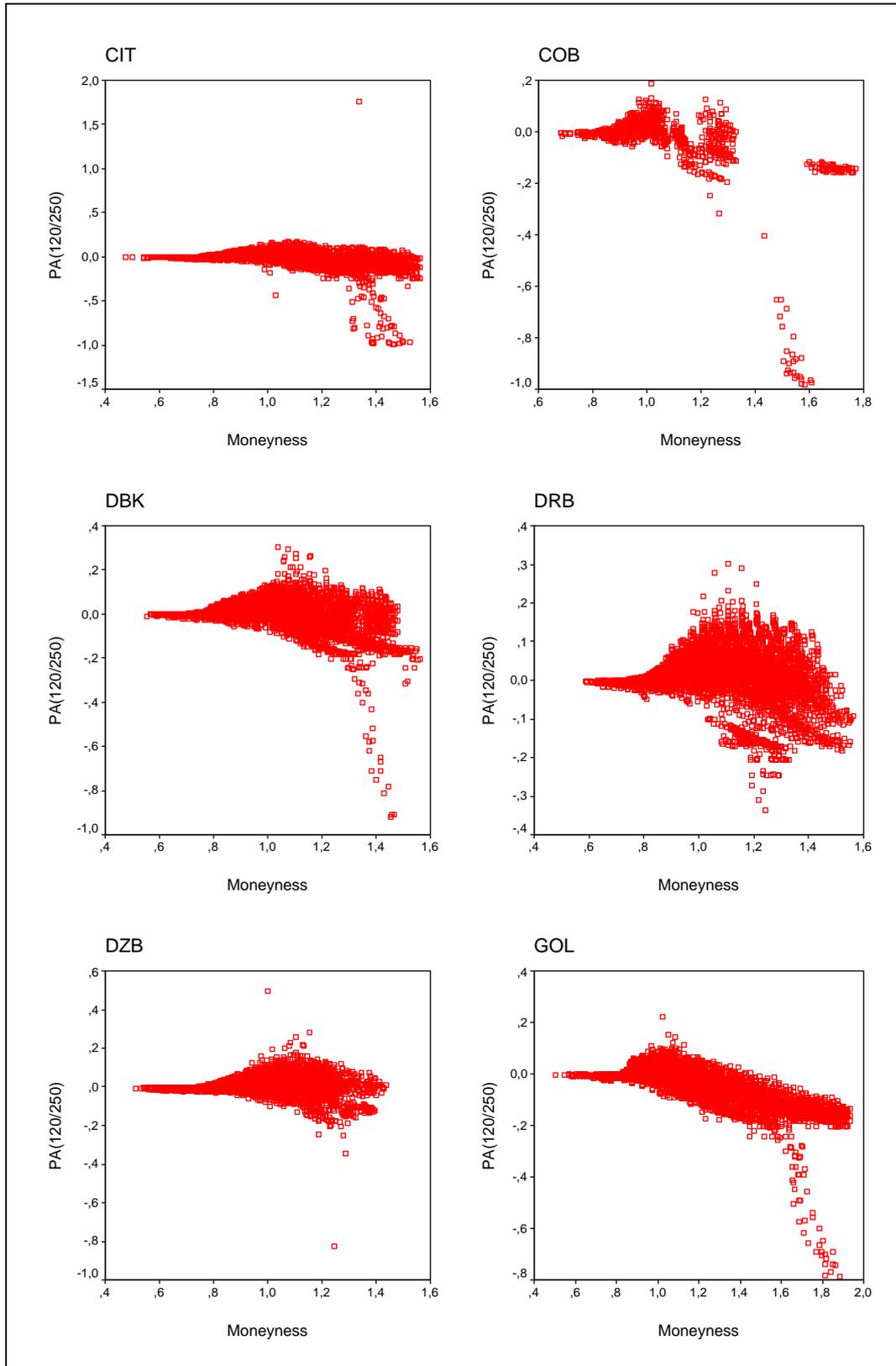


Abb. C2.4: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen $PA(120/250)$ auf Moneyiness [aP] – Teil 1

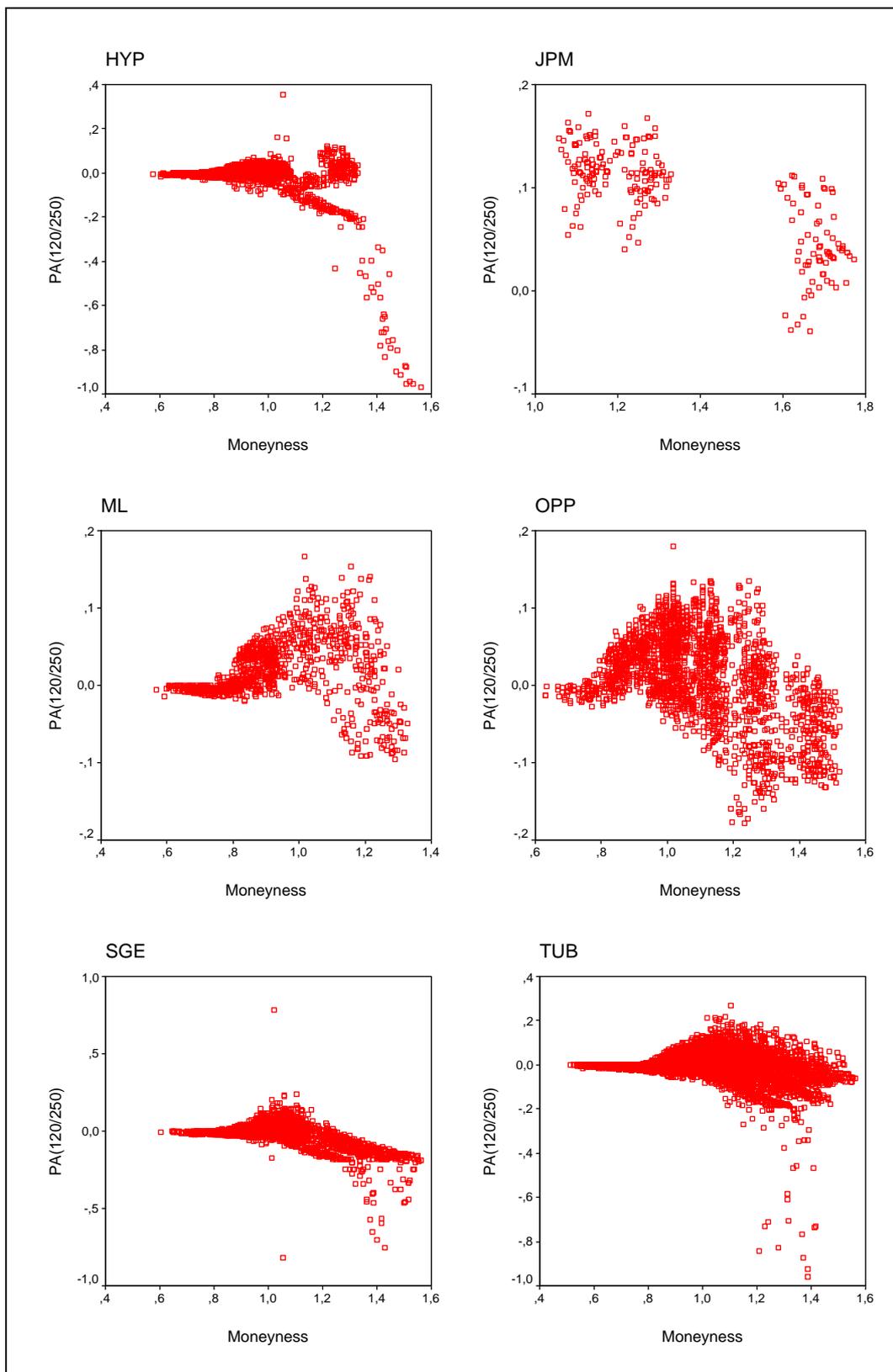


Abb. C2.4: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen $PA(120/250)$ auf Moneyness [aP] – Teil 2

