

Finale Version veröffentlicht und erreichbar unter <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11301-008-0037-3>. Die vorliegende Version berücksichtigt auch das Erratum zu diesem Beitrag unter <http://link.springer.com/article/10.1007/s11301-009-0053-y>. Die publizierte Version und die vorliegende Version unterscheiden sich, abgesehen von der Einarbeitung des Erratums nur im Hinblick auf das Layout und sind ansonsten inhaltlich identisch.

Rainer Niemann^{*}, Caren Sureth[†]

Steuern und Risikobereitschaft in Modellen irreversibler Investitionen

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag bietet einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Forschung auf dem Gebiet der Steuerwirkungen unter Unsicherheit, insbesondere für die Realoptionstheorie. Wir untersuchen den Einfluss der Besteuerung auf die Bereitschaft von Investoren, riskante und irreversible Investitionen durchzuführen. Als Erweiterung der vorliegenden Literatur wird ein einfaches Ertragsteuersystem in ein realoptionsbasiertes Modell irreversibler Investitionen bei Risikoneutralität integriert. Wir zeigen, dass Erhöhungen des Ertragsteuersatzes die Bereitschaft zur Risikoübernahme erhöhen, aber auch verringern können. Wir leiten Kombinationen von Volatilität und Steuersatz her, die verdeutlichen, unter welchen Bedingungen ein einheitlicher Steuereinfluss auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme vorliegt. Numerische Simulationen zeigen, dass eine Erhöhung des Steuersatzes bei geringer Volatilität tendenziell die Bereitschaft zur Risikoübernahme erhöht. Die Einführung einer Abgeltungsteuer reduziert die Bereitschaft, riskante Investitionen zu realisieren. Die Modellergebnisse bestätigen die unter Sicherheit bekannten Wirkungen und ergänzen sie im Hinblick auf Unsicherheit, Irreversibilität und die Bereitschaft zur Risikoübernahme.

JEL-Klassifikation: H21, H24, H25, C54.

Schlüsselwörter: Risikobereitschaft, Steuern und Investitionsentscheidungen, Unsicherheit, Realoptionen

^{*} Rainer Niemann: Institut für Unternehmensrechnung und Steuerlehre, Karl-Franzens-Universität Graz, Universitätsstraße 15, 8010 Graz, Österreich, Email: niemann@uni-graz.de

[†] Caren Surteth: Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Betriebswirtschaftlicher Steuerlehre, Universität Paderborn, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, Deutschland; Email: csureth@notes.upb.de

Taxation and risk-taking for irreversible investment

Abstract

This paper provides an overview of the literature on the influence of taxation on investment behavior under uncertainty, especially under the real options paradigm. We analyze the impact of taxation on risk-taking under irreversibility. Extending the existing literature we integrate a simple tax system into a real option model. Under irreversibility and risk neutrality, raising the tax rate can either increase or reduce risk-taking. Referring to combinations of volatility and tax rate it is possible to identify conditions for an unambiguous influence of taxes on risk-taking. Numerical simulations indicate that raising the tax rate increases risk-taking under low volatility. Implementing a final withholding tax on capital income tends to reduce risky investment. Our findings confirm the well-known results under certainty and extend them with respect to uncertainty, irreversibility, and risk-taking.

Keywords: Risk-taking; Taxes and investment decisions; Uncertainty; Real options

1 Einleitung

Der Einfluss von Steuern auf die Bereitschaft, riskante Investitionen durchzuführen, ist seit vielen Jahren ein zentraler Gegenstand der finanzwissenschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Steuerforschung. Während sich die frühen Beiträge hauptsächlich auf Modelle der Risikonutzentheorie konzentrierten, werden in jüngeren Arbeiten Realoptionsmodelle als Instrument zur Bestimmung des Risikoverhaltens von Investoren angewendet. Diese Methodik führt zu neuartigen und teilweise überraschenden Ergebnissen, beruht jedoch zum Teil auf restriktiven Annahmen und ist daher in der einschlägigen Literatur der Kritik ausgesetzt.¹ In der Risikonutzentheorie hat das Ausmaß des Risikos einer Investition keinen Einfluss auf das Investitionsverhalten eines risikoneutralen Investors. Demgegenüber belegen Modelle der Realoptionstheorie, dass auch risikoneutrale Investoren riskantere Investitionen später durchführen. Vor diesem Hintergrund erscheint es lohnend, den Einfluss der Besteuerung auf die Risikobereitschaft anhand dieser Methodik herauszuarbeiten.

Wie in der betriebswirtschaftlichen Literatur üblich, beschränken wir uns auf eine partialanalytische Vorgehensweise und untersuchen Steuerwirkungen in einzelwirtschaftlichen Investitionskalkülen. Um die Entscheidungswirkungen von Steuern beurteilen zu können, bedarf es eines Maßstabs. Hierzu kann auf das Konzept der Entscheidungsneutralität der Besteuerung zurückgegriffen werden. Entscheidungsneutrale Steuersysteme sind dadurch gekennzeichnet, dass sie die ökonomischen Entscheidungen von Wirtschaftssubjekten nicht beeinflussen. Als wichtigster Spezialfall der Entscheidungsneutralität wird in der Literatur typischerweise die Investitionsneutralität der Besteuerung hervorgehoben,² die sicher stellt, dass die effiziente Ressourcenallokation, die vor Steuern auf effizienten Märkten zustande kommt, auch nach Steuern beibehalten wird. Selbst dann, wenn man die Entscheidungsneutralität nicht als Ziel der Steuerpolitik ansieht, wird ein entscheidungsneutrales Steuersystem als Referenzmodell benötigt, um beurteilen zu können, ob Neutralitätsverletzungen die vom Steuergesetzgeber gewünschte Richtung aufweisen.

Ziel des Beitrags ist es, einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Forschung auf dem Gebiet der Steuerwirkungen unter Unsicherheit zu liefern. Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf den realoptionsbasierten Modellen. Die gängigen Ansätze greifen dabei im Wesentlichen auf das Konzept investitionsneutraler Steuersysteme unter Unsicherheit zurück. Im Zentrum unseres

¹ Vgl. z.B. Kruschwitz (2007), S. 461-465.

² Vgl. z.B. Wagner/Dirrigl (1980), Elschen (1991), Schneider (1992), König/Wosnitza (2004), Schneider (2005).

Beitrags steht jedoch nicht ihre Herleitung, sondern ihre Verwendung als „Eichstrich“ zur Identifikation von Abweichungen vom steuerfreien Fall. Anhand von Neutralitätsbedingungen zeigen wir schließlich als eine Erweiterung des bisherigen Forschungsstandes, unter welchen Bedingungen die Besteuerung die Bereitschaft zur Durchführung riskanter irreversibler Investitionen erhöht oder verringert und welchen Einfluss das Ausmaß des Risikos auf diesen Wirkungsmechanismus hat.

Der Beitrag ist wie folgt strukturiert: Abschnitt 2 bietet einen umfassenden Überblick über die vorliegende Literatur zum Steuereinfluss auf die Risikobereitschaft von Investoren. In Abschnitt 3 wird das Grundmodell der Realoptionstheorie mit Ertragsteuern vorgestellt und die optimale Investitionspolitik hergeleitet. Diese wird in Abschnitt 4 genutzt, um anhand der Wechselwirkungen von Steuersatz und Volatilität den Einfluss der Besteuerung auf die Bereitschaft, riskante irreversible Investitionen durchzuführen, zu untersuchen. Abschnitt 5 beschließt den Beitrag mit einem Fazit und einem Ausblick auf weiterführende Forschungsfragen.

2 Besteuerung und Investitionsverhalten bei Risiko – ein Überblick

Der Einfluss der Besteuerung auf das Investitionsverhalten bei Risiko wird in der Literatur seit langem diskutiert.³ In diesem Zusammenhang werden insbesondere Fragen nach den Wirkungen von beschränkter Verlustverrechnung und progressivem Steuertarif behandelt. Ein frühzeitiger wegweisender Beitrag wurde von Domar/Musgrave (1944) publiziert. Sie weisen nach, dass die Bereitschaft zu riskanten Investitionen entscheidend von den Verlustverrechnungsmöglichkeiten abhängt. Je vollständiger die Verlustverrechnungsmöglichkeiten, desto größer wird die Bereitschaft zur Risikoübernahme ausgeprägt sein.⁴ Mossin (1968) verallgemeinert ihre Aussagen mit Hilfe des Erwartungsnutzens,⁵ Näsl und (1968) bestätigt sie mit Hilfe mathematischer Optimierung, und Russell/Smith (1970) verwenden Kriterien stochastischer Dominanz zur Analyse der Risikoübernahme. Auch Richter (1960), Stiglitz (1969), Allingham (1972), Haegert/Kramm (1975) und Sandmo (1989) verwenden die Risikonutzentheorie, um den Einfluss der Einkom-

³ Ein knapper Überblick über den Stand der Forschung in der Betriebswirtschaftlichen Steuerlehre auf dem Gebiet der Berücksichtigung von Steuern in Modellen unter Unsicherheit findet sich bei Hundsdoerfer/Kiesewetter/Sureth (2008), S. 76-78.

⁴ Vgl. Domar/Musgrave (1944), S. 388-393, Tobin (1958), S. 81 f.

