

Die Ermittlung des Conversion Factors im Futures-Handel

Christoph Wöster

Universität Bielefeld

September 2005

UNIVERSITÄT BIELEFELD
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Postfach 10 01 31
D-33501 Bielefeld

Diskussionspapier Nr. 543

Die Ermittlung des Conversion Factors im Futures-Handel

Christoph Wöster

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Universität Bielefeld

Postfach 10 01 31

D-33501 Bielefeld

Tel: +49 521 106-5099

Fax: +49 521 106-8076

E-Mail: cwoester@uni-bielefeld.de

September 2005

Diskussionspapier Nr. 543

Zusammenfassung

Börsengehandelte Termingeschäfte sind durch eine starke Standardisierung der Verträge geprägt, die sich auch auf das zu liefernde Basisinstrument erstreckt. Mit Auflegung eines Terminkontrakts werden die Wertpapiere benannt, die der Erfüllung des Geschäfts dienen können. Weicht deren Ausstattung von den in den Futures festgelegten Spezifikationen ab, so wird ein Wertausgleich über den so genannten Conversion Factor erzielt. Der Beitrag geht der Frage nach, wie dieser Ausgleich aus theoretischer Sicht durchgeführt werden sollte. Anschließend werden schrittweise Restriktionen eingeführt, die letztlich auf die an der deutschen Terminbörse Eurex verwendeten Formeln führen. Diese Vorgehensweise ermöglicht auf jeder Stufe die Qualität der Annahmen zu beurteilen. Verzerrungen, die dadurch entstehen, dass die Annahmen verletzt sind, lassen sich im Rahmen einer *duration*-basierten Analyse ermitteln. Die ökonomischen Konsequenzen werden auf der Grundlage der Arbitragetheorie erläutert.

Schlagwörter: Futures, Conversion Factor, Cheapest-To-Deliver, Duration, Arbitrage

JEL Klassifikation: G13

1 Einführung

Zu den klassischen Segmenten einer Terminbörse gehört der Handel mit Future-Kontrakten. Futures sind unbedingte Termingeschäfte mit täglichem Verlustausgleich. Damit das Spektrum an gehandelten Kontrakten überschaubar bleibt und zumindest in einigen der Kontrakte ein gewisses Handelsvolumen erreicht wird, sind die von der Börse angebotenen Produkte standardisiert worden. Diese Standardisierung erstreckt sich auf die Liefertermine und Volumina der Terminkontrakte, aber auch auf die Spezifikationen des zu liefernden Basisinstruments.

Die Eurex, eine gemeinsam von der Deutschen Börse AG und der SWX Swiss Exchange organisierte Terminbörse, bietet Futures auf Zinsinstrumente, Indizes und Exchange Traded Funds an. Im Bereich der Zinsinstrumente nimmt der Future auf in Euro denominierte Bundesanleihen mit einer Restlaufzeit von 8,5 bis 10,5 Jahren (kurz Euro Bund Future genannt) eine herausragende Stellung ein. In den Spezifikationen des Kontrakts ist festgehalten, dass das Basisinstrument eine Schuldverschreibung der Bundesrepublik Deutschland mit einem Nominalzins von 6% ist. Es stehen jedoch nicht immer liquide Anleihen zur Verfügung, die die im Vertrag festgehaltenen Spezifikationen erfüllen. Die Börse legt deshalb mit Auflage eines neuen Kontrakts fest, welche Schuldverschreibungen zur Erfüllung des Geschäfts eingesetzt werden können (so genannte *lieferbare Anleihen*).

Da die Vertragsbestandteile der lieferbaren Anleihen also typischerweise nicht mit denen des im Future-Kontrakt genannten Underlyings übereinstimmen, findet ein Ausgleich zwischen Käufer und Verkäufer statt. Dieser Ausgleich drückt sich darin aus, dass nicht der vereinbarte Future-Preis F zu zahlen ist, sondern der transformierte Preis $T(F)$. Die Differenz $F - T(F)$ lässt sich somit unmittelbar als Ausgleich interpretieren. In den Statuten der Eurex ist diese Transformation eine multiplikative Verknüpfung mit einem konstanten Faktor cf , der früher meist *Preisfaktor*, heute eher *Conversion Factor* genannt wird.

Die Analyse vollzieht sich in vier Stufen. Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Idee des Conversion Factors herausgearbeitet und ein theoretischer Ansatz zur Ermittlung des Wertausgleichs entwickelt. Es wird gezeigt, dass dieser Ansatz mit der in den Statuten der Eurex festgelegten Vorgehensweise vereinbar ist.

In Abschnitt 3 wird versucht, die Zahl der in die Berechnung eingehenden Parameter zu reduzieren und somit die Ermittlung des Conversion Factors zu erleichtern. Die Vereinfachung erfolgt schrittweise und behutsam, so dass stets ersichtlich wird, welche Restriktionen in die Ergebnisse eingeflossen sind. Letztlich erhält man die an der Eurex verwendeten Formeln; dabei sollte deutlich werden, welche teilweise restriktiven Annahmen benötigt werden, um die Ergebnisse rechtfertigen zu können. Die Vorgehensweise in Stufen liefert Zwischenresultate, die unter schwächeren Bedingungen

gültig sind, und eröffnet so den Blick auf Alternativen.

Der Abschnitt 4 geht der Frage nach, welche Auswirkungen sich ergeben, falls die Annahmen, die der an der Eurex verwendeten Umrechnungsformel zugrunde liegen, nicht erfüllt sein sollten. Die Analyse lässt sich hervorragend anhand der Differenz zwischen theoretischem und tatsächlich verwendetem Conversion Factor durchführen. Als besonders hilfreich erweist sich die Beziehung zum Begriff der *duration*, die in diesem Beitrag entwickelt wird.

Auf der letzten Stufe werden die ökonomischen Konsequenzen einer auf falschen Annahmen beruhenden Umrechnungsformel beleuchtet. Dabei zeigt sich, dass Fehlspezifikationen nicht zwangsläufig zu Arbitragegewinnen führen müssen.

2 Die Ermittlung des Conversion Factors aus theoretischer Sicht

Die theoretischen Ansätze bauen auf dem ökonomischen Wert des nach dem Future-Kontrakt zu liefernden Underlyings und der tatsächlich gelieferten Anleihe auf. Es wird angenommen, dass Bedingungen herrschen, unter denen sich der Wert einer beliebigen Anleihe sinnvoll als Summe der mit geeigneten Faktoren abdiskontierten zukünftigen Zahlungen darstellen lässt. Das ist insbesondere dann gegeben, wenn bereits ein arbitragefreies System marktgehandelter Wertpapiere existiert, mit denen die Zahlungen der betreffenden Anleihen repliziert werden können. Der Wert einer Anleihe, die zu den nach einem bestimmten Zeitpunkt t_0 liegenden Zeitpunkten

$$\mathcal{T}_{t_0} = \{T_1, \dots, T_N\}$$

mit $T_{i+1} - T_i = \Delta > 0$, $i = 1, \dots, N-1$, nominale Zinsen von $c > 0$ und im Zeitpunkt T_N zusätzlich den Nominalbetrag von 1 zahlt, lässt sich dementsprechend im Zeitpunkt $t_0 < T_1$ durch

$$B_c(t_0, \mathcal{T}_{t_0}) = \sum_{i=1}^N c \cdot q_i + 1 \cdot q_N$$

ermitteln.¹ Die Faktoren $q_i, i = 1, \dots, N$, sind die bereits erwähnten Diskontierungsfaktoren; sie lassen sich unter den genannten Marktbedingungen als im Zeitpunkt t_0 herrschende Preise einer im korrespondierenden Zeitpunkt T_i gezahlten Geldeinheit interpretieren. Nimmt man an, in den Spezifikationen des Future-Kontrakts sei keine Spanne für die Restlaufzeit des Basisinstruments angegeben, sondern ein Zeitpunkt T_M , dann würde sich für eine entsprechende Anleihe mit einem Kupon von

¹ Alle Zeitpunkte werden relativ zum Zeitpunkt t_0 angegeben und in der Einheit *Jahr* gemessen.

0,06, den rechnerischen Zahlungszeitpunkten

$$\hat{\mathcal{T}}_{t_0} = \{\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_M\}$$

mit $\hat{T}_{i+1} - \hat{T}_i = \Delta$, $i = 1, \dots, M-1$, sowie resultierenden Diskontierungsfaktoren $\hat{q}_i$, $i = 1, \dots, M$, ein Wert von

$$B_{0,06}(t_0, \hat{\mathcal{T}}_{t_0}) = \sum_{i=1}^M 0,06 \cdot \hat{q}_i + 1 \cdot \hat{q}_M$$

ergeben. Mit Blick auf die Basisinstrumente der in diesem Beitrag betrachteten Future-Kontrakte wird von nun an unterstellt, dass Δ stets 1 ist.