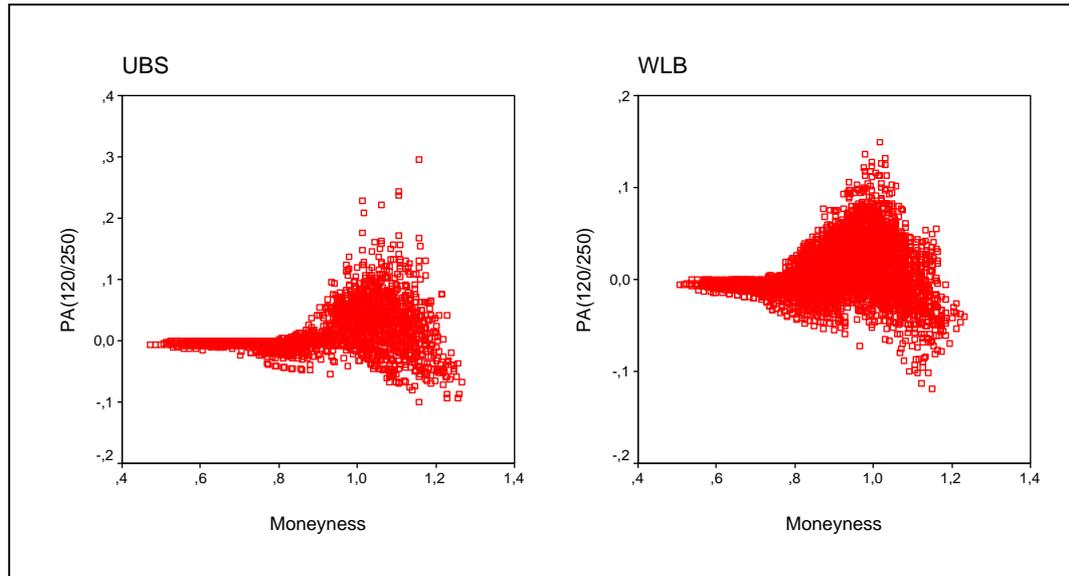


Abb. C2.4: Streudiagramme für emittentenspezifische Regressionen $PA(120/250)$ auf Moneyness [aP] – Teil 3

Anhang C3: Tabellen und Abbildungen zur Clusteranalyse

Schritt	Zusammengeführte Cluster		Koeffizienten	Erstes Vorkommen des Clusters		Nächster Schritt
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	6	0,02236	0	0	5
2	4	11	0,02351	0	0	3
3	4	8	0,02991	2	0	6
4	13	14	0,03720	0	0	7
5	1	5	0,05319	1	0	6
6	1	4	0,06418	5	3	7
7	1	13	0,09506	6	4	9
8	3	15	0,12002	0	0	10
9	1	2	0,13094	7	0	10
10	1	3	0,13845	9	8	11
11	1	17	0,19112	10	0	12
12	1	16	0,19539	11	0	13
13	1	10	0,23652	12	0	14
14	1	7	0,31225	13	0	15
15	1	12	0,32712	14	0	16
16	1	9	35,02244	15	0	0

Tab. C3.1a: Zuordnungsübersicht beim Single-Linkage-Verfahren (alle Calls)

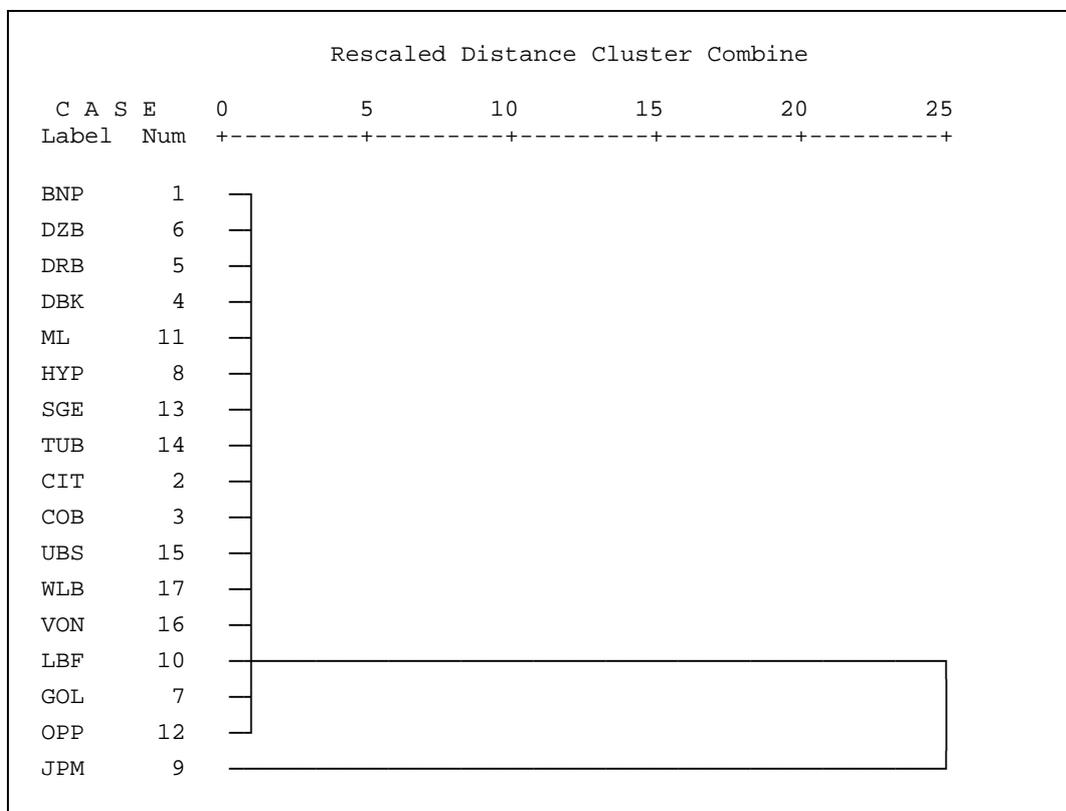


Abb. C3.1a: Dendrogramm zum Single-Linkage-Verfahren (alle Calls)

Schritt	Zusammengeführte Cluster		Koeffizienten	Erstes Vorkommen des Clusters		Nächster Schritt
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	6	0,02236	0	0	5
2	4	11	0,02351	0	0	3
3	4	8	0,03406	2	0	8
4	13	14	0,03720	0	0	9
5	1	5	0,11107	1	0	8
6	3	15	0,12002	0	0	9
7	2	17	0,19112	0	0	12
8	1	4	0,21092	5	3	12
9	3	13	0,23500	6	4	13
10	7	10	0,31225	0	0	11
11	7	16	0,59584	10	0	13
12	1	2	0,85543	8	7	15
13	3	7	1,14800	9	11	14
14	3	12	1,67007	13	0	15
15	1	3	3,78221	12	14	0

Tab. C3.1b: Zuordnungsübersicht beim Complete-Linkage-Verfahren (Calls ohne JPM)

