

Andreas Löffler

Gewichtete Kapitalkosten (WACC) in der Unternehmensbewertung

– Replik zu Schwetzler/Rapp, FB 2002 S. 502-505 –

I. Einleitung

Bernhard Schwetzler und *Marc-Steffen Rapp* kritisieren die folgenden zwei Punkte in meiner Arbeit.

- Das von mir präsentierte Gegenbeispiel verletze die Annahmen von Miles und Ezzell und sei damit nicht geeignet für eine

**Prof. Dr. Dr. Andreas Löffler,
Lehrstuhl für Banken und Finanzierung,
Universität Hannover,
Königsworther Platz 1, 30169
Hannover. Email: AL@wacc.de.**

Widerlegung ihrer Theorie. Insbesondere sei die von mir angeführte Fundamentalannahme nicht für die Anpassungsgleichung notwendig.

- Selbst wenn die Fundamentalannahme notwendig sein sollte, so ist sie in einem Binomialmodell nicht logisch äquivalent der Bedingung $\frac{1+u}{1+d} = \text{const.}$ (Gleichung (1.11)), die sich in meiner Arbeit¹⁾ findet.

Ich werde auf die Kritik nun wie folgt eingehen. Ich werde zuerst versuchen deutlich zu machen, weshalb der von Schwetzler und Rapp kritisierte erste Punkt in der Tat richtig ist und wie es zu dem Missverständnis kommen konnte. Dabei werde ich etwas ausführlicher auf ein Problem eingehen, das auf den ersten Blick nichts mit der Miles-Ezzell-Anpassung, wohl aber mit Kapitalkosten zu tun hat (Abschn. II.). Im nächsten Schritt werde ich ein anderes Gegenbeispiel präsentieren, mit dem sich wiederum trotz Gültigkeit der Miles-Ezzell-Annahmen eine Arbitrage herleiten lässt und das der Kritik von Schwetzler/Rapp standhält (Abschn. III.). Dabei verlasse ich allerdings den Rahmen des Binomialmodells²⁾. Obwohl dies im Grunde den Punkt zwei der Kritik von Schwetzler/Rapp obsolet macht, werde ich dennoch eine präzise Formulierung für die Gültigkeit der Fundamentalannahme geben und diese auch beweisen (Abschn. IV.). Zuletzt folgt eine Zusammenfassung.

II. Was sind eigentlich Kapitalkosten?

Der ökonomische interessierte Praktiker wird, wenn er sich mit den DCF-Verfahren beschäftigt, auf eine Reihe von grundlegenden Begriffen stoßen, die im Zusammenhang mit diesen Verfahren immer wieder Verwendung finden. So ist davon die Rede, dass die Zahlungsüberschüsse eines Unternehmens, die Cash-flows, angemessen diskontiert und dass die Steuern in diese Rechnung korrekt einbezogen werden müssen. Jedem Bewerter ist dabei ungefähr klar, was Cash-flows sind – wenngleich er im Detail u.U. prüfen muss, ob es sich nun um die Cash-flows vor oder nach Steuern und vor oder nach Zinsen handelt. Auch die Schätzung von Cash-flows, ein in der Theorie gern ausgeblendetes Thema, wird ihm keine allzu großen Irritationen bereiten. Eine vage Vorstellung eines Steuersystems können wir ebenso unterstellen, da eine Vielzahl der an den DCF-Methoden interessierten Personen Steuern zahlt und daher bereits die leidvolle Erfahrung gemacht hat, dass auch der Staat an Investitionen partizipieren will. Was aber sind Kapitalkosten?

Wenn der interessierten Praktiker einen Blick in die einschlägigen Lehrbücher wirft, so findet er zu seinem Erstaunen (im Gegensatz zu dem Fachbegriff Cash-flow sowie den Steuermodellen) keine klare Definition des Begriffs der Kapitalkosten. Das verwundert insbesondere deshalb, weil es sich bei der Finanzierung um ein Teilgebiet der Betriebswirtschaftslehre handelt, bei dem nahezu jeder Sachverhalt im Rahmen formaler Modelle behandelt wird.