⁵ Daneben existiert eine Vielzahl von finanzierungstheoretischen Modellen (z.B. Zwei-Asset-Ansatz, CAPM) und Arbeiten entscheidungstheoretischer Natur, die primär die Wirkungen einer Einkommensteuer auf Investitionsentscheidungen untersuchen. Vgl. z.B. Brennan (1970), Cansier (1985) und Wiese (2006) und die dort angegebene Literatur.

mens-, Vermögens- und Kursgewinnbesteuerung mit und ohne Verlustverrechnungsmöglichkeiten auf die Nachfrage nach riskanten Vermögensgegenständen zu erklären.⁶

In der deutschsprachigen Literatur haben z.B. Hax (1991) und Neus/v. Hinten (1992) diese Probleme vor dem Hintergrund der damals geplanten Unternehmensteuerreform diskutiert. Der Einfluss progressiver Steuertarife auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme wird z.B. von Feldstein (1969), Ahsan (1974), Schneider (1977, 1980), Fellingham/Wolfson (1978), Bamberg (1984), Bamberg/Richter (1984) thematisiert. Es wird nachgewiesen, dass progressive Einkommensbesteuerung die Nachfrage risikoneutraler Investoren nach riskanten Projekten reduziert, dass jedoch für risikoaverse Investoren nur bedingte Aussagen in Abhängigkeit der Tarif- und der Nutzenfunktion möglich sind.⁷

Auch zu den Wirkungen der asymmetrischen Behandlung von Gewinnen und Verlusten existiert in der finanzwissenschaftlichen Literatur ein breites Schrifttum.⁸ So wurde z.B. die Einführung der „Alternative Minimum Tax“⁹ durch den Tax Reform Act 1986 von zahlreichen Beiträgen in der US-amerikanischen Literatur begleitet, die sich mit deren Auswirkungen auf das Investitionsverhalten auseinandersetzten.¹⁰ Wegen der Pfadabhängigkeit von Verlustverrechnungsvorschriften wurde die Anwendung numerischer Verfahren zur Bewertung von Investitionsobjekten mit steuerlichen Verlusten notwendig.¹¹ Numerische Simulationsrechnungen zur Verlustbehandlung finden sich auch in der deutschsprachigen Literatur.¹² Des Weiteren liegen kapitalmarkt- und op-

⁶ Zur Kritik an einigen Modellannahmen vgl. Feldstein (1969).

⁷ Vgl. Bamberg (1984), S. 265, Bamberg/Richter (1984). Der von Ahsan (1974), S. 321 verwendete Steuertarif ist z.B. indirekt progressiv.

⁸ Vgl. z.B. Mintz (1981), Auerbach (1986), Auerbach/Poterba (1987), MacKie-Mason (1990), Eeckhoudt/Gollier/Schlesinger (1997). Zur empirischen Relevanz vgl. z.B. Mintz (1988) anhand effektiver Steuersätze sowie Altshuler/Auerbach (1990). In der Literatur wurden bereits frühzeitig Parallelen zwischen dem Steueranspruch des Fiskus und dem Auszahlungsprofil einer Kaufoption gezogen. Vgl. Ball/Bowers (1982), Eeckhoudt/Hansen (1982), Majd/Myers (1985, 1987), Schnabel/ Roumi (1990), Lund (1992, 2001), van Wijnbergen/Estache (1999).

⁹ Die Alternative Minimum Tax erfordert die Ermittlung einer eigenständigen Steuerbemessungsgrundlage und unterliegt einem gesonderten Tarif. Sie kann daher als Parallelsteuersystem bezeichnet werden.

¹⁰ Vgl. z.B. Bernheim (1989), Lyon (1990, 1997).

¹¹ Vgl. z.B. Majd/Myers (1985, 1987).

¹² Vgl. bereits Haegert/Kramm (1977), die die Auswirkungen der Einführung eines Verlustrücktrags untersuchen sowie Niemann (2004a) für die Entscheidungswirkungen der deutschen Mindestbesteuerung.

tionspreistheoretische Modelle zur unvollständigen Verlustverrechnung und Veräußerungsgewinnbesteuerung¹³ sowie numerische Simulationen zur asymmetrischen Behandlung von laufenden Gewinnen und Veräußerungsgewinnen vor.¹⁴ In der internationalen Literatur zur asymmetrischen Besteuerung wird allerdings regelmäßig die Besteuerung der Alternativanlage übersehen,¹⁵ die für den Steuereinfluss auf Investitionsentscheidungen wesentlich sein kann.

Die Wirkungsweise von Verlustverrechnungsbeschränkungen hängt maßgeblich von der betrachteten Entscheidungssituation des Investors ab. Eindeutige Aussagen lassen sich jedoch herleiten, wenn im Entscheidungszeitpunkt kein steuerlicher Verlustvortrag existiert. In diesem Fall benachteiligt jede Abweichung vom sofortigen, vollständigen Verlustausgleich Realinvestitionen und bewirkt eine verringerte Bereitschaft zur Risikoübernahme, da der Fiskus zwar an Gewinnen voll partizipiert, an Verlusten jedoch nur in reduziertem Umfang beteiligt ist. Liegt dagegen im Entscheidungszeitpunkt bereits ein Verlustvortrag vor, ist keine eindeutige Aussage über die Investitionswirkungen möglich, da Realinvestition und Unterlassungsalternative unterschiedlich stark von Verlustverrechnungsbeschränkungen beeinträchtigt werden können.¹⁶

Die Entscheidungswirkungen unterschiedlicher Systeme der Zinsbesteuerung, z.B. einer traditionellen Einkommensteuer mit voller Zinsbesteuerung oder einer Abgeltungsteuer mit reduzierter Besteuerung von Kapitaleinkünften wurde in der deterministischen Literatur bereits analysiert,¹⁷ jedoch fehlen entsprechende Untersuchungen unter Unsicherheit und Irreversibilität.

In den 1960er und 1970er Jahren wurden überwiegend nutzentheoretische Methoden verwendet, um den Einfluss der Besteuerung auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme herzuleiten.¹⁸ Mit der Entwicklung der Realoptionstheorie,¹⁹ die seit Mitte der 1980er Jahre zur Beurteilung riskanter, irreversibler Investitionen herangezogen wird,²⁰ wurde die methodische Basis auch für steuerliche Untersuchungen deutlich erweitert. Seit den 1990er Jahren werden Steuern in realoptionsbasierte

¹³ Vgl. etwa Viard (2000), Klein (2001).

¹⁴ Vgl. Sureth/Langeleh (2007).

¹⁵ Vgl. z.B. De Waegenaere/Sansing/Wielhouwer (2001), Panteghini (2001a, 2001b), z.T. Schnabel/ Roumi (1990).

¹⁶ Vgl. Niemann (2004a).

¹⁷ Vgl. Wagner (2001), Kiesewetter/Niemann (2004).

¹⁸ Für die Diskussion der Modellannahmen vgl. Jansen (2000).

¹⁹ Vgl. z.B. Brennan/Schwartz (1985), McDonald/Siegel (1986), Dixit/Pindyck (1994), Trigeorgis (1996). Die Realoptionstheorie basiert ursprünglich auf der Theorie der Finanzoptionen. Vgl. Black/Scholes (1973), Merton (1973). Für eine Übersicht über den Stand der Forschung der Bewertung von Investitionen durch Realoptionsansätze vgl. Baecker/Hommel (2004).

²⁰ Jüngere Erweiterungen der Realoptionstheorie umfassen asymmetrische Information sowie strategisches Verhalten und Wettbewerb. Vgl. z.B. Moretto (2000, 2008), Lensink/Sterken (2001), Lambrecht/Perraudin (2003), Kong/Kwok (2007).

Modelle integriert.²¹ Auf diese Weise ist es möglich, optimales Investitionsverhalten unter Berücksichtigung von unternehmerischer Flexibilität und Irreversibilität herzuleiten. Da investitionsneutrale Steuersysteme unter Sicherheit bereits seit Jahrzehnten bekannt sind,²² sind neutrale Steuersysteme unter Unsicherheit von besonderem Interesse. Diese konnten sowohl für risikoneutrale²³ als auch zum Teil für risikoaverse Investoren²⁴ nachgewiesen werden.

Auch in der Realoptionsliteratur wurden bereits die Wirkungen asymmetrischer Besteuerung auf die Vorteilhaftigkeit riskanter Investitionen bei Risikoneutralität analysiert. Panteghini (2001a, 2001b) leitet Neutralitätsbedingungen bei Irreversibilität und asymmetrischer Besteuerung her.²⁵ Panteghini (2005) verallgemeinert die Aussagen für zweistufige Investitionsmöglichkeiten.²⁶ Gries/Prior/Sureth (2007) weisen analytische Bedingungen für verzerrende und neutrale Wirkungen einer Gewinnsteuer auf die Bereitschaft nach, nichtabnutzbare riskante Investitionsprojekte zu realisieren. Alvarez/Koskela (2008) untersuchen den Einfluss eines indirekt progressiven Steuersystems auf das Investitionsverhalten bei Irreversibilität. Sie zeigen, dass je nach Grad der Volatilität unterschiedliche Steuerwirkungen eintreten können. Für geringe Volatilität hat der Steuersatz keinen Einfluss auf die Investitionsschwelle, für hohe Volatilität dagegen sinkt die kritische Investitionsschwelle mit steigendem Steuersatz.

In den bislang genannten Quellen werden überwiegend Zahlungsüberschüsse als stochastische Größen modelliert. Ein weiterer Zweig der Literatur erweitert die Ursachen der Unsicherheit um das Steuersystem selbst. Nachdem auf diesem Gebiet zunächst überwiegend volkswirtschaftliche Beiträge publiziert wurden,²⁷ erscheinen seit Ende der 1990er Jahre zunehmend einzelwirtschaftliche Investitionskalküle, die unterschiedliche steuerliche Parameter als Zufallsvariablen beinhalten. Stochastische Anrechnungsfaktoren in einem körperschaftsteuerlichen Anrechnungssystem werden von Pointon (1998) untersucht, stochastische Investitionszulagen von Hassett/Metcalf (1999). Den Einfluss von Steuersatzunsicherheit analysiert Niemann (2004b). Sowohl unter Risikoneutralität als auch unter Risikoaversion ist der Einfluss der Steuersatzvolatilität uneindeutig,

²¹ Vgl. z.B. Harchaoui/Lasserre (1996), Jou (2000), Pennings (2000), Agliardi (2001).

