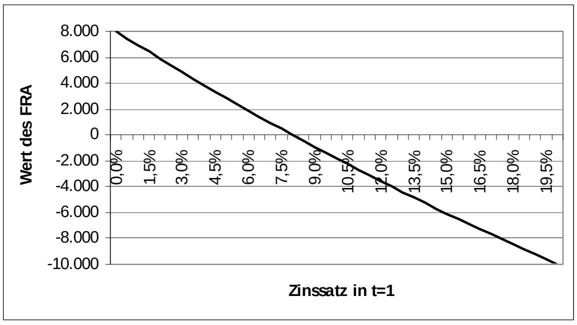
Aufgaben und Lösugen zum Teil H

1. **Zeichnen Sie für folgende Akteure Diagramme, aus denen die Werte der derivativen Instrumente in $t = 1$ in Abhängigkeit von der jeweils relevanten Bezugsgröße ersichtlich sind:**

   a) Verkäufer eines FRA
   b) Festzinszahler beim Swap
   c) Käufer eines Future
   d) Käufer eines Call
   e) Stillhalter eines Put.

   Lösung:

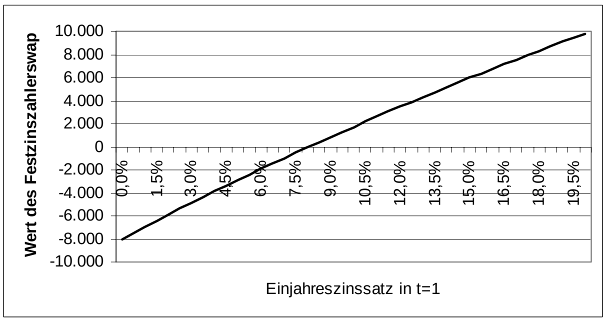
   a) Verkäufer eines FRA:



   Die Abbildung beruht auf folgenden Beispieldaten:

   - Nominalwert: 100.000 €
   - i_{12}=8%

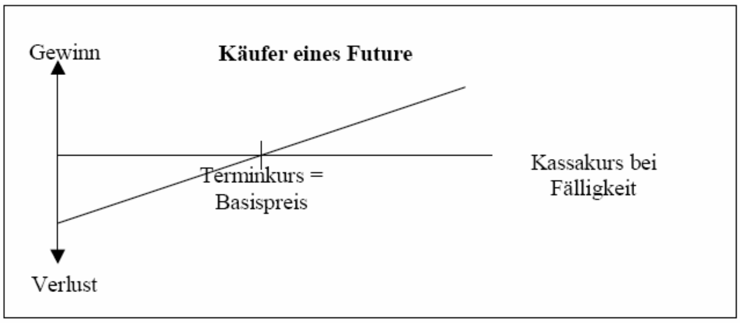
b) Festzinszahler beim Swap:



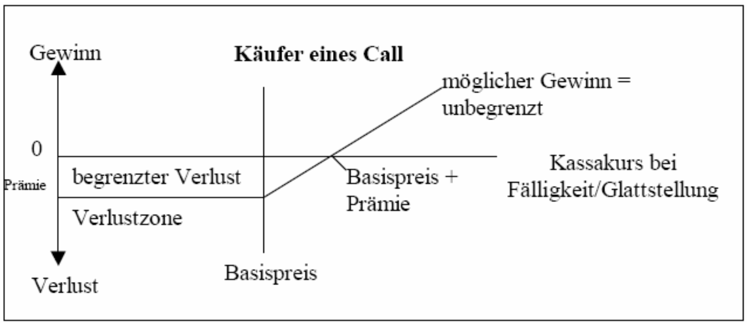
Die Abbildung beruht auf den Beispieldaten von Seite 290:

- Nominalwert: 100.000 €
- i_{01}=6%, i_{02}=7%
- Der Festzinszahler zahlt den Zweijahreszinssatz und empfängt den variablen, kurzfristigen Einjahreszinssatz.
- Wenn der tatsächliche Einjahreszinssatz in t=1 dem impliziten Zinssatz $i_1 2$ =8,08081% entspricht, ist der Wert des Swap Null.