Werfen wir also einen Blick in die Lehrbücher und verschaffen uns eine erste Vorstellung von dem, was Kapitalkosten sein sollen. Oft ist davon die Rede, dass Kapitalkosten (erwartete) Renditen aus dem zu bewertenden Projekt sind. So nutzen beispielsweise Copeland/Weston den Ausdruck „rate of return“ statt „cost of capital“, um eine Bewertungsgleichung für ein Unternehmen vorzustellen³⁾. Bei Brealey/Myers lesen wir „the discount rate is determined by rates of return prevailing in capital markets“⁴⁾. Auch de Matos erklärt ausdrücklich, dass es sich bei Kapitalkosten um erwartete Renditen handeln soll⁵⁾.

Diese Einführung des Begriffs der Kapitalkosten wird demjenigen Wissenschaftler, der bereits mit empirischen Daten gearbeitet hat, sehr nahe kommen. In allen empirischen Untersuchungen, die wir beobachten können (und dies gilt sowohl für die theoretischen wie auch die praktischen Arbeiten) werden immer Renditen ermittelt und als Kapitalkosten bezeichnet. Diese Idee hat also außerhalb der Theorie eine sehr starke Verbreitung gefunden. Bezeichnen wir die Cash-flows eines Unternehmens im Zeitpunkt t mit CF_t und den Unternehmenswert mit V_t , so wären Kapitalkosten entsprechend dieser Definition gleich dem Ausdruck

$$(2.1) \quad k_t = \frac{E_{t-1}[CF_t + V_t]}{V_{t-1}} - 1$$

wobei wir mit $E_{t-1}[\]$ den bedingten Erwartungswert bezeichnen, der sich auf die Information des Zeitpunkts $t-1$ bezieht.

Nun finden wir aber in der Literatur ebenso ein zweites Verständnis des Begriffs Kapitalkosten. Als Kapitalkosten werden auch diejenigen Größen bezeichnet, mit denen wir die Cash-flows diskontieren, um zu ihrem Wert zu gelangen. Beispielsweise sprechen bezeichnen Brealey/Myers⁶⁾ mit *adjusted cost of capital* diejenigen Größen, mit denen Cash-flows zu diskontieren sind. Diese Idee finden wir auch bei Miles/Ezzell, wo es heißt „at any time k , (i is the appropriate rate for discounting the time i expected unlevered cash flow in period j where (i is referred to as the unlevered cost of capital“⁷⁾. In eine Gleichung gefasst sähe diese Definition der Kapitalkosten k wie folgt aus:

$$(2.2) \quad V_0 = \sum_{t=1}^T \frac{E[CF_t]}{(1+k)^t}$$

Zusammenfassend können wir also festhalten: es gibt mindestens zwei Möglichkeiten, den Be-

1) FB 2002 S. 502-505, Martin Wallmeier (Augsburg) hat eine gleichlautende Kritik zuvor per E-Mail sowie beim Workshop Unternehmensbewertung am 8. 6. 2002 in Hannover geäußert.
 2) Es muss an dieser Stelle offen bleiben, ob im Rahmen des Binomialmodells überhaupt ein Gegenbeispiel existiert.
 3) Copeland/Weston, *Financial Theory and Corporate Policy*, 3. Aufl. 1990, S. 410.
 4) Brealey/Myers, *Principles of Corporate Finance*, 5. Aufl. 1996, S. 27.
 5) de Matos, *Theoretical Foundations of Corporate Finance*, Princeton University Press 2001, S. 43.
 6) Brealey/Myers, a.a.O. (Fn. 4), S. 532.
 7) Miles/Ezzell, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 1980, S. 719-730.

griff der Kapitalkosten aufzufassen. Kapitalkosten können erwartete Renditen oder Diskontierungsfaktoren sein. Welcher Zusammenhang besteht zwischen beiden Begriffen? Hier nun kommen wir zum Kern des Missverständnisses.