²² Vgl. z.B. Brown (1948), Samuelson (1964), Johansson (1969), Hartman (1978), Wenger (1983), Boadway/Bruce (1984), Fane (1987), Bond/Devereux (1995).

²³ Vgl. z.B. Niemann (1999), Sureth (1999, 2002).

²⁴ Vgl. Niemann/Sureth (2004, 2005).

²⁵ Panteghini (2001a, 2001b) beschränkt sich auf die Betrachtung von Steuersystemen ohne Zinsbesteuerung und schließt damit eine traditionelle Einkommensteuer implizit aus.

²⁶ Panteghini (2005) betrachtet mit der zinsbereinigten Einkommensteuer ebenfalls ein Steuersystem ohne Zinsbesteuerung.

²⁷ Vgl. z.B. Auerbach/Hines (1987, 1988), Alm (1988), Skinner (1988), Bizer/Judd (1989), Watson (1992).

d.h. erhöhte Unsicherheit des Nominalsteuersatzes kann Realinvestitionen gegenüber Finanzanlagen relativ verbessern oder verschlechtern.

Seit 2000 werden auch realoptionstheoretische Modelle genutzt, um die Wirkungsweise unsicherer Steuersysteme zu erforschen. Böhm/Funke (2000) gelangen dabei zu dem Ergebnis, dass die Auswirkungen von Steuerunsicherheit relativ gering sind. Agliardi (2001) analysiert unsichere Investitionszulagen. Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass unsichere Steuerpolitik zur Verzögerung von Investitionen beiträgt. Steuersatzunsicherheit wird von Panteghini (2001a, 2001b) betrachtet. Um die Effekte simultaner Steuertarif- und Bemessungsgrundlagenunsicherheit bei irreversiblen Investitionen abzubilden, modelliert Niemann (2007) die Steuerzahlung als stochastischen Prozess. Auch in dieser Modellvariante, bei der ein risikoneutraler Investor unterstellt wird, bestätigt sich die uneindeutige Wirkung von Steuerunsicherheit, durch die Realinvestitionen sowohl begünstigt als auch benachteiligt werden können.

Als alternative Methode zur Bewertung riskanter Zahlungsüberschüsse wird in der Literatur die Martingaltheorie angewendet.²⁸ Auch diese Methode wurde bereits genutzt, um investitionsneutrale Steuersysteme nachzuweisen.²⁹ Der Einfluss der Besteuerung auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme wurde bislang nicht mit Hilfe der Martingaltheorie untersucht.

Der vorliegende Beitrag greift auf die Realoptionstheorie zurück, da sie - unter vereinfachenden Annahmen - die analytische Herleitung der optimalen Investitionspolitik nach Steuern erlaubt. Der Einfluss der Besteuerung auf die Bereitschaft zur Durchführung riskanter irreversibler Investitionen kann durch die Variation steuerlicher Parameter, insbesondere des Nominalsteuersatzes, unmittelbar anhand der Änderung der optimalen Investitionspolitik identifiziert werden. Aufgrund der leichteren Veranschaulichung wird der Realoptionstheorie hier der Vorzug gegenüber der Martingaltheorie gegeben.

3 Irreversible Investitionen bei Risiko

Im Folgenden wird in Anlehnung an das Dixit-Pindyck-Standardmodell das Modell einer Warteoption betrachtet. Die Warteoption ist das realwirtschaftliche Analogon zur Kaufoption auf Wertpapiere. Der Inhaber einer Warteoption hat in jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, ein Investitionsobjekt mit stochastischem Cashflow durchzuführen oder die Durchführung aufzuschieben. Die

²⁸ Vgl. Harrison/Kreps (1979), Harrison/Pliska (1981).

²⁹ Vgl. Löffler/Schneider (2003), Schneider (2005).

Durchführung der Investition entspricht damit der Ausübung der Option. Die deterministische Anschaffungsausgabe I ist äquivalent zum Basispreis einer finanzwirtschaftlichen Option. Durch den Abbruch des Warteprozesses wird die Investition durchgeführt. Dem Investor fließen dann die laufenden Zahlungsüberschüsse Z zu. Der Startwert der Zahlungsüberschüsse ergibt sich aus der für den Investor beobachtbaren aktuellen Realisation des Prozesses im Investitionszeitpunkt. Entschieden sich der Investor dafür, die Investition aufzuschieben, verzichtet er auf die Zahlungsüberschüsse Z und kann auf diese Weise unerwartet niedrige Zahlungsüberschüsse bei ungünstiger Umweltentwicklung vermeiden. Die Cashflow-Unsicherheit wird durch eine exogen gegebene geometrische Brownsche Bewegung abgebildet³⁰

$$\frac{dZ}{Z} = \alpha dt + \sigma dz \quad (1)$$

mit der Wachstumsrate α und der konstanten Volatilität σ , wobei dz das Inkrement eines Standard-Wiener Prozesses bildet.

Die Durchführung der Investition ist irreversibel, das heißt, der Investor hat keine Möglichkeit, das Investitionsobjekt während der unendlichen Laufzeit der Investition zu veräußern. Auch die Laufzeit der Option wird als unendlich angenommen.³¹ Das Investitionsprojekt weist außer dem Cashflow keine zusätzlichen nutzensteigernden Komponenten auf, so dass der erwartete Ertragswert der einzige Werttreiber ist. Methoden für die Herleitung einer Investitionsregel unter Unsicherheit und zur Bestimmung des Wertes der Warteoption sind die dynamische Programmierung und die Contingent Claims Analysis.³² Im Folgenden konzentrieren wir uns wegen der hohen Anforderungen, die die Contingent Claims Analysis an die Kapitalmarkteigenschaften stellt,³³ auf die dynamische Programmierung, die als Individualkalkül betrachtet werden kann.³⁴ Eine weitere vereinfachende Annahme besteht in der Risikoneutralität des Investors. Diese Modellannahme ist

³⁰ Im Allgemeinen wird für den Cashflow ein Diffusionsprozess angenommen, der eine Funktion einer stochastischen Variable und der Zeit ist. Aus Gründen der analytischen Lösbarkeit beschränken wir uns auf den Fall der geometrischen Brownschen Bewegung. Zu allgemeinen Itô-Prozessen in der Realloptionstheorie vgl. Dixit/Pindyck (1994), S. 70-79, Alvarez/Koskela (2008).

³¹ Diese Annahme beruht auf der Notwendigkeit der formalen Vereinfachung. Bei endlicher Optionslaufzeit würde das Investitionsproblem eine partielle Differentialgleichung beinhalten, für die keine analytischen Lösungen vorliegen.

³² Für eine kritische Gegenüberstellung der Ansätze vgl. Niemann/Sureth (2005).

³³ Vgl. Dangel/Kopel (2003). Eine außerordentlich restriktive Annahme der Contingent Claims Analysis ist in der unterstellten Duplizierbarkeit der Rückflüsse der Realinvestition durch am Markt gehandelte Wertpapiere zu sehen. Mit Ausnahme rohstoffnaher Investitionen, für die z.B. Futuresmärkte existieren, wird diese Annahme regelmäßig nicht erfüllt sein.

³⁴ Die häufig geäußerte Kritik an einer unreflektierten Übertragung der Optionspreistheorie auf realwirtschaftliche Sachverhalte betrifft daher nicht die hier verwendete Methode, da hier die an Finanzmärkten gegebene Duplikationseigenschaft nicht benötigt wird.

zwar restriktiv, jedoch lassen sich die zentralen Einflüsse des Steuersystems auf die Bereitschaft des Investors, riskante Investitionen durchzuführen, unter der Annahme der Irreversibilität auch bei Risikoneutralität herleiten.³⁵

Für die folgende Analyse unterstellen wir ein stilisiertes Steuersystem, das einige Elemente real existierender Steuersysteme ausblendet. Wir beschränken uns auf eine Ertragsteuer mit nur einer Besteuerungsebene.³⁶ Die Steuerbemessungsgrundlage entspricht dem Cashflow Z abzüglich der Abschreibungen der Realinvestition AfA , die deterministisch oder stochastisch sein können.³⁷ Nach geltendem Steuerrecht ist die Summe der Abschreibungen auf die Anschaffungsausgabe beschränkt, in neutralen Steuersystem dagegen ist dies nicht notwendigerweise der Fall. Im System der Besteuerung des ökonomischen Gewinns entspricht die Summe der Abschreibungen dem Ertragswert und kann somit von der Investitionsausgabe abweichen.³⁸ Der Steuersatz s ist annahm gemäß deterministisch und konstant. Unterstellt man einen sofortigen vollständigen Verlustausgleich, ergibt sich als nachsteuerlicher Cashflow Z_s :

$$Z_s = Z - s(Z - AfA) = (1 - s)Z + sAfA. \quad (2)$$

Als Unterlassungsalternative wird eine festverzinsliche Finanzanlage betrachtet, die den konstanten risikofreien Kapitalmarktzins i erwirtschaftet. Die Zinssätze für die Kapitalanlage und -aufnahme stimmen überein. Aufgrund der Annahme der Risikoneutralität des Investors entspricht die individuelle Zeitpräferenzrate dem risikofreien Zins. Um eine möglichst allgemeine Darstellung investitionsneutraler Steuersysteme zu gewährleisten, wird der Parameter γ eingeführt. Der Bruchteil γ der Soll- und Habenzinsen ist abzugsfähig bzw. steuerpflichtig. Konsumsteuersysteme, in