Die obigen Kapitalwerte erfassen allerdings noch nicht sämtliche Zahlungen realer Finanzmärkte. Auf diesen herrscht nämlich die Konvention, bei zwischen den Kuponterminen stattfindenden Transaktionen die folgende Kuponzahlung zeitproportional aufzuteilen (Stückzinsverrechnung) und unmittelbar in Rechnung zu stellen. Berücksichtigt man diese Zahlung, so lässt sich der Wert einer Anleihe durch

$$\begin{aligned} P_c(t_0, \mathcal{T}_{t_0}) &= \sum_{i=1}^N c \cdot q_i + 1 \cdot q_N - c \cdot (t_0 - T_0) \\ &= \sum_{i=2}^N c \cdot q_i + 1 \cdot q_N + c \cdot (q_1 - (t_0 - T_0)) \end{aligned}$$

neu formulieren, wobei T_0 der letzte Kupontermin vor t_0 oder der Beginn des Zinslaufs ist. Diese Korrektur gilt analog für das fiktive Basisinstrument des Futures. Nach der Grundidee der Terminbörsen wird nun ein Faktor cf^* gesucht, der am Liefertag T_D die Gleichheit von transformiertem Wert des Underlyings und Wert der lieferbaren Anleihe herstellt, für den also die Beziehung

$$P_c(T_D, \mathcal{T}_{T_D}) = cf^* \cdot P_{0,06}(T_D, \hat{\mathcal{T}}_{T_D}) \quad (1)$$

gilt.

Auf einem arbitragefreien Markt muss der Preis einer Anleihe bei „clean“-Notierung² mit ihrem Wert P_c nach obiger Definition übereinstimmen. Der zuvor ermittelte Wert B_c erfasst die Zahlungsströme, die nach der Zahlung des notierten Kaufpreises und der Stückzinsen anfallen. Er stimmt somit mit dem Wert überein, der dem Käufer in Rechnung bzw. dem Verkäufer gutgeschrieben wird, und

² Man sagt, eine Anleihe notiere „clean“, wenn bei der Berechnung des zu zahlenden Betrags beim Eigentumsübergang eine Stückzinsverrechnung vorgenommen wird, die Preisangabe im Handel jedoch stets ohne die Berücksichtigung von Stückzinsen erfolgt.

wird häufig als *ausmachender Betrag* bezeichnet.

Formuliert man Gleichung (1) ein wenig um, so lässt sich unmittelbar erkennen, dass die Grundidee der von den Terminbörsen vorgenommenen Anpassung enthalten ist. Es gilt nämlich

$$\underbrace{\sum_{i=1}^N c \cdot q_i + 1 \cdot q_N}_{\text{ausmachender Betrag}} = \underbrace{cf^* \cdot P_{0,06}(T_D, \hat{\mathcal{T}}_{T_D})}_{\text{konvertierter Future-Preis}} + \underbrace{c \cdot (T_D - T_0)}_{\text{Stückzinsen}}, \quad (2)$$

wobei bereits eingeflossen ist, dass der Preis des Futures am Liefertag mit dem des Underlyings übereinstimmen muss. Tatsächlich hat der Käufer nach den Regularien der Eurex den aus dem rechten Term resultierenden Betrag, den so genannten Andienungspreis, an den Verkäufer zu zahlen.³ Gleichung (2) besagt also, dass der Andienungspreis mit dem ausmachenden Betrag des Underlyings und somit mit dem Betrag, den der Käufer tatsächlich für den Erwerb des zu liefernden Wertpapiers aufzuwenden hat, übereinstimmt, sofern der durch (1) implizit bestimmte Conversion Factor verwendet wird.

Nach den bisherigen Ausführungen scheint es aus theoretischer Sicht angemessen zu sein, den Conversion Factor durch

$$cf^* = \frac{\sum_{i=1}^N c \cdot q_i + 1 \cdot q_N - c \cdot (T_D - T_0)}{\sum_{i=1}^M 0,06 \cdot \hat{q}_i + 1 \cdot \hat{q}_M - 0,06 \cdot (T_D - \hat{T}_0)} \quad (3)$$

zu berechnen. In diese Formel gehen allerdings bis zu $N + M$ verschiedene Diskontierungsfaktoren ein. In der Praxis muss dazu meist erst die Zinsstrukturkurve aus den Preisen von Kuponanleihen geschätzt werden. Unterschiedliche Schätzverfahren führen zu voneinander abweichenden Ergebnissen. Da sich die Zinsstrukturkurve zudem im Zeitablauf ändert, kann der für die Berechnung des Andienungspreises benötigte Conversion Factor im Allgemeinen erst am Liefertag exakt bestimmt werden. Um den Aufwand zu reduzieren und frühzeitig einen verlässlichen Umrechnungsfaktor angeben zu können, werden daher vereinfachende Annahmen formuliert, die im nächsten Abschnitt schrittweise eingeführt und erläutert werden.

³ So heißt es in Abschnitt 1.3.4 des zweiten Kapitels der Clearing-Bedingungen der Eurex Clearing AG zum Andienungspreis von Fixed Income Futures-Kontrakten wörtlich: „Der Andienungspreis berechnet sich aus dem Nominalwert des Kontrakts, multipliziert mit dem Schlussabrechnungspreis des jeweiligen Kontrakts, multipliziert mit dem Konvertierungsfaktor der angedienten Schuldverschreibung, zuzüglich der seit dem letzten Zinstermin aufgelaufenen Stückzinsen.“ (Eurex Clearing AG [3], S. 46)

3 Institutionelle Ansätze zur Ermittlung des Conversion Factors

In der Praxis ist es häufig unvermeidlich, Sachverhalte zu vereinfachen. In Bezug auf die Berechnung des Conversion Factors versucht man eine Vereinfachung durch die Reduzierung der in die Formel eingehenden Parameter zu erreichen. Um die Komplexität deutlich mindern zu können, wird daher meist die Annahme getroffen, die Zinsstrukturkurve der effektiven Kassazinssätze sei flach und könne durch ein einheitliches Zinsniveau r beschrieben werden. Sind derartige Marktbedingungen gegeben, dann gilt für die Diskontierungsfaktoren

$$q_i = q^{T_i - T_D} = \left(\frac{1}{1+r} \right)^{T_i - T_D}.$$

Die Laufzeiten lassen sich zudem in einen ganzzahligen Teil $[T_i - T_D]$ und einen Restterm $(T_i - T_D) - [T_i - T_D]$ aufspalten. Nimmt man an, dass $(T_1 - T_D) \leq 1$ gelte und die Restkomponente für alle Laufzeiten gleich sei, so lässt sich dieser verbleibende Teil durch eine Konstante

$$d = (T_i - T_D) - [T_i - T_D], i = 1, \dots, N$$

mit $0 \leq d < 1$ ausdrücken. Formuliert man nun noch die in der Formel auftretende geometrische Reihe in ihrer geschlossen Form, so erhält man für die abdiskontierten Zahlungen

$$\sum_{i=1}^N c \cdot q^{T_i - T_D} + q^{T_N - T_D} = \begin{cases} \frac{c}{r} (1 - q^N) + q^N, & \text{falls } d = 0; \\ q^d \left(\frac{c}{r} (q^{-1} - q^{N-1}) + q^{N-1} \right), & \text{falls } d > 0. \end{cases}$$

Man beachte, dass im Fall $d > 0$ die ganze Zahl $(N - 1)$ den vollen Jahren bis zur Fälligkeit entspricht, während im Fall $d = 0$ die Anzahl der ganzen Jahre unmittelbar durch N abgebildet wird. Im Folgenden wird daher $(N - 1)$ in dem unteren Ausdruck durch N_d ersetzt, um die Interpretation als *ganze Jahre bis zur Fälligkeit* zu unterstreichen.

Stimmt der Kupon mit dem Marktzinssatz überein, d.h. gilt $r = c$, so erhält man im Fall $d = 0$ das bekannte Ergebnis, dass die Anleihe zu pari notieren muss. Ist hingegen $d > 0$, so errechnet sich ein Preis von

$$q^{d-1} - c(T_D - T_0) = (1+c)^{1-d} - c(1-d),$$

der für kein d mit $0 < d < 1$ den Wert 1 annimmt.⁴ Möchte man eine Vereinfachung des Ausdrucks

⁴ Diese Schlussfolgerung lässt sich leicht nachvollziehen, wenn man bedenkt, dass die Funktion $f(c) = (1+c)^{1-d}$ streng konvex, die Funktion $g(c) = c(1-d)$ linear ist und zudem $f(0) = g(0)$ sowie $f(1) = g(1)$ gilt. Zu dem ökonomischen

(3) herbeiführen, so scheint es sinnvoll zu sein, für das fiktive Underlying nur volle Jahre $M \in \mathbb{N}$ als Restlaufzeiten zuzulassen. Der unterjährige Zeitabschnitt der fiktiven Anleihe $\hat{d}$ ist dann gerade 0.