Man kann sich mit etwas fortgeschrittenen Methoden überlegen, dass beide Begriffe logisch nicht gleichwertig sind⁸⁾. Dieses Resultat ist auf den ersten Blick überraschend, da man vermutet, man könne beide Begriffe leicht ineinander überführen. Jedoch liegen die Dinge hier nicht so einfach. Es ist also ein Unterschied, ob man Kapitalkosten als erwartete Renditen oder als Diskontierungsfaktoren auffasst. Das bedeutet für den Theoretiker, dass er im Vorfeld deutlich machen muss, welchen Begriff er vor Augen hat.

Ich bin in meinem Gegenbeispiel, auf das sich Schwetzler/Rapp beziehen, von der Idee ausgegangen, dass Kapitalkosten erwartete Renditen sind. Bei Miles-Ezzell dagegen ist, wie das obige Zitat deutlich macht, ausdrücklich davon die Rede, dass Kapitalkosten nur Diskontierungsfaktoren sind. Die Ausführungen von Schwetzler/Rapp belegen dies. Im Rahmen der Auffassung „Kapitalkosten sind erwartete Renditen“ gilt in meinem Gegenbeispiel der Zusammenhang

$$V_0 = \frac{E[CF_1 + V_1]}{1 + 10\%}$$

Wenn in diesem Beispiel nicht die Möglichkeit besteht, die Cash-flows des Zeitpunkts $t=1$ einzeln zu handeln, kann man sowohl den Unternehmenswert wie auch die Cash-flows nicht einzeln bewerten⁹⁾. Miles-Ezzell dagegen unterstellen, dass die Kapitalkosten auch die Cash-flows einzeln bewerten können. Da der zukünftige Unternehmenswert sicher ist, muss er mit 5% diskontiert werden. Damit muss bei der Diskontierung der Cash-flows der Zusammenhang

$$(2.3) \quad V_0 = \frac{E[CF_1]}{1 + 14,55\%} + \frac{V_1}{1 + 5\%}$$

gelten. Der Diskontierungsfaktor für die Cash-flows ist somit größer als 10%. Da nach Miles-Ezzell Kapitalkosten Diskontierungsfaktoren sind, verletzt mein Gegenbeispiel in der Tat die Annahmen von Miles und Ezzell und kann schwerlich dazu dienen, ihre Theorie zu widerlegen.

Was bleibt damit vom bisherigen Gegenbeispiel? Nur die Aussage, dass Kapitalkosten entweder erwartete Renditen oder Kapitalkosten sind und dass man beide Begriffe präzise auseinander halten muss.

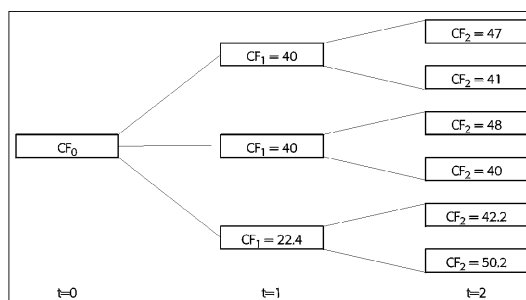
III. Ein neues Gegenbeispiel

1. Das Modell

Wir betrachten eine unsichere Welt mit zwei zukünftigen Zeitpunkten $t=1$ und $t=2$. Eine vollständig eigenfinanzierte Kapitalgesellschaft erwirtschaftet in diesen beiden zukünftigen Zeitpunkten Cash-flows. Da die Cash-flows unsicher sind, verwenden wir zur Darstellung einen Trinomial/Binomialbaum: es kann im ersten Zeitpunkt drei und im zweiten zwei mögliche Zustände geben. Die Zustände im ersten Zeitpunkt

