

Unsicherheit, Handlungsfreiheit und Investitions- verhalten – ein empirischer Befund für Deutschland

Investitionen in den Aufbau und die Modernisierung des Kapitalstocks sind eine Schlüsselgröße für die wirtschaftliche Entwicklung und den Wohlstand eines Landes. Aus der Sicht des Unternehmers verlangen private Investitionen eine Auseinandersetzung mit dem Grundphänomen der Unsicherheit. In gewisser Weise sind Investitionen eine „Wette auf die Zukunft“.

Die Wirkung von Unsicherheit auf das unternehmerische Investitionsverhalten ist a priori nicht eindeutig. Weil Unsicherheit auch mit unternehmerischen Chancen verbunden ist, können neben dämpfenden Wirkungen auch investitionsfördernde Effekte auftreten. Welches Element überwiegt, hängt wesentlich vom Maß der unternehmerischen Handlungsfreiheit ab.

In diesem Beitrag wird – unter Rückgriff auf neuere Arbeiten zur Investitionsforschung – anhand von Daten der Unternehmensbilanzstatistik der Deutschen Bundesbank das Investitionsverhalten von 6 745 Einzelunternehmen untersucht. Als Hauptergebnis lässt sich fest halten, dass die Wirkung von Unsicherheit auf das Investitionsverhalten eindeutig negativ ist. Für die Wirtschaftspolitik folgt daraus als Maxime, soweit wie möglich für Planungssicherheit zu sorgen und zugleich unternehmerische Handlungsspielräume zu eröffnen und offen zu halten.

Die Rolle der Unsicherheit im Investitionskalkül

Die Motive und Bestimmungsgründe für unternehmerische Anlageinvestitionen zu verstehen, ist für die Wirtschaftspolitik im Allgemeinen wie für eine Zentralbank im Besonderen von großer Bedeutung. Sachinvestitionen sind erfahrungsgemäß eine sehr volatile Komponente der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage. Dies macht sie zu einem ausgesprochen dynamischen Faktor für den gesamten Konjunkturverlauf, der prognostisch nur schwer „einzufangen“ ist. Wichtiger aber ist ihre zweite Eigenschaft. Positive Nettoinvestitionen bedeuten einen Zuwachs des gesamtwirtschaftlichen Kapitalstocks und – entsprechend ihrer Faktorproduktivität – des Produktionspotenzials.¹⁾ Investitionen sind daher maßgebliche Grundlage für den materiellen Wohlstand. Mit Hilfe von getätigten beziehungsweise unterlassenen Investitionen können auch Lasten und Nutzen zwischen den Generationen und in der Zeit verschoben werden.²⁾

Grundsätzlich ist ein zusätzliches Investitionsprojekt dann und nur dann vorteilhaft, wenn der erwartete Marktwert des Projekts die Anschaffungs- und Installationsausgaben des Kapitalguts übersteigt. Wird die Investition getätigt, führt dies zu zusätzlichen Erträgen. Diesen „Grenzerlös“ gilt es aus Sicht des Investors gegen die Kosten abzuwägen, die ihm dadurch entstehen, dass die eingesetzten Mittel nunmehr in der Unternehmung für geraume Zeit gebunden sind und nicht einer alternativen Verwendung zugeführt werden können.³⁾

Hierbei ist das Wissen über zukünftige Entwicklungen jedoch stets lückenhaft. Ihrem Wesen nach können Investitionen daher mit einer „Wette auf die Zukunft“ verglichen werden. Wer unter marktwirtschaftlichen Bedingungen ein Investitionsprojekt in Angriff nimmt – eine Lagerhalle kauft, ein Mehrfamilienhaus baut oder eine neue Fertigungsstraße einrichtet – kommt nicht umhin, sich oder anderen Rechenschaft über die erwarteten Erträge abzulegen. Aber auch auf der Kostenseite liegen mit den Vorleistungspreisen, den Löhnen und den Zinsen wichtige Daten in der Zukunft verborgen.

Erweisen sich die Erwartungen des Investors als fehlerhaft, so muss er bei einer ungünstigen Absatz- oder Kostenentwicklung die wirtschaftlichen Folgen tragen. Auf der anderen Seite kommen ihm die Früchte eines unerwartet günstigen Marktverlaufs zugute. Der Investor bindet also seinen wirtschaftlichen Erfolg eng an Umstände, die er selbst nur sehr unvollkommen durchschaut und kontrolliert. Dies ist der Kern seines unternehmerischen Risikos, und ohne die Bereitschaft, ein derartiges Risiko einzugehen, also gleichsam die „Wette auf die Zukunft“ anzunehmen, würde jede auf Dauer angelegte wirtschaftliche Tätigkeit erlöschen. Durch Un-

*Eine Wette auf
die Zukunft*

*Unternehmerisches
Risiko*

1 Vgl. hierzu im Einzelnen: Deutsche Bundesbank, Entwicklung und Struktur des gesamtwirtschaftlichen Kapitalstocks, Monatsbericht, November 1998, S. 27–39.