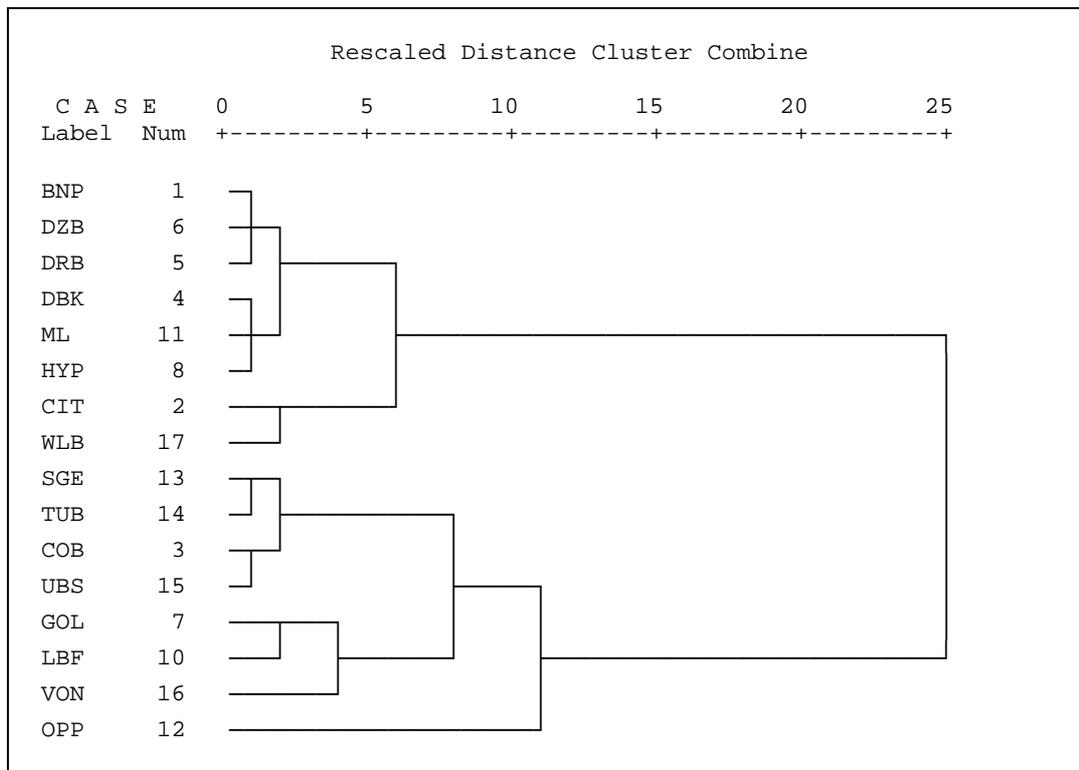


Abb. C3.1b: Dendrogramm zum Complete-Linkage-Verfahren (Calls ohne JPM)

Schritt	Zusammengeführte Cluster		Koeffizienten (FQS)	Erstes Vorkommen des Clusters		Nächster Schritt
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	6	0,01118	0	0	5
2	4	11	0,02293	0	0	3
3	4	8	0,04034	2	0	10
4	13	14	0,05894	0	0	8
5	1	5	0,10997	1	0	10
6	3	15	0,16998	0	0	8
7	2	17	0,26553	0	0	12
8	3	13	0,40295	6	4	14
9	7	10	0,55907	0	0	11
10	1	4	0,71814	5	3	12
11	7	16	1,04495	9	0	13
12	1	2	1,53674	10	7	15
13	7	12	2,12160	11	0	14
14	3	7	2,87334	8	13	15
15	1	3	5,43693	12	14	0

Tab. C3.1c: Zuordnungsübersicht beim Ward-Verfahren (Calls ohne JPM)

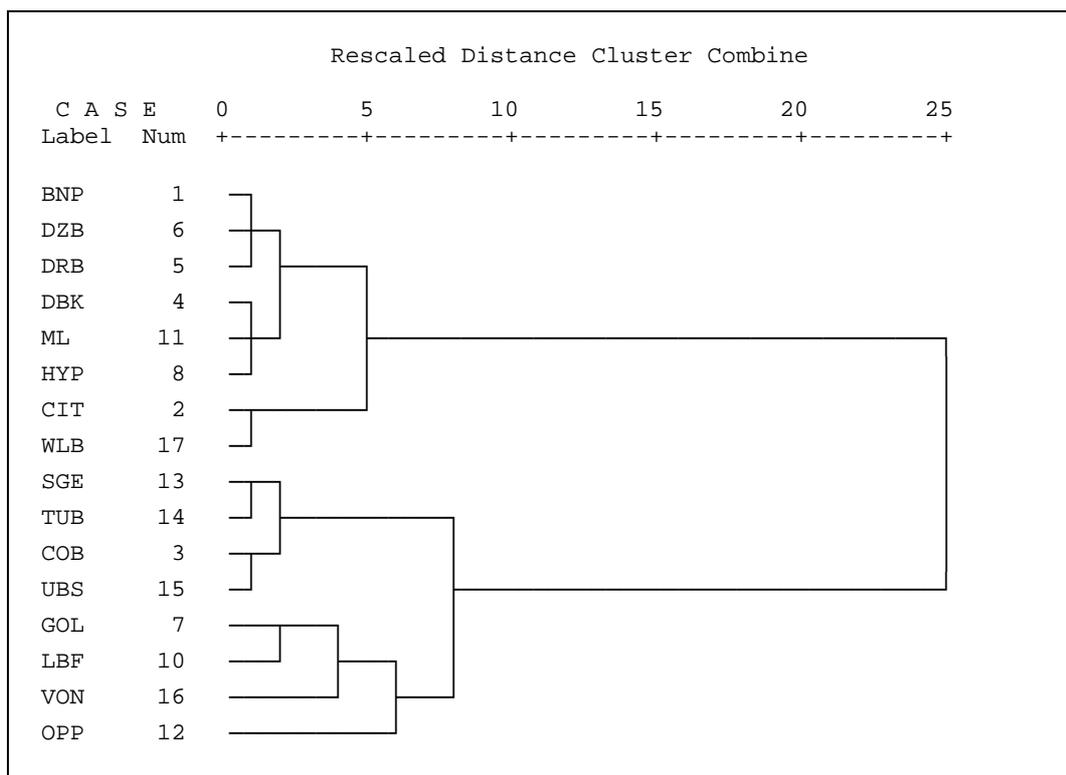


Abb. C3.1c: Dendrogramm zum Ward-Verfahren (Calls ohne JPM)

Schritt	Zusammengeführte Cluster		Koeffizienten	Erstes Vorkommen des Clusters		Nächster Schritt
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	6	14	0,03769	0	0	3
2	1	4	0,04514	0	0	6
3	2	6	0,07814	0	1	4
4	2	17	0,08645	3	0	7
5	3	13	0,10856	0	0	11
6	1	5	0,10945	2	0	8
7	2	8	0,11426	4	0	8
8	1	2	0,14183	6	7	9
9	1	15	0,22405	8	0	10
10	1	11	0,23629	9	0	11
11	1	3	0,27548	10	5	12
12	1	16	0,30941	11	0	13
13	1	12	0,39151	12	0	14
14	1	10	0,90761	13	0	15
15	1	7	1,63893	14	0	16
16	1	9	45,22760	15	0	0

Tab. C3.2a: Zuordnungsübersicht beim Single-Linkage-Verfahren (alle Puts)