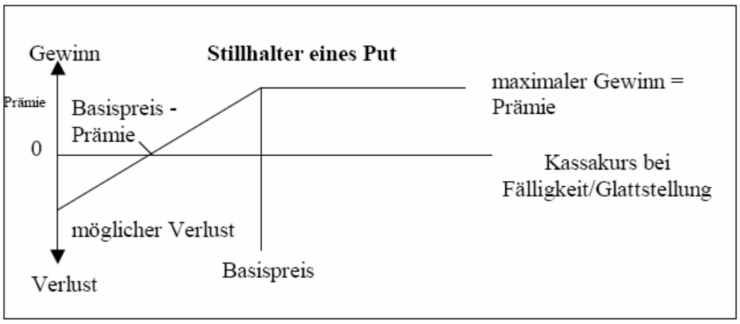
c) Käufer eines Future:



d) Käufer eines Call:

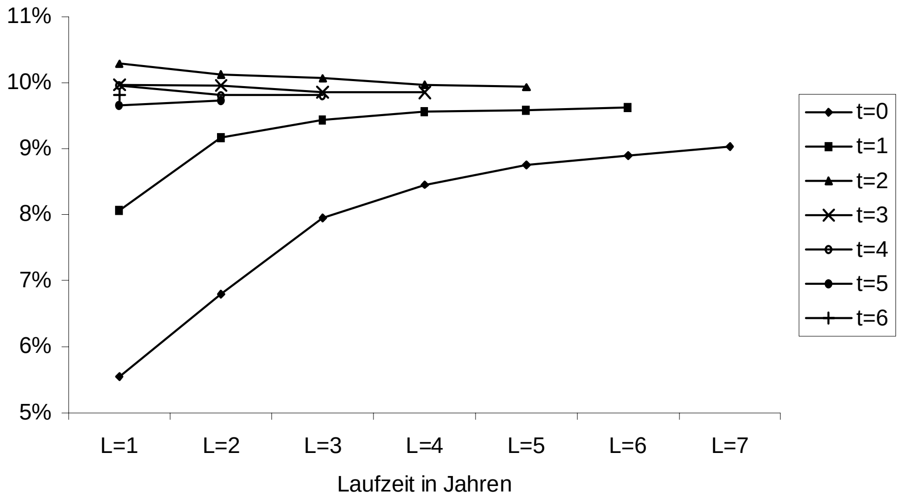


e) Stillhalter eines Put:



2. Aus dem Kapitel H3.1 (Zinsstrukturkurven als Grundlage der Zinsderivate) kennen Sie folgende Beispieldaten für eine Zinsstrukturkurve:
i_{01} = **5,55%**, i_{02} = **6,80%**, i_{03} = **7,95%**, i_{04} = **8,45%**,
i_{05} = **8,75%**, i_{06} = **8,90%**, i_{07} = **9,03%.**

In $t = 0$ liegt eine normale Zinsstruktur vor. Wie die Abbildung zeigt, gilt dies auch für die darin implizite Zinsstruktur in $t = 1$. Für $t = 2$ und $t = 3$ hingegen ergibt sich eine inverse Zinsstruktur, die in $t = 4$ U-förmig und in $t = 5$ wieder normal ist.



Aufgabe: Berechnen Sie die Zinssätze der Zinsstrukturkurven für $t = 1$ bis $t = 6$.

Lösung:

Die impliziten Terminzinssätze könne über folgende Gleichung hergeleitet werden:

$$i_{jk} = \sqrt[k-j]{\frac{(1 + i_{0k})^k}{(1 + i_{0j})^j}} - 1 \text{ , für } 1 \leq j < k.$$

Die impliziten Terminzinssätze i_{jk} können der folgenden Dreiecksmatrix entnommen werden:

j \ k	1	2	3	4	5	6	7
0	5,55%	6,80%	7,95%	8,45%	8,75%	8,90%	9,03%
1	0	8,06%	9,17%	9,43%	9,57%	9,58%	9,62%
2	0	0	10,29%	10,13%	10,07%	9,97%	9,93%
3	0	0	0	9,96%	9,96%	9,86%	9,85%
4	0	0	0	0	9,96%	9,81%	9,81%
5	0	0	0	0	0	9,65%	9,73%
6	0	0	0	0	0	0	9,81%

3. Gehen Sie von den Zerobondrenditen $i_{01} = 6\%$ und $i_{02} = 7,03535\%$ aus.

a) Weisen Sie nach, dass eine zweijährige Anleihe mit einem Kupon von 7% und jährlich nachträglicher Zinszahlung bei dieser Zinsstruktur in t = 0 einen Kapitalwert von Null hat.

b) Zeigen Sie außerdem, dass der Barwert einer Terminanlage von t=1 bis t=2 zu $i_{12} = 8,08081\%$ Null ist.

c) Demonstrieren Sie schließlich, wie sich in $t = 1$ für den Verkäufer eines FRA bei einem tatsächlichen Zinssatz von 7,5% aus der Ausgleichszahlung und einer geeignet gewählten Kassaanlage faktisch eine einjährige Anlage von 100 T€ zu 8,08081% ergibt.