³⁵ Grundsätzlich können auch unter Risikoaversion investitionsneutrale Steuersysteme hergeleitet werden. Verwendet man dynamische Programmierung, erfordert dies die Spezifikation der Nutzenfunktion des Investors einschließlich einer (exogenen) individuellen Zeitpräferenzrate. Streng genommen erfordert die Nutzenmaximierung unter Risikoaversion ein Totalmodell aller Entscheidungsvariablen eines Investors, da die Nichtlinearität der Nutzenfunktion keine Separation von Teilentscheidungsfeldern wie Konsum, Ersparnis und Investition erlaubt. Die notwendigen Totalmodelle unter Berücksichtigung von Steuern liegen derzeit jedoch noch nicht vor. Unter Verwendung eines individuellen Partialmodells dagegen können unter relativ restriktiven Annahmen wiederum investitionsneutrale Steuersysteme hergeleitet werden. Ein neutrales Steuersystem bei risikoaversen Investoren ist durch drei Abschreibungskomponenten charakterisiert. Da unterschiedliche Investoren unterschiedliche Risikonutzenfunktionen aufweisen, sind die auf diese Weise hergeleiteten neutralen Steuersysteme durch die unterstellte Nutzenfunktion determiniert; intersubjektive Entscheidungsneutralität der Besteuerung kann somit nicht gewährleistet werden. Zwar liegt somit ein Maßstab zur Beurteilung von Steuerwirkungen vor, allgemeingültige Aussagen zur Gestaltung von Steuerbemessungsgrundlagen können daraus für die Steuerpolitik jedoch nicht abgeleitet werden. Vgl. Niemann/Sureth (2004).

³⁶ Die Annahme entspricht der Besteuerung von Personengesellschaften und damit dem Transparenzprinzip.

³⁷ Unter Abschreibungen werden hier sowohl laufende als auch einmalige Abschreibungen verstanden. Zum Standardmodell vgl. Kruschwitz (2007), S. 140-149. Empirische Untersuchungen deuten darauf hin, dass Abschreibungen die einzige von Investoren vor Durchführung der Investition antizipierte zahlungsverschiedene Bemessungsgrundlagenkomponente sind. Vgl. Schwenk (2003).

³⁸ Vgl. Schneider (1969).

denen Zinsen effektiv steuerfrei sind, sind durch $\gamma = 0$ gekennzeichnet. Im Rahmen einer traditionellen Einkommensteuer sind Zinsen voll steuerpflichtig, so dass $\gamma = 1$ gilt. Steuersysteme mit einer Abgeltungsteuer für Zinsen weisen einen Zinsbesteuerungsparameter γ zwischen 0 und 1 auf. Damit ergibt sich ein risikofreier Nachsteuerzins $i_s = (1 - \gamma s)i$.

Zur Herleitung der optimalen Investitionsentscheidung ist zunächst der Wert des Basisobjekts, d.h. der Realinvestition, zu ermitteln. Sobald die Investition durchgeführt wird, ist ihr ökonomischer Wert ausschließlich durch die zukünftigen Cashflows gegeben. Mit der Ausübung der Warteoption geht die Flexibilität verloren. Unter der Annahme eines risikoneutralen Investors ergibt sich der nachsteuerliche Wert der Investition V_s als erwarteter Barwert der zukünftigen nachsteuerlichen Cashflows Z_s auf Basis des nachsteuerlichen risikofreien Kalkulationszinses i_s :

$$V_s \equiv V_s(Z) = E \left[\int_t^\infty Z_s e^{-i_s(r-t)} d\tau \right] = E \left[\int_t^\infty [(1-s)Z + s AfA] e^{-i_s(\tau-t)} d\tau \right]. \quad (3)$$

Spaltet man diesen Ausdruck in versteuerte Vorsteuer-Cashflows und abschreibungsbedingte Steuererminderzahlungen auf, erhält man:

$$V_s(Z) = \frac{(1-s)Z}{i_s - \alpha} + s \int_t^\infty E[AfA] e^{-i_s(\tau-t)} d\tau = \frac{(1-s)Z}{i_s - \alpha} + sE[A]; \quad i_s > \alpha, \quad (4)$$

wobei A dem Barwert aller Abschreibungen entspricht. Um ökonomisch unverträgliche unendliche Projektwerte zu vermeiden, muss angenommen werden, dass $i_s > \alpha$ gilt.

Ist $V_s(Z)$ bestimmt, so kann der Wert der Warteoption ermittelt werden. Da der Optionsinhaber lediglich zwischen Ausüben und Abwarten entscheiden kann, liegt eine binäre Entscheidungsvariable vor, so dass nur zwei disjunkte Möglichkeiten —Ausüben der Option oder Abwarten— ausgewertet werden müssen.

Da die Warteoption als nicht zu- oder abschreibungsfähig betrachtet wird, kann sie weder vor noch nach Steuern eigenständige Zahlungsüberschüsse aufweisen. Beim Halten besteht der einzige Vorteil der Warteoption in ihrer erwarteten Wertsteigerung. In einem Intervall der Länge dt muss die erwartete Wertsteigerung der risikolosen Verzinsung des Optionswertes entsprechen. Dies führt zur Hamilton-Jacobi-Bellman-Gleichung:

$$i_s F_s dt = E[dF_s], \quad (5)$$

wobei F_s dem Wert der Warteoption nach Steuern entspricht. Die Anwendung von Itô's Lemma³⁹ auf das stochastische Differential dF_s führt zu der folgenden (nicht stochastischen) partiellen Differentialgleichung:

$$\frac{\delta F_s}{\delta t} + \frac{1}{2} \sigma^2 Z^2 \frac{\delta^2 F_s}{\delta Z^2} + \alpha Z \frac{\delta F_s}{\delta Z} - i_s F_s = 0. \quad (6)$$

Da wir uns auf die Betrachtung einer unendlich laufenden Option beschränken, entfällt die Zeitableitung $\frac{\delta F_s}{\delta t}$ und (6) vereinfacht sich zur gewöhnlichen Differentialgleichung:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 Z^2 \frac{dF_s}{dZ^2} + \alpha Z \frac{dF_s}{dZ} - i_s F_s \quad (7)$$

mit der allgemeinen Lösung

$$F_s(Z) = B_s Z^{\lambda_s}, B_s > 0, \lambda_s = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2i_s}{\sigma^2}}, \quad (8)$$

mit B_s als zu bestimmender Konstante. Es kann gezeigt werden, dass für beliebige Kombinationen von α, σ und i_s stets $\lambda_s > 1$ gilt. Die Randbedingungen für die optimale Ausübung der Warteoption lauten

$$F_s(0) = 0 \quad (9)$$

$$F_s(Z_s^*) = V_s(Z_s^*) - I \quad (10)$$

$$\frac{dF_s(Z_s^*)}{dZ} = \frac{dV_s(Z_s^*)}{dZ}. \quad (11)$$

Gleichung (9) besagt, dass eine Kaufoption auf ein wertloses Basisobjekt ihrerseits wertlos ist. Die Gleichungen (10) und (11) sind freie Randbedingungen, die den optimalen Übergang vom Warteintervall zur Ausübung an der kritischen Investitionsschwelle Z_s^* beschreiben. Die so genannte Value-Matching-Bedingung (10) fordert, dass „Kosten“ und „Nutzen“ der Investitionsdurchführung im Übergangspunkt übereinstimmen. Gleichung (11), die Smooth-Pasting-Bedingung, verlangt entsprechen die Identität der marginalen „Kosten“ und „Nutzen“.

³⁹ Vgl. Itô (1951).

Erfolgt eine Beschränkung auf deterministische Abschreibungen, so kann die kritische Investitionsschwelle Z_s^* analytisch berechnet werden:

$$Z_s^* = \frac{\lambda_s}{\lambda_s - 1} \frac{i_s - \alpha}{1 - s} (I - sA). \quad (12)$$

Der kritische Wert Z_s^* gibt an, ob die Investition verschoben oder sofort durchgeführt werden sollte. Ist die aktuell beobachtete Ausprägung von Z größer als Z_s^* , sollte sofort investiert werden. Andernfalls ist weiteres Abwarten zu bevorzugen, bis Z_s^* erreicht ist.

Als Referenzpunkt kann die kritische Investitionsschwelle Z^* im Vor-Steuer-Fall herangezogen werden, die sich durch Nullsetzen des Steuersatzes s ergibt:

$$Z^* = \frac{\lambda}{\lambda - 1} (i - \alpha) I \quad \text{mit} \quad \lambda = \lambda_s|_{s=0}. \quad (13)$$

Liegen die optimalen Investitionsschwellen vor und nach Steuern vor, können investitionsneutrale Abschreibungsbarwerte A^* durch Gleichsetzen der beiden Werte hergeleitet werden:

$$\begin{aligned} Z^* &= Z_s^* \\ \frac{\lambda}{\lambda - 1} (i - \alpha) I &= \frac{\lambda_s}{\lambda_s - 1} \frac{i_s - \alpha}{1 - s} (I - sA) \\ A^* &= \frac{1}{s} \left(1 - (1 - s) \frac{\lambda}{\lambda - 1} \frac{\lambda_s - 1}{\lambda_s} \frac{i - \alpha}{i_s - \alpha} \right); \quad 0 < s < 1. \end{aligned} \quad (14)$$

Zwar liegen mit Z_s^* und A^* analytische Ausdrücke für die kritische Investitionsschwelle und den investitionsneutralen Abschreibungsbarwert vor, jedoch ist es typischerweise nicht möglich, auch den funktionalen Zusammenhang zwischen einzelnen Determinanten von Z_s^* und A^* in geschlossener Form darzustellen. Dies gilt beispielsweise für den Zusammenhang zwischen der Projektvolatilität σ und dem Steuersatz s , der im Folgenden von besonderem Interesse sein wird. Daher ist es notwendig, zur Untersuchung des Steuereinflusses auf Z_s^* numerische Simulationsrechnungen durchzuführen.