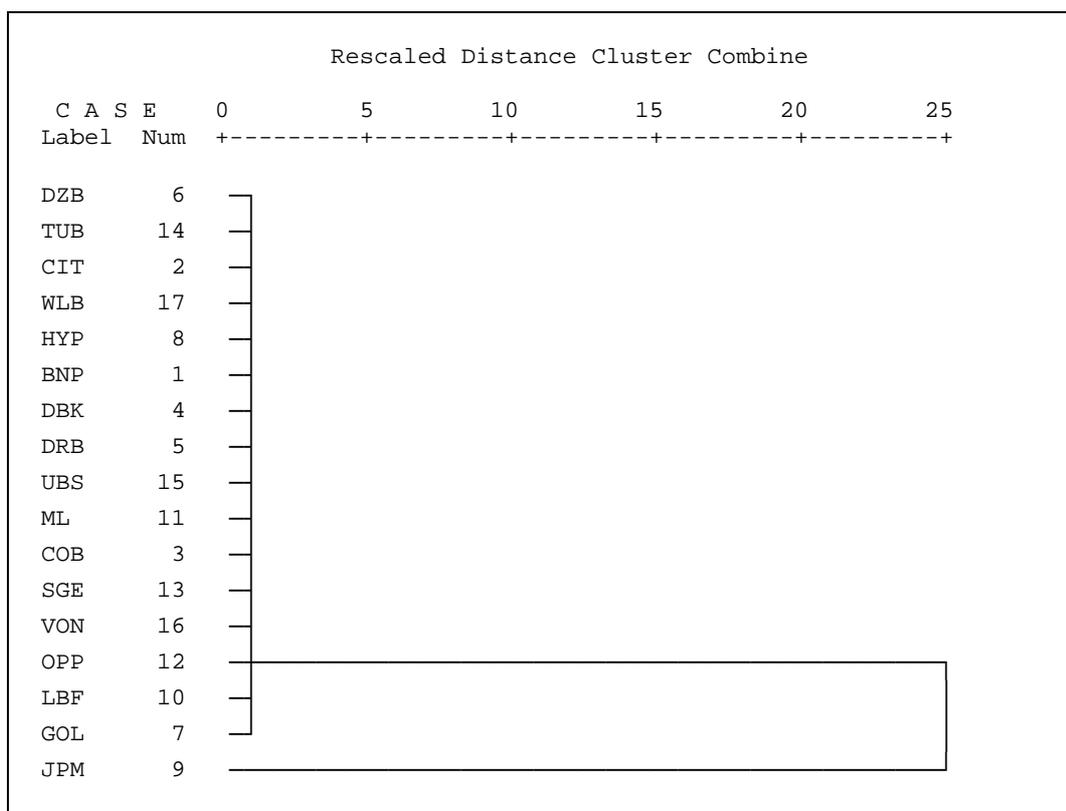


Abb. C3.2a: Dendrogramm zum Single-Linkage-Verfahren (alle Puts)

Schritt	Zusammengeführte Cluster		Koeffizienten	Erstes Vorkommen des Clusters		Nächster Schritt
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	6	14	0,03769	0	0	5
2	1	4	0,04514	0	0	7
3	3	13	0,10856	0	0	11
4	8	17	0,11426	0	0	6
5	2	6	0,14159	0	1	6
6	2	8	0,21857	5	4	9
7	1	5	0,24226	2	0	10
8	15	16	0,30941	0	0	11
9	2	11	0,59972	6	0	12
10	1	12	0,63247	7	0	12
11	3	15	0,95217	3	8	13
12	1	2	1,46483	10	9	13
13	1	3	2,30288	12	11	14
14	1	10	3,63071	13	0	15
15	1	7	5,32467	14	0	0

Tab. C3.2b: Zuordnungsübersicht beim Complete-Linkage-Verfahren (Puts ohne JPM)

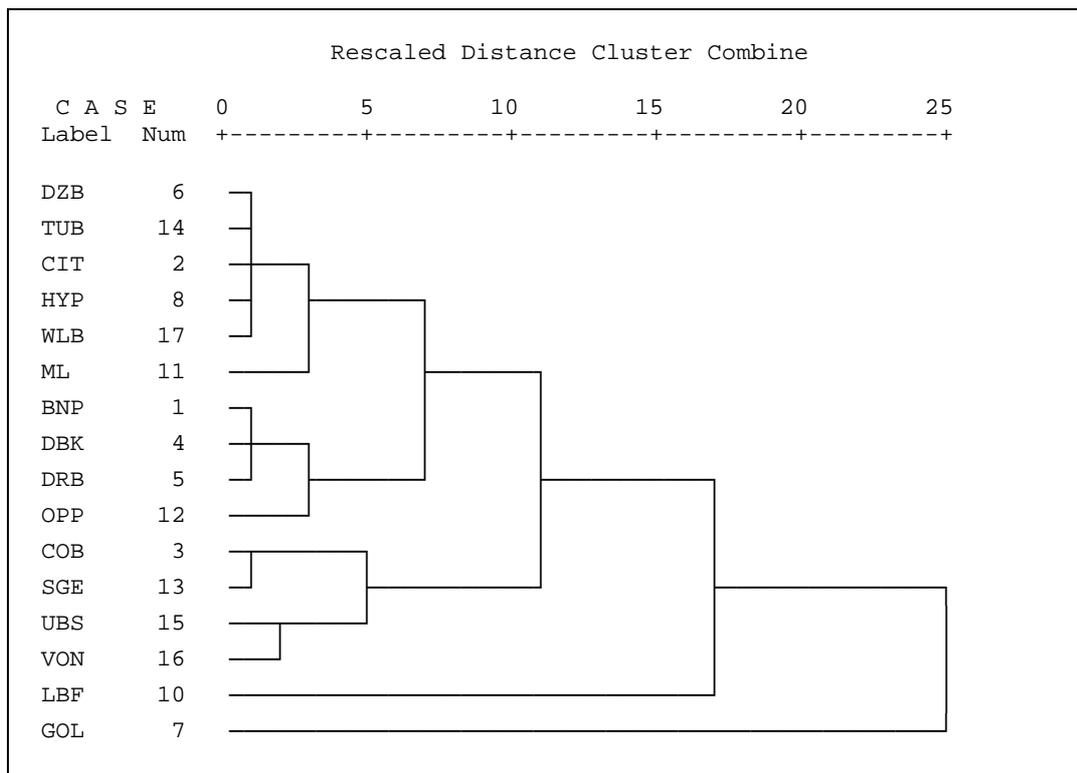


Abb. C3.2b: Dendrogramm zum Complete-Linkage-Verfahren (Puts ohne JPM)

Schritt	Zusammengeführte Cluster		Koeffizienten (FQS)	Erstes Vorkommen des Clusters		Nächster Schritt
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	6	14	0,01885	0	0	5
2	1	4	0,04142	0	0	6
3	3	13	0,09570	0	0	11
4	8	17	0,15282	0	0	7
5	2	6	0,21978	0	1	7
6	1	5	0,32950	2	0	10
7	2	8	0,45985	5	4	9
8	15	16	0,61456	0	0	11
9	2	11	0,90168	7	0	12
10	1	12	1,26562	6	0	12
11	3	15	1,80119	3	8	13
12	1	2	2,75604	10	9	13
13	1	3	4,13511	12	11	14
14	1	10	6,01252	13	0	15
15	1	7	8,73923	14	0	0

Tab. C3.2c: Zuordnungsübersicht beim Ward-Verfahren (Puts ohne JPM)