2 Vgl.: Deutsche Bundesbank, Entwicklung und Finanzierungsaspekte der öffentlichen Investitionen, Monatsbericht, April 1999, S. 29–46.

3 Zu Theorie und Empirie der Investitionsnachfrage vgl.: Chirinko, R. S., Business fixed investment spending: modeling strategies, empirical results and policy implications, *Journal of Economic Literature*, 31, S. 1875–1911, 1993 und Caballero, R., Aggregate investment, in: Taylor, J. B. und M. Woodford (Hrsg.), *Handbook of Macroeconomics*, S. 813–862, 1999.

sicherheit wird Unternehmertum im eigentlichen Sinne erst erforderlich. Im Rahmen der gesellschaftlichen Arbeitsteilung könnte man Unternehmer als „Spezialisten im Umgang mit Unsicherheit“ bezeichnen.

In Anbetracht der mäßigen Erfolge traditioneller Modelle bei dem Versuch, das beobachtete Investitionsverhalten angemessen zu erklären, hat die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Phänomen der Unsicherheit inzwischen eine Renaissance erfahren. Dabei ist es – und das mag überraschen – nicht von vornherein ausgemacht, dass ein erhöhtes Risiko per se der Investitionstätigkeit schadet.

*Risikoaversion:
Unsicherheit als
„Ungut“*

Für eine derartige negative Wirkung gibt es freilich durchaus eine Reihe gewichtiger Gründe. So sind die meisten wirtschaftlichen Akteure eher risikoscheu veranlagt. Vor die Wahl gestellt, ziehen sie sichere Erträge den unsicheren vor, wenn die erwartete Höhe in beiden Fällen gleich groß ist. Das unternehmerische Risiko stellt dann in der subjektiven Wahrnehmung ein „Ungut“ dar, welches nur gegen die Aussicht auf höheren Ertrag akzeptiert wird. In der Regel wird dieser erwartete zusätzliche Ertrag umso höher sein müssen, je ungenauer die Informationen über die Zukunft sind. Ein solcher Zusammenhang zwischen nicht diversifizierbarem, systematischem Risiko und der von den Investoren geforderten Risikoprämie bleibt auch dann erhalten, wenn alle Möglichkeiten zur Risikostreuung ausgeschöpft sind.

Die Finanzierung riskanter Projekte kann sich auf Grund des so genannten Principal-Agent-Problems schwierig gestalten. Wenn das Ma-

nagement eines Unternehmens besser informiert ist als die externen Kapitalgeber – Kreditgeber wie Aktionäre –, dann hat es einen Anreiz, diesen Wissensvorsprung zum eigenen Vorteil auszunutzen. Die Kapitalgeber ihrerseits müssen mit den Folgen dieses eigennützligen Verhaltens rechnen – das heißt Ertragsminderung bis hin zum Verlust des eingesetzten Kapitals – und werden bestrebt sein, sich dagegen abzusichern. Aus gutem Grund sind Kapitalgeber daher mit einem Engagement umso zurückhaltender, je größer der unkontrollierbare Spielraum der Entscheidungsträger im Unternehmen ist. Die Informationsasymmetrie ist dann besonders groß, wenn die Chancen eines Investitionsprojekts von außen schlecht einzuschätzen sind – also erhöhte Unsicherheit herrscht. Neben zusätzlichen Risikoprämien oder mengenmäßiger Beschränkung bei der Kreditvergabe durch Banken kann dies zur Folge haben, dass aussichtsreiche Projekte auch auf dem Markt für Eigenkapital keine Finanzierung finden. Dies hat mit der Risikoeinstellung der Kapitalgeber nichts zu tun: Asymmetrische Informationen erschweren die Finanzierung auch dann, wenn sich alle Beteiligten risikoneutral verhalten.

Eine dritte Wirkungskette ist erst seit kurzem in den Vordergrund der wissenschaftlichen Diskussion getreten und hat unter der Bezeichnung „Optionspreismodell der Investitionsrechnung“ Eingang auch in die betriebs-

*Asymmetrische
Informationen:
Unsicherheit
erschwert
Finanzierung*

*Unumkehr-
barkeit und
Attentismus*

wirtschaftliche Literatur gefunden.⁴⁾ Traditionelle Investitionsmodelle erfassen Unsicherheit, indem sie die erwarteten Erträge in so genannte Sicherheitsäquivalente umrechnen oder im Diskontierungsfaktor eine Risikoprämie berücksichtigen. Dabei wird jedoch der Tatsache nicht Rechnung getragen, dass Investitionen in aller Regel nur schwer oder gar nicht rückgängig gemacht werden können. Hierdurch entstehen asymmetrische Anpassungskosten. Während eine Erhöhung des Kapitalstocks im Prinzip relativ problemlos ist, ist ein Abbau oft nur durch Verkauf weit unter dem Einstandspreis oder durch Verschrottung möglich. Hat der Investor die Möglichkeit, die Durchführung eines derartigen Projekts auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben, so ist die mit der Unumkehrbarkeit verbundene Kapitalbindung für ihn umso teurer, je ungewisser die Zukunft ist. Je weniger der Investor über die zukünftige Entwicklung weiß, umso schwerer fällt es ihm, sich schon jetzt unwiderruflich festzulegen.