Der Einfluss der Differenz in den Restlaufzeiten von synthetischer und lieferbarer Anleihe wird deutlich, wenn man zunächst noch einmal ein beliebiges Zinsniveau zulässt und die vollen Jahre bis zur Fälligkeit der lieferbaren Anleihe durch $N = M + T$ bzw. $N^d = M + T$ ausdrückt, wobei $T \in \mathbb{Z}$ gerade die Abweichung in ganzen Jahren aufnimmt. Aus (3) folgt dann

$$cf^*(r) = \begin{cases} q^T \left(1 + \frac{\frac{c-0,06}{r}(1-q^M) + \frac{c}{r}(q^{-T}-1)}{\frac{0,06}{r}(1-q^M) + q^M} \right), & \text{falls } d = 0; \\ q^{T+d} \left(1 + \frac{\frac{c-0,06}{r}(1-q^M) + \frac{c}{r}(q^{-(T+1)}-1)}{\frac{0,06}{r}(1-q^M) + q^M} \right), & \text{falls } d > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Für den Fall $d = 0$ soll die Formel kurz interpretiert werden. Stimmen sowohl die Restlaufzeiten als auch die Kuponhöhe von fiktiver und lieferbarer Anleihe überein, so ist $cf^*(r) = 1$ und die Transformation bestätigt die Identität von Kosten und Erlösen. Weicht lediglich die Kuponausstattung voneinander ab, so erfolgt eine Korrektur des Faktors um

$$\frac{\frac{c-0,06}{r}(1-q^M)}{\frac{0,06}{r}(1-q^M) + q^M},$$

d.h. um den auf den Wert der fiktiven Anleihe bezogenen Gegenwartswert der Zahlungssalden. Unterscheiden sich die Anleihen hingegen in der Restlaufzeit, nicht jedoch in der Höhe der Kupons, so werden im Fall $T > 0$ die zusätzlichen Zahlungen vor die letzten M Zahlungen gesetzt und im Fall $T < 0$ die ersten T Zahlungen der M -elementigen Reihe entfernt. Der Term

$$\frac{\frac{0,06}{r}(q^{-T}-1)}{\frac{0,06}{r}(1-q^M) + q^M}$$

errechnet den Gegenwartswert der hinzugekommenen bzw. weggefallenen Zahlungen und bezieht diesen auf den Wert der fiktiven Anleihe. Die fehlerhafte Bewertung, die dadurch entstehen würde, dass die resultierenden Zahlungen bei dem obigen Verfahren nicht den Zeitpunkten zugeordnet sind, in denen sie anfallen, wird durch den Faktor q^T korrigiert.

Um den Nenner in (3) bzw. (4) vernachlässigen zu können, geht die Deutsche Börse nicht nur davon aus, dass die Zinsstrukturkurve flach ist, sondern legt darüber hinaus das Marktzinsniveau so fest, dass es mit dem Kupon des Underlyings in Höhe von 6% übereinstimmt.⁵ Unter diesen Bedingungen

Ergebnis kommt auch Diwald [2], ohne jedoch auf den funktionalen Zusammenhang einzugehen.

⁵ Vgl. Diwald [2], S. 130, für Kontrakte an der Eurex oder Hull [7], S. 108, und Kolb [8], S. 137, für Kontrakte auf amerikanischen Terminmärkten.

reduziert sich die Formel für den Conversion Factor auf⁶

$$cf^{CONF} = \begin{cases} \frac{c}{0,06} \left(1 - \left(\frac{1}{1,06} \right)^N \right) + \left(\frac{1}{1,06} \right)^N, & \text{falls } d = 0; \\ \left(\frac{1}{1,06} \right)^d \left(\frac{c}{0,06} \left(1,06 - \left(\frac{1}{1,06} \right)^{N_d} \right) + \left(\frac{1}{1,06} \right)^{N_d} \right) - c \cdot (T_D - T_0), & \text{falls } d > 0. \end{cases} \quad (5)$$

Die bisherigen Ausführungen sollten jedoch deutlich gemacht haben, dass diese Vereinfachung nur dann exakt erfüllt ist, wenn das synthetische Underlying eine Restlaufzeit von genau $M \in \mathbb{N}$ Jahren hat. In den Regularien der Eurex heißt es, der Kontraktgegenstand des Euro-Bund-Futures sei eine fiktive Schuldverschreibung der Bundesrepublik Deutschland mit 8,5- bis 10,5-jähriger Laufzeit und einem Kupon von sechs Prozent. In Bezug auf den Umrechnungsfaktor ist diese Einschränkung der Restlaufzeit einerseits aus theoretischer Sicht nicht restriktiv genug (ganzzahlige Restlaufzeiten), andererseits aber auch zu eng, da unter den getroffenen Annahmen (Zinsniveau am Markt entspricht dem Kupon des Underlyings) eine synthetische Anleihe mit jeder beliebigen ganzzahligen Restlaufzeit zu pari notieren und folglich zu obiger Formel führen würde. Die Einschränkung auf Laufzeit von 8,5 bis 10,5 bezieht sich daher wohl nicht auf das fiktive Underlying, sondern auf das Universum der ersatzweise zu liefernden Anleihen.

Steht T_0 in Gleichung (5) für den Beginn des Zinslaufs, so wird implizit unterstellt, dass dieser exakt eine reguläre Periode (bei Schuldverschreibungen der Bundesrepublik Deutschland also 1 Jahr) vor dem ersten Kupontermin liegt. Um die Auswirkungen irregulärer Zinsläufe⁷ zu erfassen, wurde die Formel für lieferbare Anleihen aus Future-Kontrakten auf Schuldverschreibungen der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1999 modifiziert. Mit T_0 wird von nun an nur noch der Zeitpunkt bezeichnet, der genau ein Jahr vor dem ersten Kupontermin liegt. T_S steht für den Beginn des Zinslaufs, falls T_0 selbst kein Kupontermin ist, ansonsten setzt man $T_S = T_0$. Geht man plausiblerweise davon aus, dass der Liefertag nicht vor dem Beginn des Zinslaufs liegt, also $T_D \geq T_S$ gilt, dann lassen sich

⁶ Die Formel stimmt mit der Berechnungsgrundlage des Conversion Factors an der Eurex für lieferbare Anleihen aus den Future-Kontrakten auf Anleihen der Schweizerischen Eidgenossenschaft mit einer Restlaufzeit zwischen 8 und 13 Jahren überein, sofern man bei der Berechnung unterjähriger Zeiträume nur volle Monate berücksichtigt. Man beachte zudem, dass die Terminbörse Kupon und Marktzinsniveau als Prozentsatz angibt, so dass die verbleibenden Abweichungen aus dieser Konvention resultieren. Vorsicht ist allerdings bei Verwendung der entsprechenden Formel in Eurex Frankfurt AG und Eurex Zürich AG [6], S. 100, geboten; hier scheint sich ein Vorzeichenfehler eingeschlichen zu haben.

Derselbe Ansatz wurde bis 1999 für die Ermittlung der Conversion Factors auf lieferbare Anleihen aus den Future-Kontrakten auf Anleihen der Bundesrepublik Deutschland angewendet. Anfang 1999 wurde beschlossen (siehe Eurex Deutschland [4]), die Genauigkeit der Berechnung unterjähriger Zeiträume für die Kontrakte auf Kalendertage zu erhöhen, die Struktur der Formel jedoch unverändert zu lassen. Diese Formel wurde im gleichen Jahr modifiziert, um unregelmäßige erste Zinsläufe zu erfassen. Die mit dem Rundschreiben 42/99 (Eurex Deutschland [5]) veröffentlichte modifizierte Formel hat bis heute Gültigkeit.

⁷ Man spricht von einem irregulären Zinsverlauf, wenn die Abstände zwischen dem Beginn des Zinslaufs und dem ersten Zinstermin oder allen direkt aufeinander folgenden Zinstermen nicht gleich sind. In der Praxis tritt sehr häufig der Fall auf, dass der Zeitraum zwischen Beginn des Zinslaufs und ersten Zinstermin nicht mit den Zeiträumen zwischen den Zinstermen übereinstimmt. Ist dieser erste Zeitraum länger, was typischerweise der Fall ist, so spricht man von einem ersten (über-)langen Kupon, ist er kürzer, von einem verkürzten Kupon. Die Zahlungen zum ersten Kupontermin werden zeitproportional angepasst.

folgende Fälle unterscheiden:

$$cf^{FGB} = \begin{cases} \left(\frac{1}{1,06}\right)^{1+d} \left(c(T_0 - T_S) + \frac{c}{0,06} \left(1,06 - \left(\frac{1}{1,06}\right)^{N-1} \right) + \left(\frac{1}{1,06}\right)^{N-1} \right) - c(T_D - T_S), & \text{falls } T_D \leq T_0; \\ \left(\frac{1}{1,06}\right)^d \left(c(T_0 - T_S) + \frac{c}{0,06} \left(1,06 - \left(\frac{1}{1,06}\right)^{N_d} \right) + \left(\frac{1}{1,06}\right)^{N_d} \right) - c(T_D - T_S), & \text{falls } T_D > T_0. \end{cases}$$

N bzw. N_d lassen sich unter den genannten Bedingungen wieder als volle Jahre bis zur Fälligkeit interpretieren.⁸ Im Fall $T_0 = T_D$ ist $d = 0$; gilt darüber hinaus, dass T_0 ein Kupontermin ist, setzt man also $T_S = T_0$, so erhält man wieder den entsprechenden Spezialfall in (5). Analog lässt sich der Term für $T_D > T_0$ unmittelbar in den für $d > 0$ geltenden Ausdruck überführen.

4 Auswirkungen von Fehlspezifikationen

Der letzte Abschnitt hat gezeigt, dass eine Reihe von Annahmen eingeführt werden müssen, damit die von der Deutschen Börse verwendete Formel ihren Zweck erfüllt. Während einige Elemente eher geringe Bedeutung haben dürften, etwa Ungenauigkeiten bei der unterjährigen Verzinsung, haben andere Einschränkungen erkennbare ökonomische Konsequenzen. Die Annahme einer flachen Zinsstruktur ist natürlich nicht immer erfüllt, soll aber als möglicherweise notwendige Vereinfachung nicht weiter problematisiert werden. Eine Restriktion, die besonders willkürlich anmutet, scheint dagegen vermeidlich zu sein: Die Festlegung des Zinsniveaus auf 6%. Sie steht auch im Mittelpunkt der Analyse von Fehlspezifikationen.