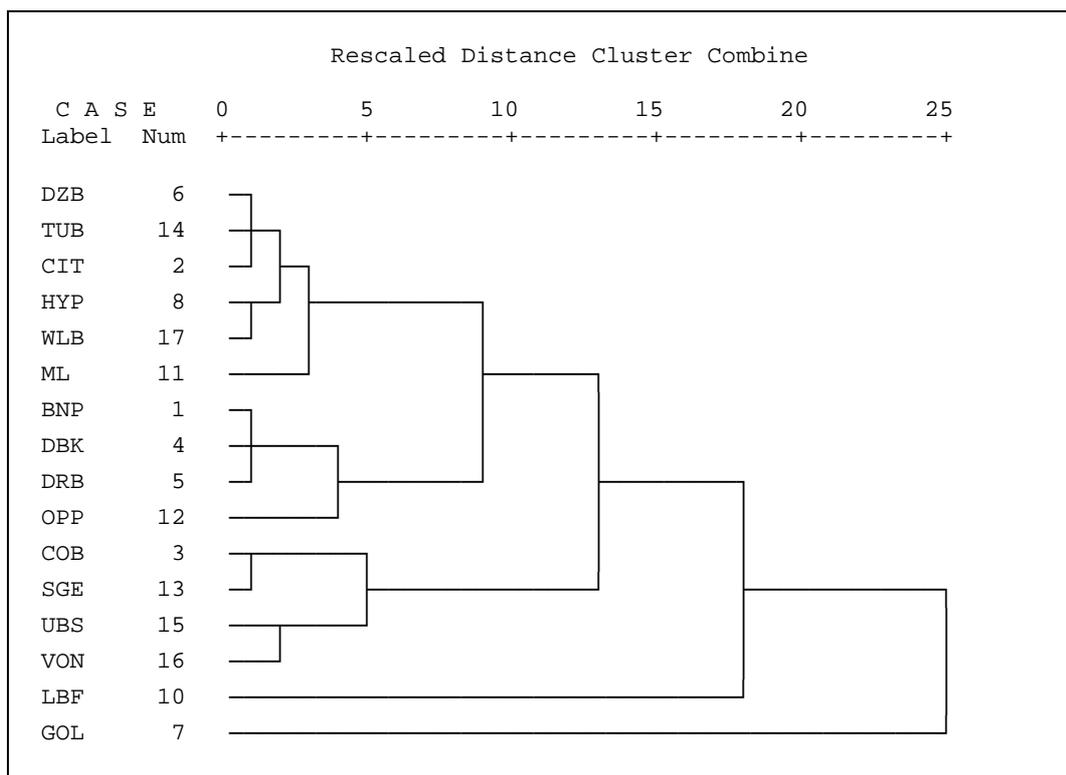


Abb. C3.2c: Dendrogramm zum Ward-Verfahren (Puts ohne JPM)

Literaturverzeichnis

- Acker, G. (1995):** Die Wertpapierleihe: Grundlagen, Abwicklung und Risiken, Wiebaden 1995.
- Albers, W. et al. (Hrsg.):** Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, Stuttgart 1977.
- Andres, P. (1998):** Von der Black/Scholes-Optionspreisformel zum GARCH-Optionsbewertungsmodell, Lohmar/Köln 1998.
- Bachelier, L. (1900):** Theory of Speculation (übersetzt von James A. Boness), in: Cootner, P. H. (Hrsg.): The Random Character of Stock Market Prices, Cambridge/Mass. 1964, S. 17-78, Erstveröffentlichung: Théorie de la spéculation, in: Annales de l'Ecole Normale Supérieure, 17, 1900, S. 21-86.
- Backhaus, K./Erichson, B./Plinke, W./Weiber, R. (2000):** Multivariate Analysemethoden, 9. Aufl., Berlin et al. 2000.
- Baden-Württembergische Wertpapierbörse (2002a):** Jahresbericht 2000, online im WWW: URL: http://www.boerse-stuttgart.de/menu_oben/BoerseStuttgartueberuns01.htm [Zugriff: 18.10.2002].
- Baden-Württembergische Wertpapierbörse (2002b):** Jahresbericht 2001, online im WWW: URL: http://www.boerse-stuttgart.de/menu_oben/BoerseStuttgartueberuns01.htm [Zugriff: 18.10.2002].
- Barone-Adesi, G./Whaley, R. E. (1987):** Efficient Analytic Approximation of American Option Values, in: Journal of Finance, 42, 1987, S. 301-320.
- Becker, U. (1994):** Lexikon Terminhandel, Wiesbaden 1994.
- Beer, A. (1997):** Die Deutsche Terminbörse. Ein Überblick über Grundlagen, Strukturen, Möglichkeiten, 5. Aufl., Stuttgart 1997.

- Bender, D. (1977):** Arbitrage, in: Albers, W. et al. (Hrsg.): Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, Stuttgart 1977.
- Bickster, J. L. (Hrsg.) (1979):** Handbook of Financial Economics, Glasgow 1979.
- Björksund, P./Stensland, G. (1993):** Closed-Form Approximation of American Options, in: Scandinavian Journal of Management, 9, 1993, S. 87-99.
- Björck, A./Dahlquist, G. (1972):** Numerische Methoden, München 1972.
- Black, F. (1975):** Fact and Fantasy in the Use of Options, in: Financial Analysts Journal, 46, 1975, S. 36-41, 61-72.
- Black, F. (1976a):** Studies of Stock Price Volatility Changes, in: American Statistical Association Proceedings of the Business and Economic Statistics, Washington, 1976, S. 177-181.
- Black, F. (1976b):** The Pricing of Commodity Contracts, in: Journal of Financial Economics, 3, 1976, S. 167-179.
- Black, F./Derman, E./Toy, W. (1990):** A One-Factor Model of Interest Rates and its Application to Treasury Bond Options, in: Financial Analysts Journal, 1990, S. 33-39.
- Black, F./Scholes, M. (1972):** The Valuation of Option Contracts and a Test of Market Efficiency, in: Journal of Finance, Vol. 27, No. 2, 1972, S. 399-417.
- Black, F./Scholes, M. (1973):** The Pricing of Options in Corporate Liabilities, in: Journal of Political Economy, 81, 1973, S. 637-654.
- Bös, M. (1990):** Optionsbewertung und Kapitalmarkt, Bergisch Gladbach/Köln 1991.

- Bollerslev, T. (1986):** Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, in: *Journal of Econometrics*, 31, 1986, S. 307-327.
- Boness, A. J. (1964):** Elements of a Theory of Stock-Option Value , in: *The Journal of Political Economy*, 72, 1964, S. 163-175.
- Boyle, P. P. (1977):** Options: A Monte Carlo Approach, in: *Journal of Financial Economics*, 4, 1977, S. 323-338.
- Boyle, P. P. (1986):** Option Valuation using a Three-Jump Process, in: *International Option Journal*, 1986, S. 7-12.
- Brennan, M. J./Schwartz, E. S. (1978):** Finite Difference Methods and Jump Processes Arising in the Pricing of Contingent Claims: A Synthesis, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 13, 1978, S. 449-426.
- Churchill, R. V./Brown, J. W. (1978):** *Fourier Series and Boundary Value Problems*, 3. Ed., New York 1978.
- Cootner, P. H. (Hrsg.) (1964):** *The Random Character of Stock Market Prices*, Cambridge/Mass. 1964.
- Courtadon, G. (1982):** A More Accurate Finite Difference Approximation for the Valuation of Option, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 17, 1982, S. 697-703.
- Cox, J. C. (1975):** Notes on Option Pricing I: Constant Elasticity of Variance Diffusions, Working Paper, Stanford University, Stanford 1975.
- Cox, J. C./Ross, S. A. (1976):** The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes, in: *Journal of Financial Economics*, 3, 1976, S. 145-166.