werden mit den Buchstaben u, m, d und die Zustände im zweiten Zeitpunkt mit den Buchstaben u und d bezeichnet. Die zukünftigen Cash-flows der unverschuldeten Unternehmung sind wie in Abb. 1 dargestellt. Es handelt sich um Cash-flows, bei denen bereits die Körperschaftsteuer in Abzug gebracht wurde. Wir nehmen des Weiteren an, dass die Bewegungen in beiden Zeitpunkten mit gleicher Wahrscheinlichkeit erfolgen (also mit jeweils 0,333 im ersten Zeitpunkt und 0,5 im zweiten Zeitpunkt).

Abb. 1: Cash-flows der unverschuldeten Unternehmung



Anhand dieser Daten können wir den Wert der unverschuldeten Unternehmung sofort ermitteln. Wir gehen davon aus, dass der risikolose Zins gerade $r_f = 5\%$ und die Kapitalkosten $k = 10\%$ sind. Da die Kapitalkosten die Opportunitätskosten am Kapitalmarkt beschreiben, sind sie nicht um die Körperschaftsteuer zu kürzen. Die Erwartungswerte der (Nach-Steuer) Cash-flows in den beiden zukünftigen Jahren sind

$$E[CF_1] = \frac{2}{3} \cdot 40 + \frac{1}{3} \cdot 22,4 = 34,133$$

$$(3.1) \quad E[CF_2^{u,m}] = \frac{1}{2} \cdot 47 + \frac{1}{2} \cdot 41 = 44;$$

$$E[CF_2^d] = \frac{1}{2} \cdot 42,2 + \frac{1}{2} \cdot 50,2 = 46,2$$

Daraus folgt der Unternehmenswert der unverschuldeten Firma

$$(3.2) \quad V_0^U = \frac{E[CF_1]}{1+k} + \frac{E[CF_2]}{(1+k)^2} = 68.$$

Wir benötigen für spätere Überlegungen noch den Wert der unverschuldeten Unternehmung im nächsten Zeitpunkt. Wir erhalten

$$(3.3) \quad V_1^{u,m} = \frac{E[CF_2^{u,m}]}{1+k} = 40, \quad V_1^d = \frac{E[CF_2^d]}{1+k} = 42.$$

Da in der verschuldeten Unternehmung Zinsen bei der Körperschaftsteuer abzugsfähig sind,

8) Mehr dazu in der Arbeit Laitenberger/Löffler, *Capital Budgeting in Arbitrage-Free Markets*, erscheint auf www.ssrn.com.

9) Schwetzler/Rapp gehen von der Annahme aus, dass in dem Gegenbeispiel Arrow-Debreu-Wertpapiere existieren. Diese Annahme ist aber keinesfalls selbstverständlich und muss hinterfragt werden. Im Rahmen des Miles-Ezzell Modells wird kein vollständiger Markt vorausgesetzt. Dies macht auch Sinn, denn man kann beispielsweise heute nicht ohne weiteres allein die Dividende einer Aktiengesellschaft in vier Jahren erwerben, ohne die Aktie selbst zu kaufen.

kommt es zu einem Steuervorteil aus der Fremdfinanzierung. Wir wollen uns nun der Ermittlung dieses Steuervorteils zuwenden.

2. Die verschuldete Unternehmung und die Arbitragegelegenheit

Jetzt betrachten wir eine Unternehmung, die sich anteilig mit Fremdkapital finanziert. Dieses Fremdkapital sei sicher. Wir unterstellen, dass die verschuldete Unternehmung eine Fremdkapitalquote von $f = 79,01031\%$ hat. Dieser ungerade Zahlenwert wurde mit Absicht gewählt, damit der Wert der verschuldeten Unternehmung wieder eine ganze Zahl wird (siehe unten). Die Fremdkapitalquote bleibt über die Laufzeit der Unternehmung konstant. Der Körperschaftsteuersatz ist $s = 25\%$.