Da die von der Eurex veröffentlichte Formel per Definition nicht mehr vom Zinsniveau abhängt, werden die Abweichungen zwischen den Faktoren

$$\Delta cf(r) := cf^*(r) - cf$$

ausschließlich durch die Reaktion von $cf^*(r)$ auf Änderung des Zinsniveaus bestimmt. Dabei bedeutet eine positive Abweichung $\Delta cf(r) > 0$, dass der von der Eurex verwendete Faktor cf in Relation zu den Beschaffungskosten des Underlyings zu gering angesetzt wird. Bei dieser Konstellation wird also dem Käufer des Futures ein Betrag in Rechnung gestellt, der unter dem Erlös liegt, der bei sofortigem Verkauf des Underlyings realisiert werden kann. Andererseits kann der Verkäufer die lieferbare An-

⁸ Die ursprünglich im Rundschreiben 42/99 (s. Eurex Deutschland [5]) verwendete Zeitangabe lieferte nicht in allen Fällen das richtige Ergebnis. Inzwischen veröffentlicht die Deutsche Börse eine korrigierte Version, die man beispielsweise in Eurex Frankfurt AG und Eurex Zürich AG [6], S. 100, nachschlagen kann. $N - 1$ und N_d werden in der Broschüre mit „volle Jahre vom NCD [der nächste Kuponzahlungstermin, Anm. d. Verf.] bis zur Endfälligkeit der Anleihe“ umschrieben, was dem Sachverhalt gerecht wird.

leihe zu Kosten erwerben, die unter dem Betrag liegen, die ihm die Börse nach Erhalt des Underlyings belastet.

Unterstellt man der Einfachheit halber, dass die fiktive Anleihe die gleiche Restlaufzeit wie die lieferbare Anleihe hat, so errechnet sich die Ableitung zunächst durch

$$cf^{*f}(r) = \frac{\frac{dP_c(r)}{dr} \cdot P_{0,06}(r) - P_c(r) \frac{dP_{0,06}}{dr}}{(P_{0,06}(r))^2}.$$

Führt man die allgemein durch

$$d_c(r) = -\frac{1}{P_c(r)} \frac{dP_c(r)}{dr}$$

definierte *modified duration* einer Anleihe ein, so lässt sich die Ableitung auch durch

$$\begin{aligned} cf^{*f}(r) &= (d_{0,06}(r) - d_c(r)) \frac{P_c(r)}{P_{0,06}(r)} \\ &= (d_{0,06}(r) - d_c(r)) cf^*(r) \end{aligned}$$

beschreiben. Für die mit $\eta_{\Delta cf,r}$ bezeichnete Semi-Elastizität der Fehlbewertung in Bezug auf das Zinsniveau, die für kleine absolute Änderungen des Zinsniveaus annähernd die prozentuale Fehlbewertung widerspiegelt, ergibt sich folglich

$$\begin{aligned} \eta_{\Delta cf,r}(r) &= \frac{1}{cf^*(r)} cf^{*f}(r) \\ &= d_{0,06}(r) - d_c(r). \end{aligned}$$

Die Auswirkungen der Fehlspezifikation lassen sich demnach durch die Differenz der *modified durations* abbilden. Entsprechende ceteris-paribus-Analysen sind in der Literatur bekannt und können unmittelbar auf das vorliegende Problem angewendet werden.⁹

Der Einfluss der Kuponhöhe auf Abweichungen von theoretisch fundierten Bewertungsfunktionen aufgrund von Fehlspezifikationen werden in der Literatur als Kuponeffekt bezeichnet. Dieses Phänomen tritt auch im vorliegenden Kontext auf und lässt sich nun durch die Einbeziehung der Duration recht gut veranschaulichen. Geht man zunächst von einem Zinsniveau von $r = 6\%$ aus und unterstellt eine Restlaufzeit des Underlyings von $M \in \mathbb{N}$ Jahren, so nimmt die Differenzfunktion $\Delta cf(r)$ in diesem Punkt gerade den Wert 0 an, während der Wert der Ableitung bzw. der Semi-Elastizität von der Höhe des Kupons abhängt. Ist beispielsweise $c > 0,06$, so ist für alle r die Semi-Elastizität

⁹ Vgl. etwa Bierwag [1], S. 66ff. oder Wolke [9], S. 19ff.

$\eta(r) > 0$, da die *modified duration* ceteris paribus mit steigendem Kupon abnimmt. Daraus folgt unmittelbar, dass auch die Ableitung für alle r positiv ist. Liegt der Kupon einer lieferbaren Anleihe unter dem Kupon der synthetischen Anleihe, so gilt folglich die umgekehrte Relation. Abbildung 1 veranschaulicht stilisiert die Zusammenhänge. Der konvexe Verlauf der Funktionen ist durch die Konvexität der Duration bedingt.

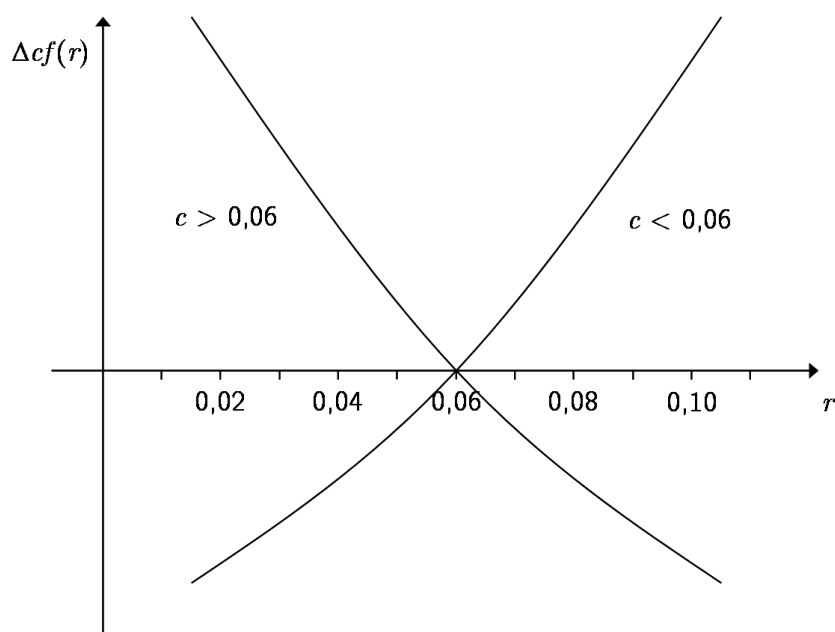


Abbildung 1: Auswirkungen der Fehlspezifikation in Abhängigkeit der Kuponhöhe

Der Verkäufer eines Futures, der, wie bereits zu Beginn dieses Abschnitts erläutert, an einer positiven Abweichung $\Delta cf(r)$ interessiert ist, wird demnach bei einem Marktzinsniveau über 6% die Anleihe liefern, die mit dem niedrigsten Kupon ausgestattet ist. Liegt hingegen das Zinsniveau unter 6%, so wird er die Anleihe mit dem höchsten Kupon liefern.

5 Arbitragegelegenheiten

Die im letzten Abschnitt durchgeführte Analyse lässt die Frage aufkommen, unter welchen Bedingungen ein Kontraktpartner im Future-Handel Arbitragegewinne erzielen kann. Die Vermutung, dass jegliche Abweichung des institutionell festgelegten Conversion Factors vom theoretisch motivierten Umrechnungssatz zu einer Arbitragegelegenheit führt, erweist sich dabei als voreilig. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die Entscheidung, welche der zulässigen Anleihen tatsächlich geliefert wird, einseitig beim Verkäufer des Kontrakts liegt.

Betrachtet man zunächst die Situation am Liefertag, so lassen sich die Arbitragegelegenheiten unmittelbar beschreiben. Dem Verkäufer eines Future-Kontrakts eröffnet sich eine Arbitragegelegen-

heit, falls *eine* lieferbare Anleihe j existiert, für die $\Delta cf_j > 0$ gilt. In diesem Fall kann der Verkäufer die Anleihe zu einem ausmachenden Betrag erwerben, der unter dem von der Eurex in Rechnung gestellten Betrag liegt. Gilt hingegen *für alle* lieferbaren Anleihen die umgekehrte Relation, so kann der Verkäufer durch die Lieferung einer Anleihe bei unmittelbarer Eindeckung keinen Gewinn erzielen.

Für den Käufer hingegen reicht es *nicht*, dass *eine* lieferbare Anleihe existiert, für die $\Delta cf_j < 0$ gilt. Da er die Anleihe akzeptieren muss, die ihm der Verkäufer liefert, kann er nur dann sicher einen Gewinn verbuchen, wenn *für alle* lieferbaren Anleihen die Relation $\Delta cf_j < 0$ erfüllt ist.

Die genannten Relationen gelten für den Käufer jedoch nicht nur am Liefertag, sondern in leicht abgewandelter Form auch zu jedem Zeitpunkt während der Laufzeit des Kontrakts. Betrachtet man zu einem Zeitpunkt t_0 vor dem Liefertag T_D einen Future-Preis von $f_{FGB}(t_0, T_D)$, so lassen sich stets dann Arbitragegelegenheiten erzielen, falls eine lieferbare Anleihe mit einem Preis $P_c^j(t_0, \mathcal{T}_{t_0})$ und einem festgelegten Conversion Factor cf_j existiert, so dass¹⁰

$$f_{FGB}(t_0, T_D) > \frac{1}{cf_j} \left[\frac{P_c^j(t_0, \mathcal{T}_{t_0}) + c(t_0 - T_S)}{P_0(t_0, T_D)} - c \cdot \left(\frac{P_0(t_0, T_1)}{P_0(t_0, T_D)} + (T_D - T_1) \right) \cdot 1_{\{T_1 \leq T_D\}} - c \cdot (T_D - T_S) \cdot 1_{\{T_1 > T_D\}} \right] \quad (6)$$

gilt. Offensichtlich muss bei der zu entwickelnden Handelsstrategie unterschieden werden, ob der nächste Kupontermin vor dem Liefertag liegt ($T_1 \leq T_D$) oder dahinter ($T_1 > T_D$).