Da investitionsneutrale Steuersysteme aus der Realloptionsliteratur bekannt sind,⁴⁰ kann hier auf eine detaillierte Diskussion verzichtet werden. Die Cashflow-Steuer⁴¹ und die Besteuerung des ökonomischen Gewinns⁴² sind Spezialfälle investitionsneutraler Steuersysteme.

⁴⁰ Vgl. Niemann (1999), Sureth (1999).

⁴¹ Vgl. Brown (1948).

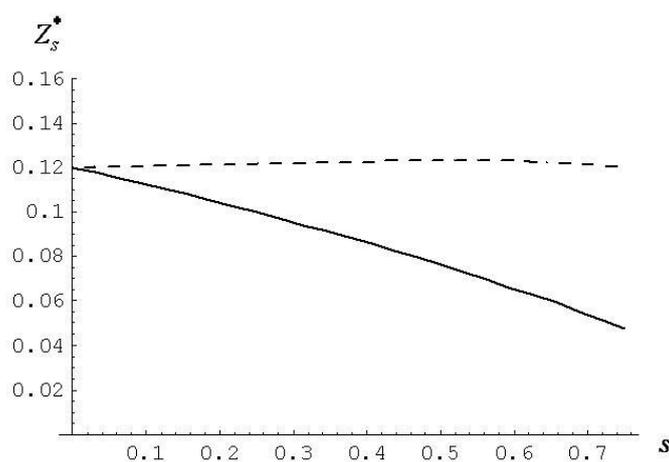
⁴² Vgl. Samuelson (1964), Johansson (1969).

4 Risikoübernahme und Irreversibilität

Es konnte gezeigt werden, dass Bedingungen existieren, unter denen die Besteuerung die Investitionsentscheidung bei Irreversibilität unbeeinflusst lässt. Wie aus (14) hervorgeht, ist der investitionsneutrale Abschreibungsbarwert jedoch nur für ein gegebenes Investitionsrisiko σ definiert. Reale Steuersysteme differenzieren aus Gründen der Rechtssicherheit jedoch nicht nach Risikoklassen, sondern weisen zeitabhängige, z.B. lineare oder degressive, Abschreibungsverläufe auf.

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Einfluss des Steuersatzes auf die kritische Investitionsschwelle Z_s^* . Hierbei gelten die Parameter $I = 1$; $\alpha = 0,02$; $\sigma = 0,2$; $i = 0,08$; $\gamma = 1$. Als Abschreibungsverfahren wird die exponentielle Abschreibung mit Degressionsraten δ von 30% (durchgezogene Linie) und 1% (gestrichelte Linie) verwendet.⁴³

Abbildung 1: Kritische Investitionsschwelle Z_s^* als Funktion des Steuersatzes



Aus Abbildung 1 geht hervor, dass die Einführung realistischer Steuersätze die kritische Investitionsschwelle im Vergleich zum Vor-Steuer-Fall entweder nur geringfügig erhöhen oder verringern (für $\delta = 1\%$) oder aber mehr als halbieren kann ($\delta = 30\%$). Dieser Effekt entspricht dem Steuerparadoxon unter Sicherheit.⁴⁴ Der Verlauf der Funktion für $\delta = 30\%$ erklärt sich einerseits

dadurch, dass der Abschreibungsbarwert im Beispiel $A^* = \frac{0,3}{0,3+0,08 \cdot (1-s)} > 0$ beträgt und damit

den neutralen Abschreibungsbarwert $A^* = \frac{3\sqrt{1-s}-2(1-s)-1}{[4(1-s)-1]s}$ für alle Steuersätze zwischen 0 und

⁴³ Hierbei handelt es sich um eine geometrisch degressive Abschreibung in stetiger Zeit. Der Abschreibungsbarwert bei exponentieller Abschreibung beträgt $\frac{i}{i+\delta}$.

⁴⁴ Vgl. Schneider (1969).

100% deutlich überschreitet. Der niedrige neutrale Abschreibungsbarwert ist maßgeblich darauf zurückzuführen, dass der Optionswert im hier verwendeten Steuersystem nicht abschreibungsfähig bzw. zuschreibungspflichtig ist. Offensichtlich begünstigt dieses Steuersystem die betrachtete Realinvestition. Bereits anhand dieses einfachen Beispiels wird deutlich, dass die steuerliche Behandlung der Warteoption entscheidenden Einfluss auf die Bereitschaft des Investors zur Risikoübernahme aufweist.

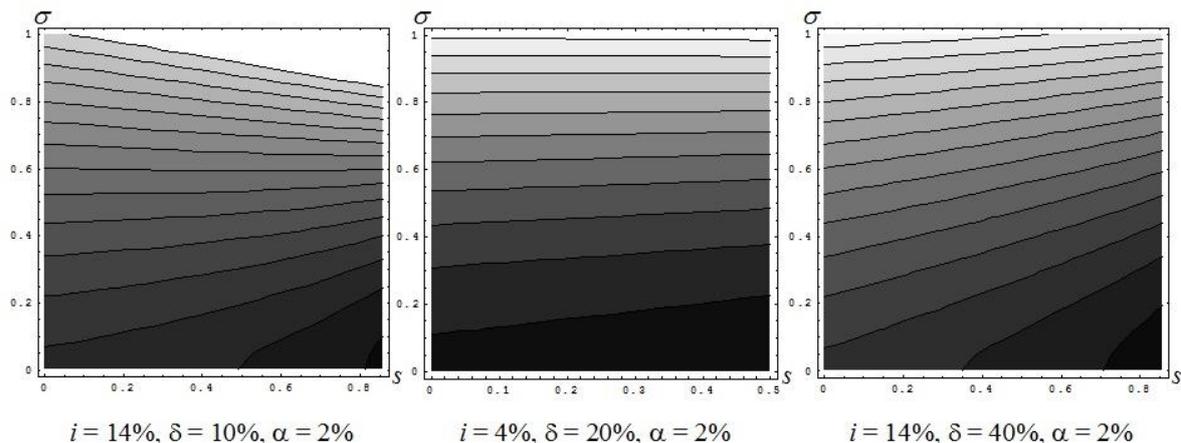
Die Bereitschaft zur Risikoübernahme wird hier mit der Bereitschaft gleich gesetzt, die riskante Investition sofort zu realisieren. Erhöht die Besteuerung die kritische Investitionsschwelle, so ist der Investor weniger geneigt, die riskante Investition unmittelbar durchzuführen. Der Steuereinfluss auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme kann somit in unserem Modell anhand der steuerinduzierten Variationen der kritischen Investitionsschwelle identifiziert werden.⁴⁵

Im obigen Beispiel war das Investitionsrisiko σ gegeben. Eine umfassende Untersuchung des Einflusses der Besteuerung auf die Bereitschaft, riskante irreversible Investitionen durchzuführen, erfordert zusätzlich die Analyse der Wechselwirkungen von Investitionsrisiko, Steuersatz und Steuerbemessungsgrundlage und damit die Variation der drei Parameter. Ein funktionaler Zusammenhang zwischen den Komponenten σ , s und A ist aber in analytischer Form nicht darstellbar.⁴⁶ Daher werden im Folgenden numerische Simulationen durchgeführt, um unterschiedliche Formen des Zusammenwirkens dieser Parameter zu identifizieren. Die nachfolgenden Abbildungen geben exemplarisch Kombinationen von Steuersatz s und Investitionsrisiko σ an, die zu gleichen Investitionsschwellen führen. Diese Isoquanten werden für unterschiedliche Setzungen der Parameter α , s und A ermittelt. Anhand der Steigung der Isoquanten lässt sich erkennen, ob steigende Steuersätze die Bereitschaft zur Risikoübernahme erhöhen (steigende Isoquanten) oder vermindern (sinkende Isoquanten). Der Vor-Steuer-Fall ist durch den Ordinatenabschnitt gegeben. Dieser Wert entspricht damit auch der kritischen Investitionsschwelle bei neutraler Besteuerung. Bei investitionsneutraler Besteuerung verliefen die Isoquanten daher horizontal. Eine Parallele zur Abszisse, die durch den Ordinatenabschnitt für $s = 0$ verläuft, kann als Referenzgröße für die Messung des Einflusses der Besteuerung auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme herangezogen werden.

⁴⁵ Auch mit dem Halten der riskanten Warteoption übernimmt der potentielle Investor Risiko. Da hier von originärem Optionserwerb ausgegangen wird, bei dem die Existenz der Warteoption auf früher durchgeführte Aktivitäten zurückgeführt wird und kein expliziter Erwerbsvorgang der Option stattfindet, liegt bezüglich der Übernahme des Optionsrisikos keine separate Entscheidung des Investors vor.

⁴⁶ Bisher konnten nur für ein vereinfachtes Modell mit nichtabnutzbaren Wirtschaftsgütern und damit ohne steuerliche Abschreibungen analytische Lösungen identifiziert werden. Vgl. Gries/Prior/Sureth (2007).

Abbildung 2: s - σ -Isoquanten der kritischen Investitionsschwelle Z^*



Der Idealfall einer investitionsneutralen Besteuerung lässt sich mit den Steuerbemessungsgrundlagenelementen des geltenden Steuerrechts naturgemäß nicht erreichen, sondern bestenfalls approximieren, da die Warteoption steuerlich nicht als Wirtschaftsgut gilt und daher nicht ab- bzw. zuschreibungsfähig ist. Relativ geringe Steuereinflüsse auf die Risikoübernahme ergeben sich für ein niedriges Zinsniveau und moderate Abschreibungen ($i = 4\%$ und $\delta = 20\%$). Die erwartete Zahlungsstruktur, symbolisiert durch den Wachstumsparameter α , weist keinen substantziellen Einfluss auf den Verlauf der Isoquante auf.