Lösung:

a) Die zweijährige Anleihe mit einem Kupon von 7% hat folgende Zahlungsreihe:

Cash Flows in	t = 0	t = 1	t = 2
Zweijährige Anlage	- 100.000,00	7.000,00	107.000,00

Der Kapitalwert der Anleihe ist:

$$C_0 = -100.000 + \frac{7.000}{1,06} + \frac{107.000}{1,0703535^2} = 0$$

b) Die Terminanlage mit der Verzinsung i_{12} hat folgende Zahlungsreihe:

Cash Flows in	t = 0	t = 1	t = 2
Terminanlage		- 100.000,00	108.080,81

Der Kapitalwert der Terminanlage ist:

$$C_0 = \frac{-100.000}{1,06} + \frac{108.080,81}{1,0703535^2} = 0$$

Der Kapitalwert der Terminanlage von t=1 auf t=2 muss Null sein, da der Anlagezinssatz dem impliziten Zinssatz i_{12} entspricht:

$$i_{12} = \frac{1,07035^2}{1,06} - 1 = 0,0808081$$

c) Das FRA wird in t=0 zum impliziten Zinssatz von i_{12}=8,08081% abgeschlossen. Ein FRA stellt eine *fiktive* Terminanlage dar, da der nominelle Kapitalbetrag nicht ausgetauscht wird. Die Zinsdifferenz in t=1 beträgt 8,08081% - 7,5% = 0,58081%. Daraus folgt eine Zinszahlungsdifferenz von 580,81 €. Da die Ausgleichszahlung vorschüssig erfolgt, ist sie zum in t=1 geltenden Zinssatz von 7,5% abzusinsen. Daraus folgt eine Ausgleichszahlung in Höhe von 540,29 €.

Statt einer fiktiven Geldanlage in in Höhe von 100.000 € in t=1 zu 8,08081% legt der Verkäufer des FRA in t=1 nun faktisch 100.540,29 € zum Zinssatz von 7,5% an. Er erhält somit in t=2 108.080,1 €. Bezogen auf seinen tatsächlichen Kapitaleinsatz von 100.000 € entspricht dies einer Rendite von 8,08081%.

4. **Verdeutlichen Sie an einem Zahlenbeispiel, wie mit einem Plain-Vanilla Zinsswap zwischen Partnern unterschiedlicher Bonität komparative Kostenvorteile bei der Refinanzierung ausgenutzt werden können.**

   Lösung:

   Zinsaufschläge:

	Fix	Variabel
A	1%-Punkt	1%-Punkt
B	2%-Punkte	1,5%-Punkte

   A finanziert sich fix mit 1%igem Aufschlag und B variabel mit 1,5%igem Aufschlag. In der Folge eines Plain-Vanilla-Zinsswaps zahlt A an B die variablen Zinsen mit 1%igem Aufschlag und B an A die fixen Zinsen mit 1,75%igem Aufschlag. Somit sind komparative Kostenvorteile in Höhe von 0,25%-Punkten entstanden.

5. **Zum Zeitpunkt $t = 0$ sei der Wechselkurs 1,10 €/US-\$. Die Zerobond-Zinssätze im Zweijahres- bzw. Einjahresbereich betragen 3% bzw. 2,5% für € und 2% bzw. 1,5% für US-\$. Damit ergibt sich als Terminkurs für $t = 2$**

   $$w_2^{€,\text{US-\$}} = 1,10 \text{ €/US-\$} \cdot \frac{1,03^2}{1,02^2} \approx 1,1217 \text{ €/US-\$}.$$

   Die Volkskasse Münster kauft 100.000 US-\$ auf Termin t=2 zum oben genannten Terminkurs.