Gilt $T_1 \leq T_D$ und die Relation (6), so lässt sich ein Portfolio zusammenstellen, das aus der lieferbaren Anleihe j , einer Short-Position im Future sowie den Leerverkäufen von c Anteilen einer Nullkuponanleihe mit Fälligkeit T_1 und $\frac{P_c^j(t_0, \mathcal{T}_{t_0}) + c(t_0 - T_S) - c \cdot P_0(t_0, T_1)}{P_0(t_0, T_D)}$ Anteilen einer Nullkuponanleihe mit Fälligkeit T_D besteht. Das Portfolio führt im Zeitpunkt des Erwerbs zu einer Auszahlung von 0. In T_1 , dem Zeitpunkt der Kuponzahlung, sind die c Anteile der Nullkuponanleihe mit Fälligkeit T_1 zurückzuzahlen; diese können jedoch in vollem Umfang aus den Kuponzahlungen der lieferbaren Anleihe beglichen werden, so dass der Zahlungssaldo ebenfalls 0 beträgt. Am Liefertag kann schließlich die lieferbare Anleihe an die Gegenpartei übertragen werden. Aus dem Termingeschäft resultiert eine Gutschrift von

$$cf_j \cdot f_{FGB}(t_0, T_D) + c(T_D - T_1),$$

¹⁰Die Bezeichnung $1_{\{A\}}$ symbolisiert eine Indikatorfunktion. Diese nimmt den Wert 1 an, falls die Bedingung A erfüllt ist, und 0, falls die Bedingung A nicht erfüllt ist.

andererseits wird der Rückzahlungsbetrag aus der Nullkuponanleihe mit Fälligkeit T_D in Höhe von

$$\frac{P_c^j(t_0, T_{t_0}) + c(t_0 - T_S)}{P_0(t_0, T_D)} - \frac{c \cdot P_0(t_0, T_1)}{P_0(t_0, T_D)}$$

fällig. Bei dem unter den obigen Bedingungen resultierenden Überschuss handelt es sich um einen Arbitragegewinn. Im Fall $T_1 > T_D$ entfällt die Finanzierung des Kupons, die Argumentation lässt sich ansonsten in gleicher Weise durchführen.

Es sei betont, dass für den Fall, dass der Future-Preis unterhalb des auf der rechten Seite stehenden Terms in (6) notiert, mit der Einnahme der Gegenpositionen zu den im oben genannten Portfolio enthaltenen Anteilen *kein* Arbitragegewinn erzielt werden kann. Da die entsprechende Strategie voraussetzen würde, dass man das Underlying leerverkauft, der Käufer aber in $t_0 < T_D$ nicht sicher sein kann, welche Anleihe geliefert wird, beinhaltet das Portfolio Risiken, die Aussagen auf der Grundlage der Arbitrage Theorie verhindern. In diesem Sinne ist der Markt bereits dann arbitragefrei, falls vor Fälligkeit des Kontrakts für den Future-Preis die Bedingung

$$f_{FGB}(t_0, T_D) \leq \frac{1}{cf_j} \left[\frac{P_c^j(t_0, T_{t_0}) + c(t_0 - T_S)}{P_0(t_0, T_D)} - c \cdot \left(\frac{P_0(t_0, T_1)}{P_0(t_0, T_D)} + (T_D - T_1) \right) \cdot 1_{\{T_1 \leq T_D\}} - c \cdot (T_D - T_S) \cdot 1_{\{T_1 > T_D\}} \right]$$

erfüllt ist.

6 Fazit

Nach der Grundidee wird im Rahmen von Future-Geschäften ein Conversion Factor eingeführt, um Wertunterschiede von im Vertrag festgelegten fiktiven Anleihen und tatsächlich lieferbaren Schuldverschreibungen auszugleichen. Würde man also den Conversion Factor cf^* aus (3) verwenden, so würde der von der Terminbörse verrechnete Andienungspreis mit den Anschaffungskosten des Underlyings übereinstimmen. In diesem Fall wären sämtliche lieferbaren Anleihen auch Cheapest-To-Deliver-Anleihen.

Aus theoretischer Sicht muss dieser Conversion Factor von der jeweils herrschenden Zinsstruktur abhängen. Aus Gründen der Vereinfachung wird an den Terminbörsen jedoch ein einheitliches Zinsniveau unterstellt; an der Eurex wird zudem ein festes Zinsniveau von 6% angenommen. Da die lieferbaren Anleihen sich typischerweise in der Laufzeit und in der Höhe des Kupons unterscheiden, führen Fehlspezifikationen in der verwendeten Formel zu Verzerrungen. Die lieferbaren Anleihen

stehen nicht mehr gleichberechtigt nebeneinander, sondern es entsteht in Bezug auf die Vorteilhaftigkeit der Lieferung eine Ordnung. Die Anleihe, für die $\Delta cf(r)$ den höchsten Wert annimmt, ist die Cheapest-To-Deliver-Anleihe. In der Praxis wird im Allgemeinen nur eine der lieferbaren Anleihen die Cheapest-To-Deliver-Anleihe sein.

Da der vor theoretischem Hintergrund entwickelte Conversion Factor vom Zinsniveau abhängt, dieses sich aber typischerweise täglich ändert, müsste der konkrete Wert bis zum Liefertag unbestimmt bleiben. Wird das für nicht akzeptabel gehalten, so ließe sich jedoch ein von der Praxis der Deutschen Börse abweichendes Verfahren finden, das zwar immer noch Verzerrungen beinhalten würde, in der Regel jedoch solche geringeren Ausmaßes. Ohne großen Aufwand könnte die Deutsche Börse mit Auflegung eines neuen Kontrakts das zu dem entsprechenden Zeitpunkt herrschende mittlere Zinsniveau ermitteln und für die Berechnung des Conversion Factors nach Formel (4) verwenden. Die darin einfließende Annahme, dass sich das Zinsniveau über die Laufzeit des Futures-Kontrakts nicht mehr ändert, erscheint zumindest plausibler als ein stets bei 6% liegendes Zinsniveau. Neben dem Conversion Factor auch noch den verwendeten Zinssatz zu publizieren dürfte unproblematisch sein.

Literatur

- [1] BIERWAG, Gerald O.: *Duration Analysis. Managing Interest Rate Risk*. Cambridge, Massachusetts : Ballinger Publishing Company, 1987
- [2] DIWALD, Hans: *Zinsfutures und Zinsoptionen*. München : Verlag Vahlen, 1999
- [3] EUREX CLEARING AG: *Clearing-Bedingungen der Eurex Clearing AG*. 2005
- [4] EUREX DEUTSCHLAND: *Rundschreiben 18/99*. 1999
- [5] EUREX DEUTSCHLAND: *Rundschreiben 42/99*. 1999
- [6] EUREX FRANKFURT AG ; EUREX ZÜRICH AG: *Zinsderivate. Fixed Income-Handelsstrategien*. 2005
- [7] HULL, John C.: *Options, Futures, and Other Derivatives*. 5th Edition. London, Sydney, Toronto et al. : Prentice Hall, 2003
- [8] KOLB, Robert W.: *Futures, Options and Swaps*. 4th Edition. Malden, Oxford, Carlton : Blackwell Publishing, 2003
- [9] WOLKE, Thomas: *Duration & Convexity*, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Freie Universität Berlin, Dissertation, 1996