Cox, J. C./Ross, S. A./Rubinstein, M. (1979): Option Pricing: A Simplified Approach, in: Journal of Financial Economics, 7, 1979, S. 229-263.

Cox, J. C./Rubinstein, M. (1985): Options Markets, Englewood Cliffs 1985.

Crouhy, M./Rockinger, M. (1997): Volatility Clustering, Asymmetry and Hysteresis in Stock Returns: International Evidence, in: Financial Engineering and the Japanese Markets, 4, 1997, S. 1-35.

Deutsche Bundesbank (2002): Geldmarktsätze/EURIBOR/Tagessätze, online im WWW: URL: <http://www.bundesbank.de/stat/zeitreihen/index.htm> [Zugriff: 18.10.2002].

Deutsche Genossenschaftsbank (1990): Verkaufsmitteilung über die Begebung von Optionsscheinen zum Bezug von Stammaktien der Berliner Handels- und Frankfurter Bank, abgedruckt in: FAZ v. 21.08.1990, S. 16.

Dewynne, J./Howison, S./Wilmott, P. (1993): Mathematical Models and Computation, Oxford 1993.

Doll, G. F./Neuroth, H. P. (1991): Internationale Optionsscheine – Kennzahlen, Formeln, Interpretationen, Köln 1991.

Duan, J. C. (1995): The GARCH Option Pricing Model, Proceedings, in: Mathematical Finance, Vol. 5, No. 1, 1995, S. 13-32.

Duan, J. C. (1996): Term Structure and Bond Option Pricing under GARCH, Discussion Paper, Department of Finance, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong 1996.

Duan, J. C. (1999): Conditionally Fat-Tailed Distribution and the Volatility Smile in Options, Discussion Paper, Department of Finance, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong 1999.

- Einstein, A. (1906):** Zur Theorie der Brown'schen Bewegung, Annalen der Physik, 4. Folge, Bd. 19, Heft 1, 1906, S. 371-381.
- Engle, R. F. (1982):** Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, in: Econometrica, 50, 1982, S. 987-1008.
- Engle, R. F./Bollerslev, T. (1986):** Modelling the Persistence of Conditional Variances, in: Econometric Reviews, Vol. 5, 1986, S. 1-50 und S. 81-87.
- Ernst, D. P. (1973):** Aktienpreisverlaufshypothesen und Optionsscheinmodelle, Dissertation, Technische Universität Berlin 1973.
- EUREX (2002):** About EUREX – History, online im WWW: URL: http://www.eurexexchange.com/about/company_info/history.html [Zugriff: 18.10.2002].
- EUWAX Börse Stuttgart (2002a):** Monatsbericht September 2002, online im WWW: URL: http://www.boerse-stuttgart.de/menu_oben/BoerseStuttgartueberuns01.htm [Zugriff: 18.10.2002].
- EUWAX Börse Stuttgart (2002b):** Über uns: Organisation: Börsenzeiten, Stand: 04.09.2002, online im WWW: URL: <http://www.boerse-stuttgart.de/BoerseStuttgartueberuns01.htm> [Zugriff: 18.10.2002].
- Fabozzi, F. J. (Hrsg.) (1986):** Advances in Futures and Options Research, Vol. I Part A., London 1986.
- Fahrmeir, L./Hamerle, A./Tutz, G. (1996):** Multivariate statistische Verfahren, 2. Aufl., Berlin/New York 1996.
- Fama, E. F. (1965):** The Behavior of Stock Market Prices, in: Journal of Business, 38, 1965, S. 34-105.

- Feuerbach, H.-J. (2000):** Börslicher Optionsscheinhandel, in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 53. Jg., Heft 12, 2000, S. 643-648.
- Franke, J./Härdle, W./Hafner, C. (2001):** Einführung in die Statistik der Finanzmärkte, Berlin et al. 2001.
- Galai, D./Schneller, M. I. (1978):** Pricing of Warrants and the Value of the Firm, in: Journal of Finance, 33, 1978, S. 1333-1342.
- Garman, M. B./Kohlhagen, S. W. (1983):** Foreign Currency Option Value, in: Journal of International Money and Finance, 2, 1983, S. 231-237.
- Geske, R. (1979a):** The Valuation of Compound Options, in: Journal of Financial Economics, 7, 1979, S. 63-81.
- Geske, R. (1979b):** A Note on a Analytical Valuation Formula for Unprotected American Call Options on Stocks with Known Dividends, in: Journal of Financial Economics, 7, 1979, S. 376-380.
- Geske, R./Johnson, H. E. (1984):** The American Put Valued Ananalytically, in: Journal of Finance, 39, 1984, S. 1511-1524.
- Giguère, G. (1958):** Warrants, A Mathematical Method of Evaluation, in: The Analysts Journal, 14, 1958, S. 17-25.
- Göppl, H./ Bühler, W./Rosen, R. von (Hrsg.):** Optionen und Futures, Frankfurt am Main 1990.
- Goldman, M. B./Sosin, H. B./Gatto, M. A. (1979):** Path Depend Options: Buy at the Low, Sell at the High, in: Journal of Finance, 34, 1979, S. 1111-1127.
- Grabbe, J. O. (1983):** The Pricing of Call and Put Options on Foreign Exchange, in: Journal of International Money and Finance, 2, 1983, S. 239-253.

- Grünwald, L. (1980):** Optionsmarkt und Kapitalmarkteffizienz. Eine Analyse der Organisations- und Informationseffizienz des börsenmäßigen Optionshandels in der Bundesrepublik Deutschland und den USA, München 1980.
- Hallingby, P. (1947):** Speculative Opportunities in Stock Purchase Warrants, in: The Analysts Journal, 3, 1947, S. 48-49.
- Hartmann A./Martens, K. (1970):** Der Börsenterminhandel in der Bundesrepublik, München 1970.
- Hauck, W. (1991):** Optionspreise – Märkte, Preisfaktoren, Kennzahlen, Wiesbaden 1991.
- Hehn, E. (1994):** Zeitreihenanalyse von Optionsscheinpreisen zur Beurteilung von Kurschancen und -risiken, erschienen in: Europäische Hochschulschriften, Reihe V, Bd. 1619, Frankfurt am Main et. al 1994.
- Heussinger, W. H./Klein, M./Raum, W. (2000):** Optionsscheine, Optionen und Futures, Wiesbaden 2000.
- Hill, J. M. (1990):** Measuring and Interpreting Volatility, in: Fabozzi, F. J. (Hrsg.): Current Topics of Investment Management, New York et al. 1990.
- Ho, T. S. Y./Lee, S. (1986):** Term Structure Movements and Pricing Interest Rates Contingent Claims, in: Journal of Finance, 41, 1986, S. 1011-1029.
- Ho, T. S. Y. /Stoll, H. R. (1981):** Optimal Dealer Pricing under Transactions and Return Uncertainty, in: Journal of Financial Economics, Vol. 9, 1981, S. 47-73.
- Höhling, J./Schiereck, D. (1995):** Die Bewertung von Optionsscheinen und Optionen – eine empirische Analyse anhand von Arbitragestrategien, in:

Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft, 7. Jg., Heft 2, 1995, S. 170-184.

Hull, J. C. (2000): Options, Futures and other Derivatives, 4. Ed., Upper Saddle River 2000.

Hull, J. C./White, A. (1983): The Use of the Control Variate Technique in Option Pricing, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, 23, 1983, S. 237-251.