Der für hinreichend hohe σ annähernd horizontale Verlauf der Isoquanten in der mittleren Graphik in Abbildung 2 ist auf zwei gegenläufige Effekte der Besteuerung zurückzuführen: Die im Barwert über den Ertragswertabschreibungen liegende AfA begünstigt Realinvestitionen steuerlich. Bei steigenden Steuersätzen würde der Investor daher beschleunigt investieren. Da der Investor nach geltendem Steuerrecht keine Ertragswertzuschreibungen vornehmen muss, wird die Warteoption für ihn mit wachsenden Steuersätzen attraktiver. Bei relativ riskanten Investitionen gleichen sich diese Effekte annähernd aus. Bei der gewählten Parameterkonstellation kommt es nahezu zu einer neutralen Besteuerung im Hinblick auf die Risikoübernahme.

Konzentriert man sich dagegen auf relativ kleine Volatilitäten σ , steigt die Bereitschaft zur Risikoübernahme mit steigendem Steuersatz, wie an den unteren Isoquanten in der mittleren Graphik von Abbildung 2 zu erkennen ist. Dies ist auf den geringen Wert der Warteoption für kleine Werte von σ zurückzuführen. Folglich ist der Vorteil aus der Nichtzuschreibungspflicht der Warteoption eher gering und es wird für den Investor weniger attraktiv, die Investition aufzuschieben. Der investitionsfördernde Effekt aus der begünstigenden Abschreibung der Realinvestition dagegen ist

unabhängig von σ und dominiert nun die investitionshemmende Wirkung der steuerlichen Behandlung der Option.

Unter den Modellparametern scheint die AfA den stärksten Einfluss auf die Ergebnisse aufzuweisen, da Variationen der Zahlungsstruktur (α) und des Zinsniveaus (i) die qualitative Struktur der Ergebnisse nicht verändern. Es zeigt sich, dass bei niedrigen Abschreibungen der Einfluss der Besteuerung auf die Risikoübernahme uneinheitlich ist. In Abhängigkeit von der Volatilität σ kann sich die Bereitschaft zur Risikoübernahme bei steigendem Steuersatz s sowohl erhöhen als auch verringern. Für geringe Volatilitäten überwiegt der investitionsfördernde Effekt aus der Abschreibungsbegünstigung der Realinvestition.

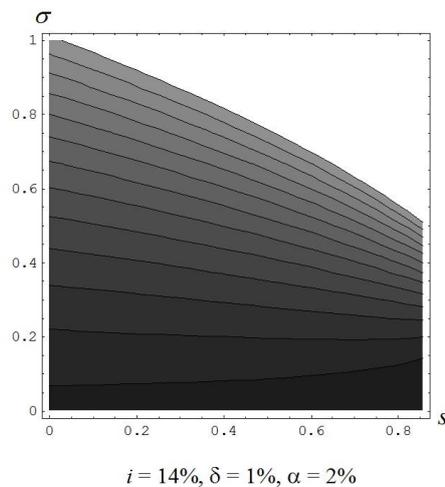
Generell ist zu beachten, dass eine Variation des Steuersatzes zwei gegenläufige Wirkungen auf den Wert der Warteoption hervorruft: Einerseits tritt der bereits beschriebene optionswerterhöhende und damit investitionshemmende Effekt aus der Nichtzuschreibungspflicht auf, der mit steigendem Steuersatz wertvoller wird. Andererseits reduziert ein höherer Steuersatz den Nettozinsatz und senkt damit den Optionswert. Der letztere Effekt wird vom ersten Effekt der Nichtzuschreibungspflicht überkompensiert, so dass es insgesamt zu einer geringeren Bereitschaft zur Risikoübernahme bei steigenden Steuersätzen kommt.

Übersteigt der Barwert der Abschreibungen den Barwert der Ertragswertabschreibungen sehr deutlich (rechte Graphik in Abbildung 2), so kommt es durch höhere Steuersätze für hohe und niedrige Volatilitäten zu einer erhöhten Bereitschaft zur Risikoübernahme, wobei der Effekt für niedrige Volatilitäten wiederum deutlich stärker ausgeprägt auftritt.

Die uneindeutigen bzw. steigenden Verläufe der Isoquanten in der linken und rechten Graphik in Abbildung 2 lassen sich auch für niedrige Zinssätze (z.B. $i = 4\%$) bestätigen, fallen allerdings tendenziell schwächer aus.

Die oben beschriebenen Beispiele sind durch das Vorliegen eines klassischen Steuerparadoxons gekennzeichnet, bei dem der Barwert der AfA den Barwert der Ertragswertabschreibungen übersteigt. Wegen der unendlichen Nutzungsdauer und der geringen Änderung der erwarteten Einzahlungsüberschüsse im Zeitablauf (z.B. $\alpha = 2\%$) sind die Ertragswertabschreibungen sehr gering und liegen deutlich unter der bisher simulierten steuerlich zulässigen AfA. Die aufgezeigten Effekte auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme sind jedoch nicht auf Fälle beschränkt, in denen ein klassisches Steuerparadoxon auftritt, wie die folgende Abbildung exemplarisch verdeutlicht:

Abbildung 3: s - σ -Isoquanten der kritischen Investitionsschwelle Z^* für geringe Abschreibungsbarwerte



Wählt man die Abschreibungsintensität δ sehr gering, so dass es nicht zu einem klassischen Steuerparadoxon kommt, bestätigen sich die zuvor aufgezeigten Wirkungszusammenhänge, jedoch wird es bereits für deutlich niedrigere Volatilitäten zu einer geringeren Bereitschaft zur Risikoübernahme kommen.

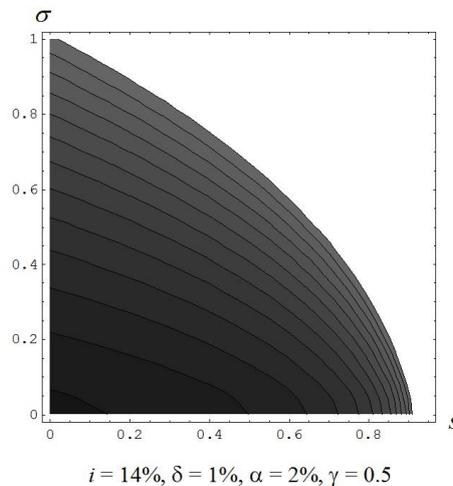
Die bislang dargestellten Ergebnisse bezogen sich auf Steuersysteme mit voller Zinsbesteuerung ($\gamma = 1$). In zahlreichen europäischen Staaten wie z.B. Deutschland ab 2009 oder Österreich seit 1993 jedoch gilt eine Abgeltungsteuer für Kapitaleinkünfte mit einem gegenüber der regulären Einkommensteuer reduzierten Tarif. Wie eine Abgeltungsteuer auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme wirkt, ist jedoch ungeklärt. Bislang wurden nur die Eigenschaften einer Abgeltungsteuer unter Sicherheit untersucht. Es wurde modelltheoretisch gezeigt, dass eine Abgeltungsteuer investitionshemmende Wirkungen aufweist, weil die Mindestrenditeforderung an Realinvestitionen durch die begünstigte Besteuerung der Unterlassungsalternative ansteigt.⁴⁷

Die Integration einer Abgeltungsteuer in das Standard-Realoptionsmodell ist unproblematisch über den Parameter γ möglich. Numerische Simulationen verdeutlichen, dass die Bereitschaft, risikante Investitionen zu realisieren, durch die Einführung einer Abgeltungsteuer tendenziell abnimmt. Unterstellt man zur Veranschaulichung, dass Kapitaleinkünfte stets dem halben regulären

⁴⁷ Vgl. Kieseewetter/Niemann (2004).

Einkommensteuersatz unterliegen ($\gamma = 0,5$),⁴⁸ so ergeben sich die s - σ -Indifferenzkurven der folgenden Abbildung:

Abbildung 4: s - σ -Isoquanten der kritischen Investitionsschwelle Z^* für eine Abgeltungsteuer



Im Vergleich zur Abbildung 3 wird in Abbildung 4 deutlich, dass die Indifferenzkurven stets einen sinkenden Verlauf aufweisen. Zwar sind auch bei einer Abgeltungsteuer steigende Verläufe möglich, jedoch bedarf es hierzu einer wesentlich stärkeren Begünstigung der Realinvestition durch Abschreibungen. Obwohl sich die Anzahl der einzelnen Effekte durch die Modellierung der Unsicherheit wesentlich erhöht, kann die bereits unter Sicherheit bekannte Aussage bestätigt werden, dass eine Abgeltungsteuer investitionshemmend wirkt. Unter Unsicherheit zeigt sich dies zusätzlich durch die verringerte Bereitschaft zur Risikoübernahme.

5 Zusammenfassung

Da die Realloptionstheorie das Investitionsverhalten bei Unsicherheit und Irreversibilität analysiert, wird sie seit den 1980er Jahren zur Verallgemeinerung nutzentheoretischer Entscheidungsmodelle unter Sicherheit und Unsicherheit angewendet. In den vergangenen zehn Jahren wurden realloptionsbasierte Modelle verstärkt auch für die Untersuchung des Steuereinflusses auf Investitionen herangezogen. Dabei handelt es sich nicht nur um die optionspreistheoretische Ausprägung

⁴⁸ In Österreich hat die Kapitalertragsteuer (KESt) abgeltende Wirkung für die Besteuerung von Kapitalerträgen. Der KESt-Satz beträgt 25% und damit die Hälfte des Spitzensteuersatzes der Einkommensteuer. § 1 Abs. 4 des im Verfassungsrang stehenden Endbesteuerungsgesetzes bestimmt, dass der KESt-Satz mindestens 20% und höchstens 50% des Einkommensteuersatzes betragen muss.

der Modelle (Contingent Claims Analysis), sondern auch um Ansätze, die methodisch auf die dynamische Programmierung und damit eine kapitalmarktunabhängige Individualbewertung unternehmerischer Handlungsflexibilität zurückgreifen.