Um den Wert der verschuldeten Unternehmung zu bestimmen, verwenden wir die Theorie von *Miles-Ezzell*. In einem ersten Schritt sind dabei die Kapitalkosten der unverschuldeten Unternehmung mit den durchschnittlichen Kapitalkosten der verschuldeten Unternehmung in Beziehung zu setzen. Nach *Miles* und *Ezzell* gilt¹⁰⁾

$$(3.4) \quad WACC = (1+k) \cdot \left(1 - \frac{s \cdot r_f}{1+r_f} \cdot f\right) - 1.$$

Setzen wir die gegebenen Daten ein, so ergibt sich ein Wert für die durchschnittlichen Kapitalkosten i.H.v.

$$WACC = (1+10\%) \cdot \left(1 - \frac{25\% \cdot 5\%}{1+5\%} \cdot 79,0103056\%\right) - 1 = 8,965\%$$

Nach *Miles* und *Ezzell* sind nun die Cash-flows der unverschuldeten Unternehmung mit diesen durchschnittlichen Kapitalkosten zu diskontieren, das Ergebnis ist der Wert der verschuldeten Unternehmung. Wir erhalten¹¹⁾

$$(3.5) \quad V_0^L = \frac{E[CF_1]}{1-WACC} + \frac{E[CF_2]}{(1+WACC)^2} \approx 69.$$

Ist das Unternehmen genau 69 Geldeinheiten Wert, dann gelingt es uns, am Kapitalmarkt eine Arbitragegelegenheit zu konstruieren. Dies macht die bisher verwendete Gleichung (3.4) zunichte. Um die Arbitragegelegenheit zu konstruieren nehmen wir an, dass sowohl das unverschuldete als auch das verschuldete Unternehmen am Kapitalmarkt gehandelt werden.

Wir kaufen am Kapitalmarkt das verschuldete Unternehmen zum errechneten Preis von 69 (long sale). Gleichzeitig verkaufen wir das unverschuldete Unternehmen (short sale) und borgen eine Geldeinheit am Kapitalmarkt. Beim Kauf wurden 69 Geldeinheiten gezahlt, beim Verkauf der unverschuldeten Unternehmung erhielt der Investor 68 und eine Geldeinheit wurde am Kapitalmarkt geborgt: damit hat unser Investor im Zeitpunkt null ein ausgeglichenes Budget. Er muss weder Zahlungen leisten noch fließen ihm Gelder zu.

Im Zeitpunkt $t = 1$ hält der Arbitrageur das verschuldete Unternehmung long, das unverschuldete short. Das bedeutet, dass ihm die Dividen-

de (Cash-flow) des Zeitpunkts $t = 1$ zufließt und er sie sofort dem Käufer der unverschuldeten Unternehmung durchreicht. Allerdings erhält er neben dem Cash-flow des verschuldeten Unternehmens das tax shield: das verschuldete Unternehmen realisiert durch das vorhandene Fremdkapital einen Steuervorteil, und dieser Steuervorteil steht ihm zu. Wie hoch ist dieser Steuervorteil?

Der Steuervorteil der verschuldeten Unternehmung errechnet sich aus dem Produkt von Steuersatz und Zinszahlung des Zeitpunkts $t = 1$. Die Zinszahlung in $t = 1$ wiederum ergibt sich aus dem Produkt aus Zinssatz und Höhe des Fremdkapitals der Vorperiode. Die Höhe des Fremdkapitals der Vorperiode bestimmt sich aus dem Produkt aus dem gesamten Unternehmenswert und der Fremdkapitalquote, die zu Beginn dieses Abschnitts festgelegt wurde. Wir erhalten für das tax shield im ersten Zeitpunkt den Betrag

$$(3.6) \quad tax\ shield_1 = s \cdot r_f \cdot f \cdot V_0^L \approx 0,68146$$

Der Arbitrageur erhält also zusätzlich einen Steuervorteil i.H.v. 0,68146. Des Weiteren zahlt er seinen Kredit aus der Vorperiode i.H.v. 1,05 zurück. Die Differenz von etwa 0,36854 möge sich der Investor wieder am Kapitalmarkt leihen. Wie bereits im Zeitpunkt null hat unser Arbitrageur ein ausgeglichenes Budget: Er muss weder Zahlungen leisten noch fließen ihm Gelder zu.