   a) **Überlegen Sie sich eine beispielhafte Situation, die die Volkskasse Münster dazu veranlassen könnte ein solches Devisentermingeschäft abzuschliessen.**

   b) **Angenommen nach einem Jahr betragen die dann geltenden Einjahreszinssätze 3,5024% für € und 2,5025% für US-\$. Der Wechselkurs beträgt 1,1108 €/US-\$. Berechnen Sie den Wert des Devisenterminkontraktes der Volkskasse Münster in t=1.**

c) **Angenommen nach einem Jahr betragen die dann geltenden Einjahreszinssätze 3,2% für € und 2,2% für US-\$. Der Wechselkurs beträgt 1,12 €/US-\$. Berechnen Sie den Wert des Devisenterminkontraktes der Volkskasse Münster in t=1.**

Lösung:

a) Als eine Situation ist denkbar, dass die Volkskasse eine zweijährige Verbindlichkeit in US-\$ aufgenommen hat. Um sich vor Währungsrisiken abzusichern, deckt sich die Volkskasse Münster bereits heute mit den in t=2 fälligen 100.000 US-\$ ein.

b) Neuer Terminkurs für t=2:

$$w_2^{€,\text{US-\$}} = 1,1108 \text{ €/US-\$} \cdot \frac{1,035024}{1,025025} \approx 1,1217 \text{ €/US-\$}.$$

Es gilt weiterhin der Wert des Devisenterminkurs von 1,1217 €/US-\$. Der Wert des Devisenterminkontraktes ist demnach Null. Der Wert des Devisenterminkontraktes ist demnach Null.
Abgesehen von Rundungsdifferenzen muss der neue Terminkurs in diesem Fall dem alten Terminkurs entsprechen. 1,1108 €/US-\$ ist der sich aus der Ausgangssituation ergebende Devisenterminkurs für t=1. Die Zinssätze von 3,5024% für € und 2,5025% für US-\$ sind die impliziten Terminzinssätze i_{12}.

c) Neuer Terminkurs für t=2:

$$w_2^{€,\text{US-\$}} = 1,12 \text{ €/US-\$} \cdot \frac{1,032}{1,022} \approx 1,1310 \text{ €/US-\$}.$$

Aufgrund des Devisenterminkontraktes hat sich die Volkskasse Münster dazu verpflichtet zum Zeitpunkt t=2 100.000 US-\$ für 112.170 € zu kaufen. Auf Basis der neuen Informationen in t=1 müsste sie nun in t=2 113.100 €für die 100.000 US-\$ zahlen. Der Wert des Devisenterminkontraktes zum Zeitpunkt t=1 ist:

$$\text{Wert des Kontraktes} = \frac{113.100 \text{ €} - 112.170 \text{ €}}{1,032} = 901,16 \text{ €}$$

6. Die Volkskasse Münster hat am Kapitalmarkt eine dreijährige US-\$-Anleihe mit jährlich nachschüssiger Zinszahlung und einen Kuponzinssatz von 3% begeben.
Zum Zeitpunkt $t = 0$ sei der Wechselkurs 1,10 €/US-\$. In den beiden Währungsräumen gelten die folgenden Kuponzinssätze:

	t=1	t=2	t=3
Kuponzinssatz US-\$	2,0	2,5	3,0
Kuponzinssatz €	3,0	3,5	4,0

Das Währungsrisiko soll nun durch einen Währungsswap abgesichert werden. Die Savings Bank New York hat über die gleiche Laufzeit eine €-Anleihe über 110.000 € zu 4% begeben. Die beiden Banken vereinbaren einen Währungsswap, um Zinszahlungen und Rückzahlungen der beiden Anleihen in die eigene Währung zu tauschen.
Folgende Tabelle stellt die Zahlungsströme aus Sicht der Volkskasse Münster dar. Dabei wird unterstellt, dass die Volkskasse Münster die Einzahlung in t=0 in US-$ sofort in € wechselt.