Als Maßstab für die Identifikation von Steuerwirkungen werden investitionsneutrale Steuersysteme benötigt. Unter Risikoneutralität und in eingeschränktem Maße unter Risikoaversion wurden in der Literatur investitionsneutrale Steuersysteme in einem Realoptionskontext hergeleitet. Der Zusammenhang von Steuern und Risiko kann nur in Ausnahmefällen in analytischer Form herausgearbeitet werden. Um weiterreichende Einsichten über die Wechselwirkungen von steuerlichen Parametern und Volatilität zu erlangen, sind numerische Simulationen erforderlich.

Vor diesem Hintergrund untersucht der vorliegende Beitrag den Einfluss der Besteuerung auf die Bereitschaft von Investoren, riskante und irreversible Investitionen durchzuführen. Bei Integration der Besteuerung in ein Realoptionsmodell können Steuerparadoxa auftreten, die nicht nur von der Abschreibung der Realinvestition, sondern auch von der steuerlichen Behandlung der Warteoption abhängig sind. Analysiert man die Determinanten dieser Effekte im Detail, wird deutlich, dass Erhöhungen des Ertragsteuersatzes die Bereitschaft zur Risikoübernahme erhöhen, aber auch verringern können. Wir leiten Kombinationen von Volatilität und Steuersatz her, die verdeutlichen, unter welchen Bedingungen ein einheitlicher Steuereinfluss auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme vorliegt. Numerische Simulationen zeigen, dass eine Erhöhung des Steuersatzes bei geringer Volatilität tendenziell die Bereitschaft zur Risikoübernahme erhöht.

Auch die Auswirkungen aktueller Steuerreformvorhaben lassen sich mit Hilfe des Realoptionsansatzes untersuchen. Die Einführung einer Abgeltungsteuer stellt in diesem Sinne einen Systembruch dar, da von der traditionellen Einkommensteuer mit voller Zinsbesteuerung auf eine reduzierte Kapitaleinkommensbesteuerung übergegangen wird. Die Integration der Abgeltungsteuer in dieses Modell bestätigt zum einen die unter Sicherheit bekannte investitionshemmende Wirkung. Ferner wird deutlich, dass die Abgeltungsteuer zusätzlich die Bereitschaft, riskante Investitionen zu realisieren, reduziert.

In Anbetracht des breiten Anwendungsfeldes realoptionsbasierter Modelle erscheinen einige Modellerweiterungen, die zusätzliche Einsichten in die Wirkungsweise von Steuersystemen erlauben, vielversprechend. Da die Annahme risikoneutraler Investoren eher restriktiv erscheint, wäre die Integration von Risikoaversion wünschenswert, dürfte jedoch nur in Ausnahmefällen in analytischer Form möglich sein. Ähnliches gilt für Ansätze der Behavioral-Finance-Theorie. Auch die

Untersuchung einzelner Steuerbemessungsgrundlagen- oder -tarifelemente ist mit dem vorliegenden Instrumentarium möglich, wird jedoch typischerweise die Anwendung numerischer Verfahren erfordern.

Literatur

- Agliardi E (2001) Taxation and Investment Decisions: A Real Option Approach. *AEP* 40: 44-55
- Ahsan S M (1974) Progression and Risk-Taking. *OEP* 26: 318-328
- Allingham, MG (1972) Risk-Taking and Taxation. *ZfNationalökonomie* 32: 203-224
- Alm J (1988) Uncertain Tax Policies, Individual Behavior, and Welfare. *AER* 78: 237-245
- Altschuler R, Auerbach A J (1990) The Significance of Tax Law Asymmetries: An Empirical Investigation. *QJE* 105: 61-89
- Alvarez L, Koskela E (2008) Progressive Taxation, Tax Exemption, and Irreversible Investment under Uncertainty. *JPET* 10: 149-169
- Auerbach A J (1986) The Dynamic Effects of Tax Law Asymmetries. *RES* 53: 205-225
- Auerbach A J, Hines J R Jr (1987) Anticipated Tax Changes and the Timing of Investment. In: Feldstein M (ed.) *The Effects of Taxation on Capital Accumulation*. University of Chicago Press, Chicago, 163-200
- Auerbach A J, Hines J R Jr (1988) Investment Tax Incentives and Frequent Tax Reforms. *AER, Papers & Proceedings* 78: 211-216
- Auerbach A J, Poterba J M (1987) Tax Loss Carryforwards and Corporate Tax Incentives. In: Feldstein M (Hrsg.) *The Effects of Taxation on Capital Accumulation*. University of Chicago Press, Chicago, 305-338
- Baecker P N, Hommel U (2004) 25 Years Real Options Approach to Investment Valuation: Review and Assessment. *ZfB, Ergänzungsheft* 3: 1-53
- Ball R, Bowers J (1982) Distortions Created by Taxes which are Options on Value Creation. *Australian Journal of Management* 8: 1-14
- Bamberg G (1984) Auswirkungen progressiver Steuertarife auf die Bereitschaft zur Risikoübernahme. In: Blum R, Steiner M (Hrsg.) *Aktuelle Probleme der Marktwirtschaft in gesamt- und einzelwirtschaftlicher Sicht, Festgabe zum 65. Geburtstag von Louis Perridon*. Duncker und Humblot, Berlin, 265-277

- Bamberg G, Richter W F (1984) The Effects of Progressive Taxation on Risk-Taking. *ZfNationalökonomie* 44: 93-102
- Bernheim B D (1989) Incentive Effects of the Corporate Alternative Minimum Tax. *Tax Policy and the Economy* 3: 69-95
- Bizer D S, Kenneth L J (1989) Taxation and Uncertainty. *AER, Papers & Proceedings* 79: 331-336
- Black F, Scholes M S (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *JPE* 81: 637-654
- Boadway R W, Bruce N (1984) A General Proposition on the Design of a Neutral Business Tax. *JPubE* 24: 231-239
- Böhm H, Funke M (2000) Optimal Investment Strategies under Demand and Tax Policy Uncertainty. *CESifo Working Paper No. 311*
- Bond S R, Devereux M P (1995) On the design of a neutral business tax under uncertainty. *JPubE* 58: 57-71
- Brennan MJ (1970) Taxes, Market Valuation and Corporate Financial Policy. *NTJ* 23: 417-427
- Brennan M J, Schwartz E S (1985) Evaluating Natural Resource Investments. *JoB* 58: 135-157
- Brown E C (1948) Business-Income Taxation and Investment Incentives. In: Metzler L A et al. (eds.) *Income, Employment and Public Policy, Essays in Honor of A.H. Hansen*. Norton & Co., New York, 300-316
- Cansier D (1985) Steuern und Investitionsrisiko. In: Cansier D, Kath D (Hrsg.) *Öffentliche Finanzen, Kredit und Kapital*, Berlin, 255-283
- Dangl T, Kopel M (2003) Die Bedeutung vollständiger Märkte für die Anwendung des Realoptionsansatzes. In: Hommel U et al. (eds.) *Reale Optionen, Konzepte, Praxis und Perspektiven strategischer Unternehmensfinanzierung*. Springer, Berlin et al, 37-62
- De Waegenaere A, Sansing R, Wielhouwer J L (2001) Valuation of Deferred Tax Assets from a Net Operating Loss Carryover. *CentER Working Paper No. 2001-24*

- Dixit A K, Pindyck R S (1994) *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press, Princeton
- Domar E D, Musgrave R A (1944) Proportional Income Taxation and Risk-Taking. *QJE* 56: 388-422
- Eeckhoudt L, Gollier C, Schlesinger H (1997) The No-loss Offset Provision and the Attitude Towards Risk of a Risk-Neutral Firm. *JPubE* 65: 207-217
- Eeckhoudt L, Hansen P (1982) Uncertainty and the Partial Loss Offset Provision. *EcLett* 9: 31-35
- Elschen R (1991) Entscheidungsneutralität, Allokationseffizienz und Besteuerung nach der Leistungsfähigkeit. Gibt es ein gemeinsames Fundament der Steuerwissenschaften. *StuW* 68: 99-115
- Fane G (1987) Neutral Taxation under Uncertainty. *JPubE* 33: 95-105
- Feldstein M S (1969) The Effects of Taxation on Risk Taking. *JPubE* 77: 755-764
- Fellingham J C, Wolfson M A (1978) The Effects of Alternative Income Tax Structures on Risk Taking in Capital Markets. *NTJ* 31: 339-347
- Gries T, Prior U, Sureth C (2007) Taxation of Risky Investment and Paradoxical Investor Behavior, arqus Diskussionsbeitrag Nr. 26, www.arqus.info
- Haegert L, Kramm R (1975) Der Einfluß von Ertragsteuern auf die Vorteilhaftigkeit von Investitionen mit unterschiedlichem Risiko. *zfbf* 27: 69-83
- Haegert L, Kramm R (1977) Die Bedeutung des steuerlichen Verlustrücktrags für die Rentabilität und das Risiko von Investitionen. *zfbf* 29: 203-210
- Harchaoui T M, Lasserre P (1996) Le choix de capacité comme l'exercice d'une option d'achat financière. *CJE* 29: 271-288
- Harrison J M, Kreps D M (1979) Martingales and Arbitrage in Multiperiod Securities Markets. *JET* 20: 381-408
- Harrison J M, Pliska S R (1981) Martingales and Stochastic Integrals in the Theory of Continuous Trading. *Stochastic Processes and their Applications* 11: 215-260
- Hartman R (1978) Investment Neutrality of Business Income Taxes. *QJE* 92: 245-260.