Diskussionspapiere der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

- | | | | | | |
|------|---|--|------|--|--|
| 332. | Ralf-M. Marquardt | Die EU auf dem Weg zur EWWU: Ein wichtiger Fortschritt für den Außenhandel?
Januar 1997 | 346. | Thorsten Hens/
Andreas Löffler | Existence and Uniqueness of Equilibria in the CAPM with a Riskless Asset
Dezember 1995
(Universität Bielefeld, Mai 1997) |
| 333. | Frohn, Chen, Franke, Gottschalk, Jacobebbinghaus, Kräussl, Leuchtmann, Ludden, Oelker, Vollmann | Drei Simulationsexperimente mit dem Bielefelder Modell zur Erfassung der ökonomischen Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen (Einführung des Dualen Systems, Erhöhung des Benzinpreises, CO ₂ -Reduktion)
Januar 1997 | 347. | Jean-Marc Bottazzi/
Thorsten Hens/
Andreas Löffler | Market Demand Functions in the CAPM
Dezember 1996
(Universität Bielefeld, Mai 1997) |
| 334. | Ralf-M. Marquardt | Gefährden die Arbeitskosten den Investitionsstandort Deutschland?
März 1997 | 348. | Piero Gottardi/
Thorsten Hens | Disaggregation of Excess Demand and Comparative Statics with Incomplete Markets and Nominal Assets
Mai 1997 |
| 335. | Carl Chiarella
Peter Flaschel | Keynesian monetary growth dynamics in open economies
March 1997 | 349. | Gang Gong | The Multiplier Process in a Temporary General Equilibrium Model
Juni 1997 |
| 336. | Carl Chiarella
Peter Flaschel | The dynamics of 'natural' rates of growth and employment
March 1997 | 350. | M.O. Bettzüge/
Thorsten Hens | An Evolutionary Approach to Financial Innovation
Juli 1997 |
| 337. | Hermann Jahnke/
Anne Chwolka | Strategische Kostenrechnung: Eine spieltheoretische Begriffsbildung
Mai 1997 | 351. | Reinhard John/
Matthias G. Raith | Optimizing Multi-Stage Negotiations
August 1997 |
| 338. | Willi Semmler/
Alfred Greiner | An Inquiry into the Sustainability of German Fiscal Policy: Some Simple Tests
Mai 1997 | 352. | Klaus Reiner Schenk-Hoppé | Evolutionary Stability of Walrasian Equilibria
August 1997 |
| 339. | Willi Semmler/
Levent Kockesen | Testing the Financial Accelerator Using Nonlinear Time Series Methods
Mai 1997 | 353. | Klaus Reiner Schenk-Hoppé | Bifurcations of the Randomly Perturbed Logistic Map
August 1997 |
| 340. | Willi Semmler/
Alfred Greiner | Estimating an Endogenous Growth Model with Public Capital and Government Borrowing
Mai 1997 | 354. | Thorsten Spitta | Standardsoftware zur Verwaltung und Führung von Fakultäten
August 1997 |
| 341. | Leo Kaas | Multiplicity of Cournot Equilibria and Involuntary Unemployment
Mai 1997 | 355. | Volker Böhm/
Nicole Köhler/
Jan Wenzelburger | Endogenous Random Asset Prices In Overlapping Generations Economies
September 1997 |
| 342. | Leo Kaas | Imperfectly Competitive Price Setting under Bayesian Learning in a Disequilibrium Model
Mai 1997 | 356. | Volker Böhm/
Jan Wenzelburger | Perfect Predictions in Economic Dynamical Systems with Random Perturbations
September 1997 |
| 343. | Volker Böhm/
Leo Kaas | Differential Savings, Factor Shares, and Endogenous Growth Cycles
Mai 1997 | 357. | Peter Flaschel | Disequilibrium Growth Theory with Insider/Outsider Effects.
August 1997 |
| 344. | K.R. Schenk-Hoppé | The Evolution of Walrasian Behavior in Oligopolies
April 1997 | 358. | Peter Flaschel | On the Dominance of the Keynesian Regime in Disequilibrium Growth Theory.
August 1997 |
| 345. | Jürgen Krüll | UNIX-Accounting als Datenbasis des IV-Controlling - Möglichkeiten und Grenzen -
Mai 1997 | 359. | Peter Flaschel/
Gangolf Groh | Textbook Stagflation Theory: Narrow views and full implications.
September 1997 |
| | | | 360. | Roman Kräussl | Einführung in RATS
September 1997 |
| | | | 361. | Martin Lettau/
Gang Gong/
Willi Semmler | Statistical Estimation and Moment Evaluation of a Stochastic Growth Model with Asset Market
Oktober 1997 |

Diskussionspapiere der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

362.	Marc Oliver Bettzüge/ Thorsten Hens/ Marta Laitenberger	On Choquet Prices in a GEI-Model with Intermediation Costs August 1997	379.	Willi Semmler/ Malte Sieveking	The Use of Vector Field Analysis for Studying Debt Dynamics Januar 1998
363.	Peter Flaschel/ Rajiv Sethi	Stability of Models of Money and Perfect Foresight: Implications of Nonlinearity September 1997	380.	Dirk Biskup/ Dirk Simons	Game Theoretic Approaches to Cost Allocation in the Dynamic Total Tardiness Problem Januar 1998
364.	Peter Flaschel	Keynes-Marx and Keynes-Wicksell models of monetary growth: A framework for future analysis September 1997	381.	Eckart Jäger	Exchange Rates and Bertrand-Oligopoly Januar 1998
365.	Peter Flaschel	Corridor stability and viability in economic growth September 1997	382.	Michael J. Fallgatter/ Lambert T. Koch	Zur Rezeption des radikalen Konstruktivismus in der betriebswirtschaftlichen Organisationsforschung Januar 1998
366.	Gang Gong	Endogenous Technical Change and Irregular Growth Cycles with Excess Capacity Oktober 1997	383.	Reinhold Decker/ Ralf Wagner	Log-lineare Modelle in der Marktforschung Januar 1998
367.	Gang Gong	Growth, Interest Rate and Financial Instability Oktober 1997	384.	Willi Semmler/ Malte Sieveking	External Debt Dynamics and Debt Cycles: The Role of the Discount Rate Februar 1998
368.	Thorsten Hens/ Eckart Jäger/ Alan Kirman/ Louis Phlips	Exchange Rates and Oligopoly Oktober 1997	385.	Rolf König/ Michael Wosnitza	Zur Problematik der Besteuerung privater Aktienkursgewinne - Eine ökonomische Analyse März 1998
369.	Thorsten Hens/ Karl Schmiedders/ Beate Voß	On Multiplicity of Competitive Equilibria when Financial Markets are Incomplete	386.	Joachim Frohn	Zum Nutzen struktureller makro-ökonomischer Modelle April 1998
370.	Ralf Wagner/ Thorsten Temme/ Reinhold Decker	Auftreten von und Möglichkeiten des Umgangs mit fehlenden Werten in der Marktforschung Oktober 1997	387.	K. R. Schenk-Hoppé/ Björn Schmalfuß	Random Fixed Points in a Stochastic Solow Growth Model, April 1998
371.	Toichiro Asada/ Willi Semmler/ Andreas J. Novak	Endogenous Growth and the Balanced Growth Equilibrium November 1997	388.	Sandra Güth	Evolution of Trading Strategies April 1998
372.	Carlos Alos-Ferrer/ Ana B. Ania/ K.R. Schenk-Hoppé	A dynamic evolutionary model of Bertrand oligopoly November 1997	389.	Hermann Jahnke	Losgrößentheorie und betriebliche Produktionsplanung April 1998
373.	Volker Böhm/ Jan Wenzelburger	Expectational Leads in Economic Dynamical Systems Dezember 1997	390.	Ralf-M. Marquardt	Geldmengenkonzept für die EZB? - Ein Mythos als Vorbild April 1998
374.	A. Sigge/ Th. Spitta	Die Workbench des Systems R/3 als Beispiel einer Software-Entwicklungsumgebung Dezember 1997	391.	Anne Chwolka	Delegation of Planning Activities and the Assignment of Decision Rights April 1998
375.	Carl Chiarella/ Peter Flaschel	An integrative approach to disequilibrium growth dynamics in open economies Dezember 1997	392.	Thorsten Spitta	Schnittstellengestaltung in modularen Unternehmen Mai 1998
376.	Joachim Frohn	Ein Marktmodell zur Erfassung von Wanderungen Dezember 1997	393.	Notburga Ott	Zur Konzeption eines Familienlastenausgleichs Mai 1998
377.	Dirk Biskup	Single-Machine Scheduling with Learning Considerations Januar 1998	394.	Röhle, M./ Wagner, U./ Decker, R.	Zur methodengestützten Validierung stochastischer Kaufverhaltensmodelle Mai 1998
378.	Hermann Jahnke	Produktionswirtschaftliche Steuergrößen, Unicherheit und die Folgen	395.	Frank Laß	Der neue § 50 c Abs. 11 EStG induziert keine Besteuerung privater Ver-