	t=0	t=1	t=2	t=3
Zahlungsstrom aus US-$ Anleihe	100.000 US-$	-3.000 US-$	-3.000 US-$	-103.000 US-$
Einzahlungen aus Swap		3.000 US-$	3.000 US-$	103.000 US-$
Auszahlungen aus Swap		-4.400 €	-4.400 €	-114.400 €
Zahlungsstrom in €	110.000 €	-4.400 €	-4.400 €	-114.400 €

a) **Der Währungsswap kann zum Zeitpunkt t=0 als die Summe von drei Devisenterminkontrakten interpretiert werden. Bewerten sie diese Devisenterminkontrakte einzeln und in der Summe.**
Lösungshinweis: Zur Bewertung der Devisenterminkontrakte müssen die arbitragefreien Devisenterminkurse der Zeitpunkte t=1, t=2 sowie t=3 bestimmt werden. Dazu müssen Sie aus den Kuponzinssätzen zunächst für jede Währung die Zerobonrenditen für die einzelnen Laufzeiten berechnen.

b) **Zum Zeitpunkt $t = 1$ sei der neue Wechselkurs 1,12 €/US-$. Den neue Terminkurs für $t = 2$ sei 1,14 €/US-$. Der neue Terminkurs für $t = 3$ 1,16 €/US-$. Die neuen Zerobondrenditen im Euroraum für ein und zwei Jahre sind 3,1% und 3,6%. Bestimmen Sie den Wert des Währungsswap aus Sicht der Volkskasse Münster. Gehen Sie davon aus, dass Sie den Swap unmittelbar vor dem Fluss der Zahlungsströme in $t = 1$ bewerten. Die Zahlungen in $t = 1$ sollen von daher in die Bewertung einfließen.**

Lösung:

a) Aus den Kuponzinssätzen können folgende Zerobonrenditen ermittelt werden:

Zerobondrendite US-$	0,02	0,02506281	0,03020355
Zerobondrendite €	0,03	0,03508794	0,04027208

Daraus ergeben sich folgende Devisenterminkurse:

$$w_1^{€,\text{US-\$}} = 1,10\ €/\text{US-\$} \cdot \frac{1,03}{1,02} \approx 1,1108\ €/\text{US-\$}.$$

$$w_2^{€,\text{US-\$}} = 1,10\ €/\text{US-\$} \cdot \frac{1,03508794^2}{1,02506281^2} \approx 1,1216\ €/\text{US-\$}.$$

$$w_3^{€,\text{US-\$}} = 1,10\ €/\text{US-\$} \cdot \frac{1,04027208^3}{1,03020355^3} \approx 1,1326\ €/\text{US-\$}.$$

Der Swap besteht aus drei Devisentermingeschäften. Mittels der arbitragefreien Devisenterminkurse kann der Gegenwert der US-$ Einzahlungen bestimmt werden. Die Gegenwerte der Einzahlungen weichen von den tatsächlichen Zahlungen ab. Die auf den Betrachtungszeitpunkt abgezinste Differenz entspricht dem Wert des jeweiligen Devisenterminkontraktes zum Zeitpunkt t=0. Die Summe dieser Einzelwerte entspricht dem Wert des Währungsswap. Der Währungsswap hat einen Wert von Null.

	t=1	t=2	t=3
Einzahlung aus Swap	3.000 US-$	3.000 US-$	103.000 US-$
Gegenwert der US-$ Einzahlung in €	3332,35 €	3364,86 €	116.654,53
Auszahlung aus Swap	4.400 €	4.400 €	114.400 €
Gegenwert der Einzahlung − Auszahlung aus dem Swap	−1067,64 €	−1035,14 €	2254,53 €
Wert des Terminkontraktes in t=0	−1036,55 €	−966,15 €	2002,70 €
Wert des Swap in t=0	0 €		

b) In t=1 ergibt sich der Wert des Swap als Summe aus zwei Devisentermingeschäften und der Differenz aus dem Gegenwert der US-$-Einzahlung in t=1 und der Auszahlung aus dem Swap:

	t=1	t=2	t=3
Einzahlung aus Swap	3.000 US-$	3.000 US-$	103.000 US-$
Gegenwert der US-$ Einzahlung in €	3360 €	3420 €	119.480
Auszahlung aus Swap	4.400 €	4.400 €	114.400 €
Gegenwert der Einzahlung − Auszahlung aus dem Swap	−1040 €	−980 €	5080 €
Wert des Terminkontraktes in t=1	−1040 €	−950,53 €	4733,08 €
Wert des Swap in t=1	2742,55 €		

7. Berechnen Sie den Wert π^{Call} des Call im Binomialmodell, falls die nachfolgenden Daten gegeben sind, und bilden Sie explizit das Duplikationsportefeuille:

$\pi_0^K = 105$	$\pi_{11}^K = 120$	$\pi_{12}^K = 110$
$\pi^B = 115$	$i_{01} = 10\%$	

Wie sind die relativen Wertveränderungen der Aktie und des Call, wenn der Aktienkurs π_0^K unmittelbar nach $t = 0$ auf 103 fällt?