Kommen wir nun zum letzten Zeitpunkt $t = 2$. Zuerst erhält der Arbitrageur wieder den Steuervorteil aus der Fremdfinanzierung, der sich analog zur Gleichung ermittelt

$$(3.7) \quad tax\ shield_2 = s \cdot r_f \cdot f \cdot V_1^L$$

Allerdings benötigen wir an dieser Stelle Kenntnisse über den Wert des verschuldeten Unternehmens im Zeitpunkt $t = 1$, da dieser Wert die Höhe des dann verfügbaren Fremdkapitals (und damit des Steuervorteils in $t = 2$) determiniert. Um diesen Wert zu bestimmen, sind etwas umfangreichere Überlegungen notwendig.

Der Wert der unverschuldeten Unternehmung im Zeitpunkt $t = 1$ unterscheidet sich von der verschuldeten Unternehmung durch den Steuervorteil aus der Fremdfinanzierung, der eine Periode später realisiert wird. Da die Höhe des Fremdkapitals in $t = 1$ bereits bekannt ist, sind auch die Zinszahlungen und damit die Steuervorteile eine Periode später bekannt und also sicher. Damit ergibt sich für den Wert der verschuldete Firma in $t = 1$ folgender Zusammenhang

$$(3.8) \quad V_1^L = V_1^U + \frac{\overbrace{s \cdot r_f \cdot f \cdot V_1^L}^{tax\ shield\ in\ t=2}}{1+r_f}$$

10) Siehe Miles/Ezzell, a.a.O. (Fn. 7), S. 726.

11) Die Berechnungen wurden ursprünglich mit Excel durchgeführt. Damit der Wert der verschuldeten Unternehmung bis auf sieben Stellen nach dem Komma 68 ergibt, muss der Verschuldungsgrad auf zehn Stellen nach dem Komma präzise gewählt werden. Auf diese Genauigkeiten wurde bei der Darstellung des Gegenbeispiels verzichtet.

Dies ist eine Gleichung in einer Unbekannten. Auflösen nach dem gesuchten Unternehmenswert und Einsetzen der bekannten oder berechneten Größen ergibt nun je nach Knoten zwei verschiedene Ergebnisse

$$(3.9) \quad V_1^t = \frac{V_1^u}{1 - \frac{s \cdot r_f \cdot f}{1 + r_f}} \approx \begin{cases} 40,3798 & \text{wenn } u, m, \\ 42,3988 & \text{wenn } d. \end{cases}$$

Mit diesem Ergebnis und Gleichung (3.7) ergibt sich ein Steuervorteil im Zeitpunkt $t=2$, der mindestens die Höhe

$$(3.10) \quad \text{tax shield}_2 \geq 0,3988$$

besitzt. Jetzt offenbart sich uns der Sinn der Strategie des Arbitrageurs. Im Zeitpunkt $t=2$ erhält er einen Steuervorteil i.H.v. 0,3988. Gleichzeitig zahlt er seine Schulden aus der risikolosen Geldanlage der Vorperiode von

$$0,36854 \cdot 1,05 \approx 0,386967.$$

Damit verbleibt ihm offensichtlich ein positiver Betrag i.H.v. mehr als 0,0118 zur freien Verfügung. Dieser Betrag verbleibt unabhängig davon, welcher zukünftige Zustand sich einstellt: er ist sicher. Das bedeutet: der Investor realisiert ohne eigene finanziellen Mittel einen sicheren Gewinn im Zeitpunkt $t=2$. Das ist eine Arbitragegelegenheit, und wir können davon ausgehen, dass derartige Gelegenheiten an funktionierenden Kapitalmärkten nicht bestehen dürfen. Wir haben in unserer Rechnung offensichtlich einen Fehler gemacht, und dieser Fehler bestand in der Anwendung der Anpassungsgleichung von Miles und Ezzell.