Diskussionspapiere der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

		äußerungsgewinne von Anteilen an Kapitalgesellschaften Mai 1998			
396.	Dirk Simons	Optimale Ausübungszeitpunkte für Optionen aus Aktienoptionsprogrammen unter Einbeziehung steuerlicher Liquiditätswirkungen August 1998	411.	Dirk Simons	Die Koexistenz von Rechnungslegungsnormen betreffend F&E-Projekte innerhalb der EU und ihr Einfluß auf die Investitionstätigkeit von Eigenkapitalgebern Februar 1999
397.	Dirk Biskup/ Martin Feldmann	Benchmarks for scheduling on a single-machine against restrictive and unrestrictive common due dates August 1998	412.	Anne Chwolka/ Matthias G. Raith	Group Preference Aggregation with the AHP - Implications for Multiple-issue Agendas Februar 1999
398.	Anton Stiefenhofer	Chaos in Cobweb Models Due to Price Uncertainty September 1998	413.	Jürgen Krüll	Literate System-Administration (LiSA) - Konzept und Erprobung dokumentenbasierten System-managements - März 1999
399.	Volker Böhm	Macroeconomic Dynamics with Sequential Trading September 1998	414.	Jürgen Krüll/ Ha-Binh Ly	Literate System-Administration (LiSA) - Konzept und Realisierung einer Arbeitsumgebung für den Systemadministrator - März 1999
400.	Volker Böhm/ Klaus Reiner Schenk-Hoppé	MACRODYN - A User's Guide August 1998	415.	Hans Peter Wolf	RREVIVE - Funktionen zur Arbeit mit wiederbelebbaren Papieren unter R
401.	Thorsten Spitta	Data Collection of Development and Maintenance Effort - Data Model and Experiences August 1998	416.	Volker Böhm	Stochastische Wachstumszyklen aus dynamischer Sicht März 1999
402.	Hermann Jahnke/ Anne Chwolka	Preis- und Kapazitätsplanung mit Hilfe kostenorientierter Entscheidungsregeln September 1998	417.	Hermann Jahnke/ Dirk Biskup/ Dirk Simons	The Effect of Capital Lockup and Customer Trade Credits on the Optimal Lot Size – A Confirmation of the EOQ März 1999
403.	Reinhold Decker/ Thorsten Temme	Einsatzmöglichkeiten der Diskriminanzanalyse in der Marktforschung September 1998	418.	Peter Naeve, Hans Peter Wolf, Lars Hartke, Ulrich Kirchhoff, Dirk Tigler	Portierung des REVBOOK nach R für die Digitale Bibliothek NRW – ein Projektbericht April 1999
404.	Thorsten Spitta	Grundlagen der Betriebsinformatik - Ein Versuch dsziplinübergreifender Lehre – Oktober 1998	419.	Thorsten Temme, Reinhold Decker	Analyse a priori definierter Gruppen in der angewandten Marktforschung März 1999
405.	Michael J. Fallgatter	Leistungsbeurteilungstheorie und -praxis: Zur „Rationalität“ der Ignorierung theoretischer Empfehlungen Oktober 1998	420.	Klaus Reiner Schenk-Hoppé	Is There A Golden Rule For The Stochastic Solow Growth Model? März 1999
406.	K.R. Schenk-Hoppé	Bounds on Sample Paths of Stochastic Nonlinear Systems - A Lyapunov Function Approach Dezember 1998	421.	Gang Gong, Willi Semmler, Peter Flaschel	A Macroeconometric Study on the Labor Market and Monetary Policy: Germany and the EMU Januar 1999
407.	Hans Peter Wolf	Ein wiederbelebbares Buch zur Statistik, Dezember 1998	422.	Peter Flaschel, Gang Gong, Willi Semmler	A Keynesian Based Econometric Framework for Studying Monetary Policy Rules, März 1998
408.	Claudia Bornemeyer/ Thorsten Temme/ Reinhold Decker	Erfolgsfaktorenforschung im Stadtmarketing unter besonderer Berücksichtigung multivariater Analysemethoden Dezember 1998	423.	Carl Chiarella, Willi Semmler, Stefan Mittnik	Stock Market, Interest Rate and Output: A Model and Estimation for US Time Series Data Dezember 1998
409.	Hans Peter Wolf	Datenanalysen mit algorithmischen Erfordernissen exemplarisch demonstriert anhand einer Untersuchung des Leistungsstands von Studierenden Januar 1999	424.	Martin Feldmann	A Development Framework for Nature Analogic Heuristics
410.	Klaus-Peter Kistner	Lot Sizing and Queueing Models			

Diskussionspapiere der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

		Mai 1999			
425.	Dirk Biskup, Martin Feldmann	Single-machine scheduling for minimizing earliness and tardiness penalties by meta-heuristic approaches Juni 1999	441.	Anne Chwolka, Dirk Simons	Impacts of Revenue Sharing, Profit Sharing, and Transfer Pricing on Quality-Improving Investments Januar 2000
426.	Anne Chwolka	Choice of Information Systems for Decision and Control Problems August 1999	442.	Carsten Köper, Peter Flaschel	Real-Financial Interaction: A Keynes-Metzler-Goodwin Portfolio Approach Januar 2000
427.	Joachim Frohn	Macroeconometric Models versus Vectorautoregressive Models August 1999	443.	Th. Spitta, R. Decker, A. Sigge, P. Wolf, V. Tiemann	Erste Bilanz des Kreditpunktesystems der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften Januar 2000
428.	Caren Sureth, Rolf König	General investment neutral tax systems and real options März 1999	444.	Imre Dobos	A dynamic theory of production: flow or stock-flow production Functions Februar 2000
429.	Imre Dobos, Klaus-Peter Kistner	Optimal Production-Inventory Strategies for a Reverse Logistics System Oktober 1999	445.	Carl Chiarella, Peter Flaschel	Applying Disequilibrium Growth Theory: I. Investment, Debt and Debt Deflation January 2000
430.	Dirk Biskup, Hermann Jahnke	Common Due Date Assignment for Scheduling on a Single Machine With Jointly Reducible Processing Times Oktober 1999	446.	Imre Dobos	A Dynamic Environmental Theory of Production Maerz 2000
431.	Imre Dobos	Production-inventory strategies for a linear reverse logistics system, Oktober 1999	447.	Anne Chwolka	"Marktorientierte Zielkostenvorgaben als Instrument der Verhaltenssteuerung im Kostenmanagement", März 2000
432.	Jan Wenzelburger	Convergence of Adaptive Learning in Models of Pure Exchange October 1999	448.	Volker Böhm, Carl Chiarella	Mean Variance Preferences, Expectations Formation, and the Dynamics of Random Asset Prices April 2000
433.	Imre Dobos, Klaus-Peter Kistner:	Production-inventory control in a reverse logistics system November 1999	449.	Beate Pilgrim	Non-equivalence of uniqueness of equilibria in complete and in incomplete market models, March 2000
434.	Joachim Frohn	The Foundation of the China-Europe-International-Business-School (CEIBS) November 1999	450.	Beate Pilgrim	A Brief Note on Mas-Colell's First Observation on Sunspots, March 2000
435.	Pu Chen, Joachim Frohn	Goodness of Fit Measures and Model Selection for Qualitative Response Models November 1999	451.	Thorsten Temme	An Integrated Approach for the Use of CHAID in Applied Marketing Research, May 2000
436.	Rolf König, Caren Sureth	Some new aspects of neoclassical investment theory with taxes, Dezember 1999	452.	Reinhold Decker, Claudia Bornemeyer	Ausgewählte Ansätze zur Entscheidungsunterstützung im Rahmen der Produktliniengestaltung, Mai 2000
437.	Rolf König, Elke Ohrem	The Effects of Taxation on the Dividend Behaviour of Corporations: Empirical Tests Dezember 1999	453.	Martin Feldmann	Threshold Accepting with a Back Step. Excellent results with a hybrid variant of Threshold Accepting, Mai 2000
438.	Jens-Ulrich Peter, Klaus Reiner Schenk-Hoppé	Business Cycle Phenomena in Overlapping Generations Economies with Stochastic Production November 1999	454.	Willi Semmler, Malte Sieveking	Credit Risk and Sustainable Debt: A Model and Estimations for Euroland November 1999
439.	Thorsten Temme, Reinhold Decker	CHAID als Instrument des Data Mining in der Marketingforschung Dezember 1999	455.	Alexander Krüger, Ralf-Michael	Der Euro - eine schwache Währung? Mai 2000
440.	Nicole Deutscher	Stock Market Equilibrium in OLG Economies with Heterogeneous			

Diskussionspapiere der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

	Marquardt			
456.	Veith Tiemann	Symmetrische/klassische Kryptographie - Ein interaktiver Überblick, Mai 2000		
457.	Imre Dobos	Umweltbewusste Produktionsplanung auf Grundlage einer dynamischen umweltorientierten Produktionstheorie: Eine Projektbeschreibung Juni 2000	471.	Hermann Jahnke, Anne Chwolka, Dirk Simons Coordinating demand and capacity by adaptive decision making September 2001
458.	Imre Dobos	Optimal production-inventory strategies for a HMMS-type reverse logistics system Juli 2000	472.	Thorsten Pampel Approximation of generalized connecting orbits with asymptotic rate, September 2001
459.	Joachim Frohn	Ein Marktmodell zur Erfassung von Wanderungen (revidierte Fassung) Juli 2000	473.	Reinhold Decker Heiko Schimmelpfennig Assoziationskoeffizienten und Assoziationsregeln als Instrumente der Verbundmessung - Eine vergleichende Betrachtung, September 2001
460.	Klaus-Peter Kistner Imre Dobos	Ansätze einer umweltorientierten Produktionsplanung: Ergebnisse eines Seminars Juli 2000	474.	Peter Naeve Virtuelle Tabellensammlung, September 2001
461.	Reinhold Decker	Instrumentelle Entscheidungsunterstützung im Marketing am Beispiel der Verbundproblematik, September 2000	475.	Heinz-J. Bontrup Ralf-Michael Marquardt Germany's Reform of the Pension System: Choice between „Scylla and Charybdis“ Oktober 2001
462.	Caren Sureth	The influence of taxation on partially irreversible investment decisions - A real option approach, April 2000	476.	Alexander M. Krüger Wechselkurszielzonen zwischen Euro, Dollar und Yen -- nur eine Illusion? Oktober 2001
463.	Veith Tiemann	Asymmetrische/moderne Kryptographie - Ein interaktiver Überblick Oktober 2000	477.	Jan Wenzelburger Learning to predict rationally when beliefs are heterogeneous. Oktober 2001
464.	Carsten Köper	Stability Analysis of an Extended KMG Growth Dynamics December 2000	478.	Jan Wenzelburger Learning in linear models with expectational leads Oktober 2001
465.	Stefan Kardekewitz	Analyse der unilateralen Maßnahmen zur Vermeidung der Doppelbesteuerung im deutschen Erbschaftsteuerrecht Februar 2001	479.	Claudia Bornemeyer, Reinhold Decker Key Success Factors in City Marketing – Some Empirical Evidence - Oktober 2001
466.	Werner Glastetter	Zur Kontroverse über das angemessene wirtschafts- und konjunkturpolitische Paradigma – Einige Akzente der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung Westdeutschlands von 1950 bis 1993 März 2001		Fred Becker Michael Tölle Personalentwicklung für Nachwuchswissenschaftler an der Universität Bielefeld: Eine explorative Studie zur Erhebung des Ist-Zustands und zur Begründung von Gestaltungsvorschlägen Oktober 2001
467.	Thomas Braun, Ariane Reiss	Benchmarkorientierte Portfolio-Strategien Mai 2001	480.	Dirk Biskup, Martin Feldmann On scheduling around large restrictive common due windows December 2001
468.	Martin Feldmann, Stephanie Müller	An incentive scheme for true information providing in SUPPLY CHAINS, Juni 2001	481.	Dirk Biskup A mixed-integer programming formulation for the ELSP with sequence-dependent setup-costs and setup-times December 2001
469.	Wolf-Jürgen Beyn, Thorsten Pampel, Willi Semmler	Dynamic optimization and Skiba sets in economic examples, August 2001	482.	Lars Grüne, Willi Semmler, Malte Sieveking Thresholds in a Credit Market Model with Multiple Equilibria August 2001
470.	Werner Glastetter	Zur Kontroverse über das angemessene wirtschafts- und konjunktur-	483.	Toichiro Asada Price Flexibility and Instability in a Macrodynamic Model with Debt Effect, February 2002