Lösung:

π^{Call} im Binomialmodell:

$$\pi^{Call} = (105 - \frac{110}{1,1}) \cdot (\frac{120 - 115}{120 - 110}) = 2,5$$

Duplikationsportefeuille:

$$\text{Aktienkauf: } (\frac{120 - 115}{120 - 110}) = 0,5 = A$$

$$\text{Mittelaufnahme: } (\frac{110}{1,1}) \cdot (\frac{120 - 115}{120 - 110}) = 50 = I_0$$

$\rightarrow$ Kauf einer halben Aktie und Mittelaufnahme von 50.

0,5 $\cdot$ 105 - 50 $=$ 2,5 Wert des Calls bei Kauf

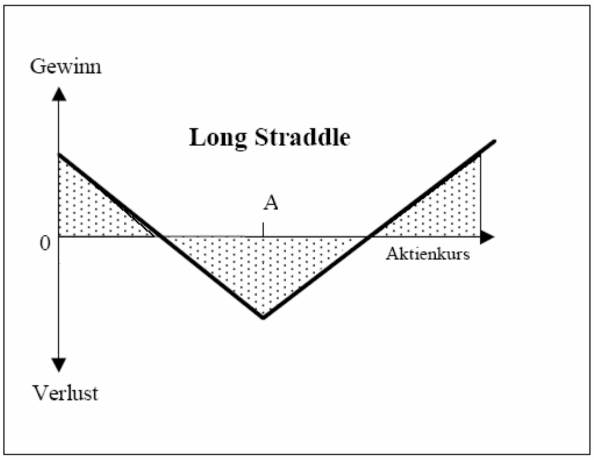
0,5 $\cdot$ 103 - 50 $=$ 1,5 Wert des Calls nach gesunkenem Kurs

Wertänderung: Aktie: -1,9% Call: - 40%

8. Zeigen Sie grafisch, wie ein Spekulant, der eine hohe Preisänderung eines Underlying erwartet, aber sich über deren Richtung unsicher ist, durch den Einsatz je eines Put und Call darauf „wetten“ kann.

Lösung:

Long Straddle: Durch den Kauf eines Calls und gleichzeitigen Kauf eines Puts mit demselben Basispreis lässt sich die Long Straddle Position konstruieren. Da beide Optionen den gleichen Basispreis besitzen, wird eine der Optionen am Ende der Laufzeit verfallen. In der Abbildung besitzen beide Optionen den Basispreis A.



9. Diskutieren Sie, wie die Sparkasse Münster und die Landesbank Baden-Württemberg durch gegenseitigen Abschluss mehrerer Kreditderivate ihre Risikosituation verbessern können und welche Probleme dabei auftreten können.

Lösung:

Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe sollten folgende Aspekte bedacht werden.

a) Feststellung der Ausgangssituation: Kreditrisikoposition der SM und LBW; jeweilige Zukunftserwartungen über einzelne Akteure (z.B. Schuldnerbonität) und gesamtwirtschaftliche Entwicklung (z.B. Zinserwartung); insbesondere auch Analyse von eventuellen Klumpenrisiken und Strukturrisiken aufgrund der regionalen Kreditnehmerstrukturen.

b) Ermittlung möglicher Motive der SM und LBW für den Abschluss von Kreditderivaten: Spekulation, Arbitrage, Hedging. Im Vordergrund dürfte hierbei das Hedging stehen. Insbesondere kann durch Kreditderivate die Kreditportfoliodiversifikation verbessert werden. So ist beispielsweise denkbar, dass die LBW aufgrund der regionalen Kreditnehmerstruktur ein hohes Engagement in der Automobilindustrie hat während im Münsterland keine Automobielindustrie ansässig ist. Durch den Verkauf von Kreditrisiken in dieser Branche können somit beide Banken ihre Kreditportfoliodiversifikation erhöhen.

c) Risikoprofilbestimmung der zur Verfügung stehenden Kreditderivate (hier kurze Darstellung der Grundtypen).