- Hassett K A, Metcalf G E (1999) Investment with Uncertain Tax Policy: Does Random Tax Policy Discourage Investment? *EcJ* 109: 372-393
- Hax H (1991) Besteuerung, Investitionsanreize und Risikoallokation — Zu den theoretischen Grundlagen einer Reform der Unternehmensbesteuerung. In: Rückle D (Hrsg.) Aktuelle Fragen der Finanzwirtschaft und der Unternehmensbesteuerung: Festschrift für Erich Loitsberger zum 70. Geburtstag. Linde Verlag, Wien, 191-207
- Hundsdoerfer J, Kieseewetter D, Sureth C (2008) Forschungsergebnisse in der Betriebswirtschaftlichen Steuerlehre — eine Bestandsaufnahme. *ZfB* 78: 61-139
- Itô K (1951) On Stochastic Differential Equations. *Memoirs of the American Mathematical Society* 4: 1-51
- Jansen H (2000) Entscheidungsneutrale Gewinnbesteuerung und Liquidität. Josef Eul Verlag, Lohmar, Köln
- Johansson S-E (1969) Income Taxes and Investment Decisions. *SJE* 71: 104-110
- Jou J-B (2000) Irreversible Investment Decisions under Uncertainty with Tax Holidays. *Public Finance Review* 28: 66-81
- Kieseewetter D, Niemann R (2004) Steuerparadoxa durch Endbesteuerung, Mindestbesteuerung und Begünstigung einbehaltener Gewinne. *JfB* 54: 129-139
- Klein P (2001) The capital gain lock-in effect and long-horizon return reversal. *JFE* 59: 33-62
- König R J, Wosnitza M (2004) Betriebswirtschaftliche Steuerplanungs- und Steuerwirkungslehre. Physica-Verlag, Heidelberg
- Kong J J, Kwok Y K (2007) Real options in strategic investment games between two asymmetric firms. *EJOR* 181: 967-985
- Kruschwitz L (2007) Investitionsrechnung. 11. Auflage, R. Oldenbourg Verlag, München, Wien
- Lambrecht B, Perraudin W (2003) Real options and preemption under incomplete information. *JEDC* 27: 619-643

- Lensink R, Sterken E (2001) Asymmetric Information, Option to Wait to Invest and the Optimal Level of Investment. *JPubE* 79: 365-374
- Löffler A, Schneider D (2003) Martingales, Taxes, and Neutrality. Diskussionspaper Nr. 269, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Hannover
- Lund D (1992) Petroleum Taxation under Uncertainty: Contingent Claims Analysis with an Application to Norway. *Energy Economics* 14: 23-31
- Lund D (2001) Taxation, uncertainty, and the cost of equity for a multinational firm. Memorandum No. 13/2001, Department of Economics, University of Oslo
- Lyon A B (1990) Investment Incentives under the Alternative Minimum Tax. *NTJ* 43: 451-465
- Lyon A B (1997) *Cracking the Code — Making Sense of the Corporate Alternative Minimum Tax*. Brookings Institution Press, Washington D.C.
- MacKie-Mason J K (1990) Some Nonlinear Tax Effects on Asset Values and Investment Decisions under Uncertainty. *JPubE* 42: 301-327
- Majd S, Myers S C (1985) Tax Asymmetries and Corporate Income Tax Reform. National Bureau of Economic Research, NBER Working Paper No. 1924
- Majd S, Myers S C (1987) Tax Asymmetries and Corporate Income Tax Reform. In: Feldstein M (Hrsg.) *The Effects of Taxation on Capital Accumulation*. University of Chicago Press, Chicago, 343-373
- McDonald R L, Siegel D R (1986) The Value of Waiting to Invest. *QJE* 101: 707-727
- Merton R C (1973) Theory of rational option pricing. *BJE* 4: 141-183
- Mintz J M (1981) Some Additional results on Investment, Risk Taking, and Full Loss Offset Corporate Taxation with Interest Deductibility. *QJE* 96: 631-642
- Mintz J M (1988) An Empirical Estimate of Corporate Tax Refundability and Effective Tax Rates. *QJE* 103: 225-231
- Moretto M (2000) Irreversible investment with uncertainty and strategic behavior. *Economic Modelling* 17: 589-617

- Moretto M (2008) Competition and irreversible investments under uncertainty. *Information Economics and Policy* 20: 75-88
- Mossin J (1968) Taxation and Risk-Taking: An Expected Utility Approach. *Economica* 35: 74-82
- Näslund B (1968) Some Effects of Taxes on Risk-Taking. *RES* 35: 289-306
- Neus W, v. Hinten P (1992) Besteuerung und Investitionsvolumen bei unsicheren Erwartungen. *DBW* 52: 235-248
- Niemann R (1999) Neutral Taxation under Uncertainty — a Real Options Approach. *FA* 56: 51-66
- Niemann R (2004a) Investitionswirkungen steuerlicher Verlustvorträge — Wie schädlich ist die Mindestbesteuerung? *ZfB* 74: 359-384
- Niemann R (2004b) Tax Rate Uncertainty, Investment Decisions, and Tax Neutrality. *ITax* 11: 265-281
- Niemann R (2007) The Impact of Tax Uncertainty on Irreversible investment. *CESifo Working Paper No 2075*
- Niemann R, Sureth C (2004) Tax Neutrality under Irreversibility and Risk Aversion. *EcLett* 84: 43-47
- Niemann R, Sureth C (2005) Capital Budgeting with Taxes under Uncertainty and Irreversibility. *JbNSt* 225: 77-95
- Panteghini P M (2001a) On corporate tax asymmetries and neutrality. *GER* 2: 269-286
- Panteghini P M (2001b) Corporate tax asymmetries under investment irreversibility. *FA* 58: 207-226
- Panteghini P M (2005) Asymmetric Taxation under Incremental and Sequential Investment. *JPET* 7: 761-779
- Pennings E (2000) Taxes and stimuli of investment under uncertainty. *EER* 44: 383-391
- Pointon J (1998) Share Valuation under Geometric Brownian Motion with a Poisson Imputation Tax Change. *JBFA* 25: 103-113

- Richter M K (1960) Cardinal Utility, Portfolio Selection, and Taxation. RES 27: 152-166
- Russell WR, Smith P E (1970) Taxation, Risk-Taking, and Stochastic Dominance. SEJ 36: 425-433
- Samuelson P A (1964) Tax Deductibility of Economic Depreciation to Insure Invariant Valuations. JPE 72 604-606
- Sandmo A (1989) Differential Taxation and the Encouragement of Risk-Taking. EcLett 31: 55-59
- Schnabel J A, Roumi E A (1990) Contingent Claims Analysis of Partial Loss Offset Taxation and Risk-Taking. Public Finance 45: 304-320
- Schneider D (1969) Korrekturen zum Einfluß der Besteuerung auf die Investitionen. zfbf 21: 297-325
- Schneider D (1977) Gewinnbesteuerung und Risikobereitschaft: zur Bewährung quantitativer Ansätze in der Entscheidungstheorie. zfbf 29: 633-666
- Schneider D (1980) The effect of progressive and proportional income Taxation on Risk-Taking. NTJ 33: 67-75
- Schneider D (1992) Investition, Finanzierung und Besteuerung. 7. Aufl., Gabler, Wiesbaden
- Schneider D (2005) Robustheit der Investitionsneutralität bedeutender theoretischer Steuersysteme. Josef Eul Verlag, Lohmar, Köln
- Schwenk A (2003) Die Wirkung impliziter Steuervorteile des Bilanzrechts: empirische Untersuchung bei den DAX 100-Unternehmen. DUV, Wiesbaden
- Skinner J (1988) The Welfare Cost of Uncertain Tax Policy. JPubE 37: 129-145
- Stiglitz J E (1969) The Effects of Income, Wealth, and Capital Gains Taxation on Risk-Taking. QJE 83: 263-283
- Sureth C (1999) Der Einfluss von Steuern auf Investitionsentscheidungen bei Unsicherheit. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden
- Sureth C (2002) Partially Irreversible Investment Decisions and Taxation under Uncertainty: A Real Option Approach. GER 3: 185-221

- Sureth C, Langeleh D (2007) The degree of integrating corporate and capital gains tax into income tax and its impact on investment decisions, *sbr* 59: 310-339
- Trigeorgis L (1996) *Real Options — Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- van Wijnbergen S, Estache A (1999) Evaluating the minimum asset tax on corporations: an option pricing approach. *JPubE* 71: 75-96
- Viard A D. (2000) Dynamic asset pricing and incidence of realization-based capital gains taxes. *JME* 46: 465-488
- Wagner F W (2001) Deutschland bei Österreich in der Steuerlehre: Die falsche Lektion gelernt. In: Wagner U (Hrsg.) *Zum Erkenntnisstand der Betriebswirtschaftslehre am Beginn des 21. Jahrhunderts — Festschrift für Erich Loitlsberger zum 80. Geburtstag*. Duncker und Humblot, Berlin, 431-449
- Wagner F W, Dirrigl H (1980) *Die Steuerplanung der Unternehmung*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- Watson H (1992) The Effects of Income Tax Rate Uncertainty in a Dynamic Setting. *SEJ* 58: 683-689
- Wenger E (1983) Gleichmäßigkeit der Besteuerung von Arbeits- und Vermögenseinkünften. *FA* 41: 207-252
- Wiese J (2006) *Komponenten des Zinsfußes in Unternehmensbewertungskalkülen: theoretische Grundlagen und Konsistenz*. Peter Lang Verlag, Frankfurt am Main et al.