Diskussionspapiere der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

484.	Rolf König, Caren Sureth	Die ökonomische Analyse der Auswirkungen der Unternehmenssteuerreform auf Sachinvestitionsentscheidungen vor dem Hintergrund von Vorteilhaftigkeits- und Neutralitätsüberlegungen - diskreter und stetiger Fall - März 2002	497.	Jochen Jungeilges	On Chaotic Consistent Expectations Equilibria March 2003
485.	Fred G. Becker, Helge Probst	Personaleinführung für Universitätsprofessoren: Eine explorative Studie an den Universitäten in Nordrhein-Westfalen zum Angebot und an der Universität Bielefeld zum Bedarf März 2002	498.	Volker Böhm	MACRODYN - The Handbook - March 2003
486.	Volker Böhm, Tomoo Kikuchi	Dynamics of Endogenous Business Cycles and Exchange Rate Volatility April 2002	499.	Jochen A. Jungeilges	Sequential Computation of Sample Moments and Sample Quantiles – A Tool for MACRODYN - April 2003
487.	Caren Sureth	Die Besteuerung von Beteiligungsveräußerungen - eine ökonomische Analyse der Interdependenzen von laufender und einmaliger Besteuerung vor dem Hintergrund der Forderung nach Rechtsformneutralität - Juli 2002	500.	Fred G. Becker, Vera Brenner	Personalfreisetzung in Familienunternehmen: Eine explorative Studie zur Problematik Juni 2003
488.	Reinhold Decker	Data Mining und Datenexploration in der Betriebswirtschaft Juli 2002	501.	Michael J. Fallgatter, Dirk Simons.	"Zum Überwachungsgefüge deutscher Kapitalgesellschaften - Eine anreiz-theoretische Analyse der Vergütung, Haftung und Selbstverpflichtung des Aufsichtsrates" Juni 2003
489.	Ralf Wagner, Kai-Stefan Beinke, Michael Wendling	Good Odd Prices and Better Odd Prices - An Empirical Investigation September 2002	502.	Pu Chen	Weak exogeneity in simultaneous equations models Juli 2003
490.	Hans Gersbach, Jan Wenzelburger	The Workout of Banking Crises: A Macroeconomic Perspective September 2002	503.	Pu Chen	Testing weak exogeneity in VECM Juli 2003
491.	Dirk Biskup, Dirk Simons	Common due date scheduling with autonomous and induced learning September 2002	504.	Fred G. Becker, Carmen Schröder	Personalentwicklung von Nachwuchswissenschaftlern: Eine empirische Studie bei Habilitanden des Fachs "Betriebswirtschaftslehre" Juli 2003
492.	Martin Feldmann, Ralf Wagner	Navigation in Hypermedia: Neue Wege für Kunden und Mitarbeiter September 2002	505.	Caren Sureth	Die Wirkungen gesetzlicher und theoretischer Übergangsregelungen bei Steuerreformen – eine ökonomische Analyse steuerinduzierter Verzerrungen am Beispiel der Reform der Besteuerung von Beteiligungserträgen - August 2003
493.	Volker Böhm, Jan Wenzelburger	On the Performance of Efficient Portfolios November 2002	506.	Jan Wenzelburger	Learning to play best response in duopoly games" August 2003
494.	J. Frohn, P. Chen, W. Lemke, Th. Archontakis, Th. Domeratzki, C. Flöttmann, M. Hillebrand, J. Kitanovic, R. Rucha, M. Pullen	Empirische Analysen von Finanzmarktdaten November 2002	507.	Dirk Simons	Quasirentenansätze und Lerneffekte September 2003
495.	Volker Böhm	CAPM Basics December 2002	508.	Dirk Simons Dirk Biskup	Besteht ein Bedarf nach Dritthaftung des gesetzlichen Jahresabschlussprüfers? September 2003
496.	Susanne Kalinowski, Stefan Kardekewitz	Betriebstätte vs. Kapitalgesellschaft im Ausland - eine ökonomische Analyse März 2003	509.	Tomoo Kikuchi	A Note on Symmetry Breaking in a World Economy with an International Financial Market., October 2003
			510.	Fred G. Becker Oliver Krah	Explorative Studie zur Personaleinführung bei Unternehmen in OWL: Ergebnisübersicht Oktober 2003
			511.	Martin Feldmann Stephanie Müller	Simulation von Reentrant Lines mit ARENA: Ergebnisse eines Projektes

Diskussionspapiere der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

		zur Betriebsinformatik Januar 2004			
512.	Xuemin Zhao Reinhold Decker	Choice of Foreign Market Entry Mode Cognitions from Empirical and Theoretical Studies January 2004	528.	Joachim Frohn, Chen Pu	Alternative ökonomische Zeitverwendungsmodelle Dezember 2004
513.	Volker Böhm Jochen Jungeilges	Estimating Affine Economic Models With Discrete Random Perturbations January 2004	529.	Stefan Niermann Joachim Frohn	Standortfaktoren und ihre Bedeutung für das Abwandern von Unternehmen
514.	Ralf Wagner	Mining Promising Qualification Patterns February 2004	530.	Christoph Wöster	Constructing Arbitrage-free Binomial Models December 2004
515.	Ralf Wagner	Contemporary Marketing Practices in Russia February 2004	531.	Fred G. Becker, Natascha Henseler u.a.	Fremdmanagement in Familienunternehmen Januar 2005
516.	Reinhold Decker Ralf Wagner Sören Scholz	Environmental Scanning in Marketing Planning – An Internet-Based Approach –	532.	Andreas Scholze	Die Bestimmung des Fortführungs-werts in der Unternehmensbewertung mithilfe des Residualgewinnmodells Februar 2005
517.	Dirk Biskup Martin Feldmann	Lot streaming with variable sublots: an integer programming formulation April 2004	533.	Marten Hillebrand Jan Wenzelburger	On the Dynamics of Asset Prices and Portfolios in a Multiperiod CAPM" February 2005
518.	Andreas Scholze	Folgebewertung des Geschäfts- oder Firmenswerts aus Sicht der Meß- bzw. Informationsgehaltsperspektive April 2004	534.	Jan Thomas Martini	Transfer Pricing for Coordination and Profit Determination: An Analysis of Alternative Schemes February 2005
519.	Hans Gersbach Jan Wenzelburger	Do risk premia protect from banking crises? May 2004	535.	Klaus Wersching	Innovation and Knowledge Spillover with Geographical and Technological Distance in an Agentbased Simulation Model May 2005
520.	Marten Hillebrand Jan Wenzelburger	The impact of multiperiod planning horizons on portfolios and asset prices in a dynamic CAPM May 2004			
521.	Stefan Wielenberg	Bedingte Zahlungsverprechen in der Unternehmenssanierung Juni 2004	536.	Anne Chwolka Jan Thomas Martini Dirk Simons	Accounting-Data-Based Transfer Prices in a Team-Investment Setting May 2005
522.	Sören Scholz, Ralf Wagner	The Quality of Prior Information Structure in Business Planning - An Experiment in Environmental Scanning - August 2004	537.	Sören W. Scholz Ralf Wagner	Autonomous Environmental Scanning on the World Wide Web June 2005
523.	Jan Thomas Martini Claus-Jochen Haake	Negotiated Transfer Pricing in a Team-Investment Setting October 2004	538.	Thorsten Pampel	On the convergence of balanced growth in continuous time July 2005
524.	Reinhold Decker	Market basket analysis by means of a growing neural network November 2004	539.	Fred G. Becker Michael K. Ruppel	Karrierestau - Ein Problem von Führungskräften wie Organisationen Juli 2005
525.	Reinhold Decker Sören Scholz	Wie viel darf guter Service kosten? Einkaufsstättenbedingte Preiswahrnehmung im Selbstmedikationsmarkt November 2004	540.	Li Xihao Jan Wenzelburger	Auction Prices and Asset Allocations of the Electronic Equity Trading System <i>Xetra</i> August 2005
526.	Fred G. Becker Roman Bobrichtchev Natascha Henseler	Ältere Arbeitnehmer und alternde Belegschaften: Eine empirische Studie bei den 100 größten deutschen Unternehmen Dezember 2004	541.	Volker Böhm Luca Colombo	Technology Choice with Externalities - A General Equilibrium Approach August 2005
527.	Jan Wenzelburger	Risk Premia in Banking and the	542.	Martin Feldmann Dirk Biskup	On lot streaming with multiple products August 2005

543. Christoph Wöster Die Ermittlung des Conversion
Factors im Futures-Handel
September 2005