Produktart	Risikokäufer	Risikoverkäufer
Credit Default Swap	+ Ausfallrisiko des Underlying	− Ausfallrisiko des Underlying + Ausfallrisiko des Vertragspartners
Credit (Default) Linked Note	+ Ausfallrisiko des Underlying + Ausfallrisiko des Vertragspartners	− Ausfallrisiko des Underlying
Credit Spread Call	+ Risiko der Bonitätsverschlechterung des Underlying	− Risiko der Bonitätsverschlechterung des Underlying + Ausfallrisiko des Vertragspartners
Total Return Swap (mit festverzinslichem Basistitel)	+ Risiko der Bonitätsveränderung des Underlying + Zinsänderungsrisiko + Ausfallrisiko des Vertragspartners	− Risiko der Bonitätsveränderung des Underlying − Zinsänderungsrisiko + Ausfallrisiko des Vertragspartners

Quelle: Burghof, H.-P./ Henke, S./ Rudolph, B. (1998): Kreditderivate als Instrumente eines aktiven Kreditrisikomanagements, in: Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft, Vol. 10, S. 277-286.

Weiterhin ist zu beachten, dass Informationsasymmetrien vorliegen können. Die verkaufende Bank ist i.d.R. besser über die Kreditrisiken informiert als die kaufende Bank.

d) Weitere beim Abschluss von Kreditderivaten zu beachtende Aspekte:
- Liquiditätsrisiken
- Operationelle Risiken
- Rechtliche Risiken
- (aufsichtsrechtliche Risiken)

10. Untersuchen Sie, ob und ggf. unter welchen Bedingungen börsengehandelte Kreditderivate vorstellbar sind.

Lösung:

Die Börsenfähigkeit von Derivaten führt meist zu einer Liquiditätserhöhung und einer faireren (Markt-) Bewertung. Jedoch sind Voraussetzungen mit der Börsenfähigkeit verbunden, die zu mehr oder weniger schwerwiegenden Problemen im Falle von Kreditderivaten führen.

Z.B. müssen börsengehandelte Kontrakte bzgl. ihrer Ausgestaltungsmerkmale (z.B. Underlying, Laufzeit, etc.) standardisiert sein. Eine Standardisierung der Ausgestaltungsmerkmale von Kreditderivaten wäre sicherlich denkbar, jedoch würde damit auf die Möglichkeit verzichtet, sich maßgeschneidert gegen eingegange Risiken abzusichern bzw. neu einzugehen. (Dieses Problem tritt allgemein bei standardisierten Produkten im Vergleich zum OTC-Markt auf.)

Es existiert ein weiteres Problem für den freien Handel von bestimmten Typen von Kreditderivaten, wie z.B. Credit Default Swaps (CDS), da der Wert eines CDS entscheidend davon abhängt, ob der Käufer im definierten Default Event die vereinbarte Zahlung erbringen kann oder nicht. Ist z.B. der Default des CDS-Käufers mit dem Default Ereignis des CDS (hoch) korreliert, so wird dieser für fast jede beliebige (niedrige) Prämie zur Risikoübernahme bereit sein, da er ohnehin im Defaultfall nicht zahlen kann. Welchen Nutzen und daher auch Preis besitzt z.B. ein CDS zur Absicherung eines Kredites an eine Traktorfabrik, wenn er mit dem einzigen Zulieferer eines für die Produktion dieser unentbehrlichen Spezialteils abgeschlossen wird? Dies kann im Extremfall zu Marktversagen führen, da die Partei an der das Credit Event festgemacht wird, das Risiko für jeden beliebigen Preis (sinnlos) absichern wird. Zu beachten ist weiterhin, dass sich auch das Bankverhalten nach Risikoverkauf verändern kann (Moral Hazard Problematik). Aus welchem Grund sollte eine Bank weiterhin das Verhalten des Kreditnehmers überwachen, dessen Risiko sie gerade veräußert hat?

Um diese beiden Probleme resultierend aus den Abhängigkeiten des Kreditderivatwertes von u.a. der Bank (meist Kreditderivatoriginator) und des Risikokäufers zu verringern, bieten sich entweder die Bündelung einer großen Anzahl von Krediten zu Baskets nach bestimmten Kriterien (z.B. Branchenzugehörigkeit) oder die Indexkopplung (z.B. an einen Defaultindex) an. Dieses würde die Probleme zwar nicht komplett lösen, jedoch deutlich vermindern.