Hull, J. C./White, A. (1987): The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities, in: Journal of Finance, Vol. 42, No. 6, 1987, S. 281-300.

Hull, J. C./White, A. (1990): Valuing Derivative Securities Using the Explicit Finite Difference Method, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, 25, 1990, S. 87-100.

Ingersoll, J. E. (1976): A Theoretical and Empirical Investigation of the Dual Purpose Funds: An Implication of Contingent Claims Analysis, in: Journal of Financial Economics, 3, 1976, S. 83-124.

Itô, K. (1951): On Stochastic Differential Equation, in: Memoirs American Mathematical Society, 4, 1951, S. 1-51.

Jarrow, R. A./Rudd, A. (1983): Option Pricing, Homewood/Illinois 1983.

Jevons, W. S. (1871): The Theory of Political Economy, London/New York 1871.

Johnson, H./Shanno, D. (1987): Option Pricing when the Variance is Changing, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, Vol. 22, No. 2, 1987, S. 143-151.

- Jurget, L. (1989):** Bewertung von Optionen und bonitätsrisikobehafteten Finanztiteln, Wiesbaden 1989.
- Kampmann, K. (1990):** Bedingte Ansprüche in der Unternehmensfinanzierung – theoretische und methodische Grundlagen ihrer Bewertung auf der Basis von Simulationsexperimenten, Essen 1990.
- Kassouf, S. T. (1962):** Evaluation of Convertible Securities, New York 1962.
- Kassouf, S. T. (1968):** Stock Price Random Walks: Some Supporting Evidence, in: Review of Economic and Statistics, 50, 1968, S. 275-278.
- Kassouf, S. T. (1969):** An Econometric Model for Option Price with Implications for Investors' Expectations and Audacity, in: Econometrica, 37, 1969, S. 685-694.
- Klotz, A./Philipp, J. (2000):** Die Welt der Optionsscheine, München 2000.
- Kohler, H.-P. (1992):** Grundlagen der Bewertung von Optionen und Optionsscheinen, Wiesbaden 1992.
- Kruizenga, R. J. (1956):** Put and Call Options. A Theoretical and Market Analysis, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology 1956, teilweise abgedruckt in: Cootner, P. H. (Hrsg.): The Random Character of Stock Market Prices, Cambridge/Mass. 1964, S. 392-411.
- Kümpel, S. (1990):** Die neuen AGB für Börsentermingeschäfte, in: Wertpapier Mitteilungen 1990, S. 449-488.
- Kwok, Y. K. (1998):** Mathematical Models of Financial Derivatives, Singapur 1998.
- Leland, H. E. (1985):** Option Pricing and Replication with Transaction Costs, in: Journal of Finance, Vol. 40, No. 5, 1985, S. 1283-1302.

- Levy, H./Levy, A. (1988):** Option Valuation: An Extension of the Binomial Model, unveröffentlichtes Vortragsmanuskript: Conference on Financial Markets Developments And Reforms Research in New Financial Instruments And Their Use in Financial Risk Management, 29.-30.06.1988 Centre HIC-ISA, Jouy-en-Josas, 1988.
- Lingner, U. (1991):** Optionen, Wiesbaden 1991.
- Lockert, G. (1997):** Risikofaktoren und Preisbildung am deutschen Aktienmarkt, Heidelberg 1997.
- Loistl, O. (1994):** Kapitalmarkttheorie, 3. Aufl., München et al. 1994.
- Loistl, O. (1996):** Computergestütztes Wertpapiermanagement, München et al. 1996.
- Malliari, A. G./Brock, W. A. (1982):** Stochastic Methods in Economics and Finance, Amsterdam 1982.
- Mandelbrot, B. (1963):** The Variation of Certain Speculative Prices, in: Journal of Business, 36, 1963, S. 394-419.
- Mandelbrot, B. (1972):** Statistical Methodology for Nonperiodic Cycles: From the Covariance to R/S-Analysis, in: Annals of Social and Economic Measurement, Vol. 1, No. 1, 1972, S. 259-290.
- Margrabe, W. (1978):** The Value of an Option to Exchange one Asset for Another, in: Journal of Finance, 33, 1978, S. 177-186.
- McBeth, J. D./Merville, L. J. (1979):** An Empirical Examination of the Black Scholes Option Pricing Model, in: Journal of Finance, Vol. 34, No. 5, S. 1173-1187.

- McMillan, L. W. (1986):** Analytical Approximation for the American Put Option, in: Fabozzi, F. J. (Hrsg.): Advances in Futures and Options Research, Vol. I Part A., London 1986, S. 119-139.
- Meinel V. (2002):** Auf Spurensuche, X-Press, Kundenmagazin des X-markets-Team, Nov. 2002, Deutsche Bank AG, S. 12-15.
- Merton, R. C. (1973a):** The Relationship between Put and Call Option Prices: Comment, in: Journal of Finance, Vol. 28, No. 3, 1973, S. 183-184.
- Merton, R. C. (1973b):** Theory of Rational Option Pricing, in: The Bell Journal of Economics and Management Science, 4, 1973, S. 141-183.
- Merton, R. C. (1990):** Continuous-time Finance, Cambridge/Mass. 1990.
- Morrisson, R. J. (1957):** The Warrants or the Stock?, in: The Analysts Journal, 13, 1957, S. 51-53.
- Müller-Möhl, E. (1989):** Optionen, 2. Aufl., Stuttgart 1989.
- Osborne, M. F. M. (1959):** Brownian Motion in the Stock Market, in: Operations Research, Vol. 7, 1959, S. 145-173, wiederabgedruckt in: Cootner, P. H. (Hrsg.): The Random Character of Stock Market Prices, Cambridge/Mass. 1964, S. 100-128.
- Pease, F. (1963):** The Warrant – Its Powers and its Hazards, in: Financial Analysts Journal, 19, 1963, S. 25-32.
- Perridon, L./Steiner, M. (2002):** Finanzwirtschaft der Unternehmung, 11. Aufl., München 2002.
- Plötz, G. (1991):** Optionsmarkt-Ansätze. Bewertungsprobleme börsennotierter Optionen, Wiesbaden 1991.

Pohl, H. (Hrsg.) (1992): Deutsche Börsengeschichte, Frankfurt am Main 1992.

Rendleman, R. J./Bartter, B. J. (1979): Two-state Option Pricing, in: Journal of Finance, 34, 1979, S. 1093-1110.

Roll, R. A. (1977): An Analytical Valuation Formula for Unprotected American Call Options an Stocks with Known Dividends, in: Journal of Financial Economics, 5, 1977, S. 251-258.

Ross, S. A. (1978): A Simple Approach to the Valuation of Risky Streams, in: The Journal of Business, 51, 1978, S. 453-475.

Rubinstein, M. (1983): Displaced Diffusion Option Pricing, in: Journal of Finance, Vol. 38, No. 3, 1983, S. 213-217.

Rudolph, B. (1992): Effekten- und Wertpapierbörsen, Finanztermin- und Devisenbörsen seit 1945, in: Pohl, H. (Hrsg.), Deutsche Börsengeschichte, Frankfurt am Main 1992, S. 291-375.

Samuelson, P. A. (1965): Rational Theory of Warrant Pricing, in: Industrial Management Review, 6, 1965, S. 13-31.

Schäfer, B. (1995): Informationsverarbeitung und Preisbildung am Aktien- und Optionsmarkt. Eine empirische Intraday-Untersuchung zur Preisanpassungsgeschwindigkeit an schweizerischen und deutschen Aktien- und Optionsmärkten, Heidelberg 1995.