IV. Fundamentalannahme und Binomialmodell

Wie bereits erwähnt ist für die Anwendung der Miles-Ezzell-Anpassung die Fundamentalannahme

$$(4.1) \quad E[CF_{t+1} | F_t] = (1 + g_f) CF_t$$

notwendig. Diese Annahme behauptet, dass die Cash-flows einer bestimmten stochastischen Struktur folgen. Die diesbezüglichen Zusammenhänge konnten im Allgemeinen Fall erst kürzlich offen gelegt werden¹²⁾.

Was bedeutet die Gültigkeit der Fundamentalannahme im Rahmen des Binomialmodells? Dazu versetzen wir uns in den Zeitpunkt t und betrachten alle mögliche Umweltzustände (Knoten). Die rechte Seite der Gleichung (4.1) ist

gleich einem Cash-flow in einem bestimmten Knoten, versehen mit einem deterministischen Faktor. Versuchen wir jetzt die linke Seite dieser Gleichung zu bestimmen.

Der Cash-flow des Zeitpunktes $t+1$ ergibt sich im Binomialmodell aus dem Cash-flow desselben Knotens durch zwei weitere mögliche Bewegungen: wir haben sie üblicherweise mit *up* und mit *down* gekennzeichnet. Da die Wachstumsfaktoren zeitlich nicht konstant sein sollen, werden wir die Faktoren u und d mit einem Zeitindex t versehen. Des Weiteren bezeichnen wir die Wahrscheinlichkeit einer *up*-Bewegung mit p , die Wahrscheinlichkeit der *down*-Bewegung ist demzufolge $1-p$. Der bedingte Erwartungswert zu diesem Zeitpunkt ist dann einfach

$$E[CF_{t+1} | F_t] = CF_t \cdot [(1 + u_t)p + (1 + d_t)(1 - p)].$$

Ein Vergleich mit Gleichung (4.1) verdeutlicht nun den Sinn der Fundamentalannahme. Der Faktor g auf der rechten Seite soll deterministisch, also unabhängig vom aktuellen Knoten sein. Das bedeutet mit Blick auf unseren bedingten Erwartungswert, dass der Ausdruck

$$(4.2) \quad (1 + u_t)p + (1 + d_t)(1 - p) = \text{const}_t.$$

zwar von der Zeit t , nicht aber vom aktuellen Knoten abhängen darf¹³⁾. Der Ausdruck muss daher deterministisch und keine Zufallsvariable sein. Die von mir in der kritisierten Arbeit genannte Bedingung

$$(1 + u_t) = \text{const}_t (1 + d_t)$$

ist in der Tat eine andere Forderung und demzufolge nicht der Fundamentalannahme logisch äquivalent.

V. Zusammenfassung

Aufgrund des in dieser Arbeit präsentierten Gegenbeispiels halte ich meine Aussage weiterhin aufrecht, dass die Miles-Ezzell-Anpassung unter den Annahmen von Miles und Ezzell nicht anwendbar ist und sogar zu Arbitragegelegenheiten führen kann. Mein früheres Gegenbeispiel ist für den Beweis dieser Aussage aber ungeeignet.

Für die Anwendung der Miles-Ezzell-Gleichung ist die Fundamentalannahme notwendig.

Im Rahmen eines Binomialmodells ist diese Fundamentalannahme der Bedingung (4.2) logisch äquivalent.

¹²⁾ Siehe Laitenberger/Löffler, a.a.O. (Fn. 8).

¹³⁾ Im Rahmen eines Trinomialmodells kann dieser Zusammenhang entsprechend verallgemeinert werden.