Ein Börsenhandel von Kreditderivaten ist daher denkbar für einige Produkte, bei denen die Wertabhängigkeit von einzelnen Agenten nicht so gravierend zum Tragen kommt wie beim CDS, und eine Standardisierung der unter 1 beschriebenen Kriterien stattfindet.

11. Wir betrachten eine Kaufoption auf eine Aktie mit einer Laufzeit von einem Jahr und einem Ausübungspreis von 100 €. Der gegenwärtige Kurs der Aktie sei 110 €, d.h. die Kaufoption ist gegenwärtig „in the money“. Weiterhin unterstellen wir eine Volatilität von $\sigma = 25\%$ und einen Zinssatz für risikolose Anlagen in Höhe von 5%.

a) Bestimmen Sie den Wert der Option mittels der Black-Scholes Optionspreisformel.

b) Bestimmen und interpretieren Sie die „Griechen“: Theta, Rho, Delta, Vega und Gamma.

Lösung:

a) Bestimmung von d_1:

$$d_1 = \frac{ln(\frac{110}{100}) + (0,05 + \frac{0,25^2}{2}) \cdot 1}{0,25\sqrt{1}} = 0,706241$$

$$d_2 = \frac{ln(\frac{110}{100}) + (0,05 - \frac{0,25^2}{2}) \cdot 1}{0,25\sqrt{1}} = 0,456241$$

$N(d_1)$ und $N(d_2)$ könne aus der Vertafelung der Standardnormalverteilung abgelesen werden.

$$\pi^{Call} = 110 \cdot 0,759981 - 100 \cdot e^{-0,05} \cdot 0,675892 = 19,31$$

b) Griechen:

$$\Delta\pi^{Opt} = \underbrace{\frac{\delta\pi^{Opt}}{\delta T}}_{\text{Theta}} \cdot \Delta T + \underbrace{\frac{\delta\pi^{Opt}}{\delta i}}_{\text{Rho}} \cdot \Delta i + \underbrace{\frac{\delta\pi^{Opt}}{\delta\pi_0^K}}_{\text{Delta}} \cdot \Delta\pi_0^K + \underbrace{\frac{\delta\pi^{Opt}}{\delta\sigma}}_{\text{Vega}} \cdot \delta\sigma + \underbrace{\frac{\delta^2\pi^{Opt}}{\delta(\pi_0^K)^2}}_{\text{Gamma}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\Delta\pi_0^K)^2 + \ \dots\ .$$

- $Theta = -7,489$
  Interpretation: $Theta$ bezeichnet die Sensitivität des Optionswertes auf Änderungen der Zeit bis zur Fälligkeit. Wenn sich T ändert, ändert sich π^{Call} um $Theta \cdot \Delta T$. Mit abnehmender Zeit nimmt der Optionswert ceteris paribus ab.
- $Rho = 64,293$
  Interpretation: Rho bezeichnet die Sensitivität des Optionswertes auf Änderungen des risikolosen Zinssatzes. Wenn sich i ändert, ändert sich π^{Call} um $Rho \cdot \Delta i$. Mit steigendem i steigt der Wert des Call ceteris paribus.
- $Delta = 0,760$
  Interpretation: $Delta$ bezeichnet die Sensitivität des Optionswertes auf Änderungen des Aktienpreises. Wenn sich π^K ändert, ändert sich π^{Call} um $Delta \cdot \Delta\pi^K$. Mit steigendem π^K steigt der Wert des Call ceteris paribus.
- $Vega = 34,198$
  Interpretation: $Vega$ bezeichnet die Sensitivität des Optionswertes auf Änderungen der Volatilität. Wenn sich σ ändert, ändert sich π^{Call} um $Vega \cdot \Delta\sigma$. Mit steigender Volatilität steigt der Wert des Call ceteris paribus.

- $Gamma = 0,011305$
  Interpretation: *Gamma* bezeichnet die Sensitivität von *Delta* auf Änderungen des Aktienpreises. Wenn sich π^K ändert, ändert sich *Delta* um $Gamma \cdot \Delta\pi^K$. Mit steigendem π^K steigt der Wert von *Delta* ceteris paribus.