Schäfer, K. (1994): Optionsbewertung mit Monte-Carlo-Methoden, Bergisch Gladbach/Köln 1994.

Schäfer, K. (1995): Einsatz und Verwendung von Optionen und Futures, in: Rudolph, B. (Hrsg.): Derivative Finanzinstrumente, Stuttgart 1995, S. 45-130.

- Schäfer, M. (1998):** Einsatz und Bewertung von Exotischen Optionen, Wiesbaden 1998.
- Schlittgen, R./Streitberg, B. H. J. (1995):** Zeitreihenanalyse, 6. Aufl., München/Wien 1995.
- Schneider, D. (Hrsg.) (1986):** Kapitalmarkt und Finanzierung, Berlin 1986.
- Schütz, H./Müller, F. (1994):** Empirische Ergebnisse zur Bewertung von DAX-Optionsscheinen, in: Geld, Finanzwirtschaft, Banken und Versicherungen, o. Jg., 1994, S. 391-412.
- Schwartz, E. S. (1977):** The Valuation of Warrants: Implementing a New Approach, in: Journal of Financial Economics, 4, 1977, S. 79-93.
- Schumann, G. (1990):** Optionsanleihen. Rechtliche Grundlagen und aktuelle Probleme, Köln et al. 1990.
- Scott, L. O. (1987):** Option Pricing when the Variance Changes Randomly: Theory, Estimation and an Application, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, 22, 1987, S. 419-438.
- Sharpe, W. F. (1978):** Investments, New Jersey 1978.
- Shelton, J. P. (1967a):** The Relation of a Warrant to the Price of its Associated Stock. Part I, in: Financial Analysts Journal, 23, May-June, 1967, S. 143-151.
- Shelton, J. P. (1967b):** The Relation of a Warrant to the Price of its Associated Stock. Part II, in: Financial Analysts Journal, Vol. 23, July-August, 1967, S. 88-99.
- Smith, C. W. (1976):** Option Pricing. A Review, in: Journal of Financial Economics, 3, 1976, S. 3-51.

- Smith, C. W. (1979):** Applications of Option Pricing Analysis, in: Bickster, J. L. (Hrsg.): Handbook of Financial Economics, Glasgow 1979, S. 288-330.
- Specht, K. (2000):** Modelle zur Schätzung der Volatilität: eine empirische und theoretische Analyse am Beispiel von Finanzmarktdaten, Wiesbaden 2000.
- Sprenkle, C. M. (1964):** Warrant Prices as Indicators of Expectations and Preferences, in: Cootner P. H. (Hrsg.): The Random Character of Stock Market Prices, Cambridge/Mass., 1964, S. 412-474.
- Steiner, M./Bruns, C. (2000):** Wertpapiermanagement, 7. Aufl., Stuttgart 2000.
- Steiner, P./Uhlir, H. (2001):** Wertpapieranalyse, Heidelberg 2001.
- Stoll, H. R. (1969):** The Relationship between Put and Call Option Prices, in: Journal of Finance, Vol. 24, No. 5, 1969, S. 801-824.
- Stoll, H. R./Whaley, R. E. (1986):** New Option Instruments, Arbitrageable Linkages and Valuation, in: Fabozzi, F. J. (Hrsg.): Advances in Futures and Options Research, Vol. I Part A., London 1986, S. 25-62.
- Stoll, H. R./Whaley, R. E. (1993):** Futures and Options: Theory and Applications, Cincinnati 1993.
- Terstege, U. (1995):** Optionsbewertung. Möglichkeiten und Grenzen eines präferenz- und verteilungsfreien Ansatzes, Wiesbaden 1995.
- Thiel, D. (2001):** Die Bewertung von Call-Optionsscheinen auf den Deutschen Aktienindex (DAX), Lohmar/Köln 2001.
- Thorp, E. O./Kassouf, S. T. (1967):** Beat the Market, New York 1967.
- Trautmann, S. (1985):** Warrant Pricing – Some Empirical Findings for Warrants Written on German Stock, in: Henn, R. et al. (Hrsg.): Methods of Operations

Research, X. Symposium on Operations Research, Universität München, August 26-28, Part II: Section 6-10, 1985, S. 293-306.

Trautmann, S. (1986a): Finanztitelbewertung bei arbitragefreien Märkten, Habilitationsschrift der Fakultät der Wirtschaftswissenschaften der Universität Karlsruhe, 1986.

Trautmann, S. (1986b): Die Bewertung von Aktienoptionen am deutschen Kapitalmarkt – Eine empirische Überprüfung der Informationseffizienzhypothese, in: Schneider, D. (Hrsg.): Kapitalmarkt und Finanzierung, Berlin 1986, S. 311-327.

Trautmann, S. (1990): Aktienoptionspreise an der Frankfurter Optionsbörse im Lichte der Optionsbewertungstheorie, in: Göppl, H./Bühler, W./Rosen, R. von (Hrsg.): Optionen und Futures, Frankfurt am Main 1990, S. 79-100.

Veld, C. (1994): Warrant Pricing: A Review of Empirical Research, in: Center for Research, Discussion Paper No. 9434, Tilburg 1994.

Weger, G. (1985): Optionsscheine als Anlagealternative, Wiesbaden 1985.

Weissenfeld, H./Weissenfeld, S. (1998): Das große Buch der Optionsscheine, 2. Aufl., Rosenheim 1998.

Weßels, T. (1992): Numerische Verfahren zur Bewertung von Aktienoptionen, Wiesbaden 1992.

Whaley, R. E. (1981): On the Valuation of American Call Options on Stocks with Known Dividends, in: Journal Financial Economics, 9, 1981, S. 207-211.

Wiener, N. (1923): Differential Space, in: Journal of Mathematics and Physics, 2, 1923, S. 131-174.

Wiggins, J. B. (1987): Option Value under Stochastic Volatility – Theory and Empirical Evidence, in: Journal of Finance, 42, 1987, S. 351-372.

Wilhelm, J. (1978): Zur Bewertung von Optionen und Optionsscheinen (Warrants), in: Kredit und Kapital, 11, 1978, S. 497-516.

Wilhelm, J. (1985): Arbitrage Theory – Introductory Lectures on Arbitrage-Based Financial Asset Pricing, Berlin et al. 1985.

Wilkens, S. (2000): Zur Eignung numerischer Verfahren für die Optionsbewertung, Karlsruhe 2000.

Zahn, H. E. (1991): Handlexikon zu Futures, Optionen und innovativen Finanzinstrumenten, Frankfurt am Main 1991.

Ziemer, N. (1990): Markt für Optionsscheine gewinnt weiter an Bedeutung, in: Die Bank, o. Jg., Heft 9, 1990, S. 507-517.

Rechtsquellenverzeichnis

Aktiengesetz (AktG) in der Fassung vom 6.9.1965, zuletzt geändert durch
Transparenz- und Publizitätsgesetz vom 19.7.2002.

Börsengesetz (BörsG) in der Fassung vom 21.6.2002.

Börsenzulassungs-Verordnung (BörsZulV) in der Fassung vom 9.9.1998,
zuletzt geändert durch Viertes Finanzmarkt-Förderungsgesetz vom
21.6.2002.

Verkaufprospektgesetz (VerkProspG) in der Fassung vom 9.9.1998, zuletzt
geändert durch Viertes Finanzmarkt-Förderungsgesetz vom 21.6.2002.

Verkaufprospekt-Verordnung (VerkProspV) in der Fassung vom 9.9.1998,
zuletzt geändert durch Viertes Finanzmarkt-Förderungsgesetz vom
21.6.2002.