*Je ungewisser
die Zukunft ...*

*... umso
wertvoller ist
Handlungs-
freiheit*

Bei sofortiger Investition gibt das Unternehmen nämlich nicht nur den monetären Gegenwert des beschafften Kapitalguts auf. Es begibt sich darüber hinaus der Möglichkeit, zu einem späteren Zeitpunkt auf der Grundlage besserer Informationen nochmals entscheiden zu können. Aus Sicht des Unternehmens stellt eine derartige Investitionsgelegenheit eine „reale Option“ dar, deren Wert prinzipiell ebenso wie der Preis einer Kaufoption auf ein dividendentragendes Wertpapier berechnet werden kann. Wird die Investition heute getätigt, so geht diese Option auf eine Entscheidung in der Zukunft unter. Der Wert der Option muss bei einer rationalen Investi-

tionsentscheidung als Kostenbestandteil in Rechnung gestellt werden. Durch die Veranschlagung des „Realloptionswerts“ erhöhen sich die Opportunitätskosten der Investitionsentscheidung mit der Folge, dass die Rentabilitätsschwelle steigt. Dieser Renditezuschlag ist – wie für Optionspreise typisch – abhängig vom Maß der Unsicherheit über den künftigen Ertragsverlauf. Im Anhang 1 wird dieser Sachverhalt für den Zwei-Perioden-Fall näher erläutert.

Bei hoher Unsicherheit erscheint es für den Unternehmer oftmals ratsam, seine Option zu behalten und damit die Fähigkeit, sich der noch undurchsichtigen wirtschaftlichen Entwicklung anzupassen. Eine längere Phase erhöhter Unsicherheit kann daher leicht zu einem Investitionsattentismus führen. Dieses allgemeine Prinzip lässt sich auch auf die Nachfrage nach langlebigen Gebrauchsgütern, auf Explorationsanstrengungen bei Rohstoffen sowie auf Markteintritts- und Marktaustrittsentscheidungen anwenden. Auch die Wirkung von Kündigungsschutzregelungen auf die Arbeitsnachfrage kann mit diesem analytisch vielseitigen Instrumentarium untersucht werden.⁵⁾

Die bislang skizzierten Einflusskanäle sprechen für eine dämpfende Wirkung von Unsicherheit auf die Investitionstätigkeit. Mit zu-

*Unsicherheit
als unterneh-
merische
Chance*

⁴ Die neuen Arbeiten über Unsicherheit und Unumkehrbarkeit wurden angestoßen durch die Arbeit von McDonald, R. L. und D. R. Siegel, The value of waiting to invest, Quarterly Journal of Economics, 101, S. 706–727, 1986. Die Monographie von Dixit, A. K. und R. S. Pindyck, Investment under uncertainty, Princeton, 1994, bietet eine erste Zusammenfassung.

⁵ Vgl.: Bentolilla, S. und G. Bertola, Firing costs and labour demand: How bad is Eurosclerosis? Review of Economic Studies, 57, S. 381–402, 1990.

nehmender Unsicherheit wachsen jedoch neben den Gefahren auch die Chancen unternehmerischen Handelns. Wer heute in seinen Kapitalstock investiert, erwirbt damit gleichzeitig neue Handlungsmöglichkeiten, die dem Wartenden verschlossen bleiben. Wenn ein Unternehmer in der Lage ist, sich hinreichend flexibel den Gegebenheiten anzupassen, dann kann der ökonomische Wert seines Investitionsprojekts durch Unsicherheit sogar zunehmen. Dieser Zusammenhang, auch als Hartman-Abel-Effekt bezeichnet,⁶⁾ ist dann gegeben, wenn zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung zwar Unsicherheit über den Nachfragepreis besteht, jedoch die Einsatzmengen variabler Produktionsfaktoren wie Arbeit, Energie oder Rohstoffe optimal an unterschiedliche Nachfragesituationen angepasst werden können. In Anhang 2 wird auch dieser Sachverhalt im Rahmen einer zweiperiodigen Betrachtung beispielhaft beschrieben.

*Flexibilität und
Handlungs-
freiheit*

Kann der Investor seine Produktion optimal an wechselnde Umstände anpassen, so vergrößert er damit systematisch das Gewicht günstiger Entwicklungen im Verhältnis zu den weniger vorteilhaften Ereignissen. Unsicherheit erhöht dann den erwarteten Wert der Erträge und kann einen eigenständigen Investitionsanreiz bilden. In gewisser Weise ist dies ein Gegenstück zur oben getroffenen Aussage, dass bei Unumkehrbarkeit des Engagements mit steigender Unsicherheit die Kosten der Kapitalbindung größer werden. Die Gegenüberstellung unterstreicht einmal mehr, dass Flexibilität und Handlungsfreiheit Schlüsselgrößen für das Investitionsverhalten sind.

Andererseits jedoch wird aus den bisherigen Überlegungen klar, dass die Wirkung von Unsicherheit auf das Investitionsverhalten gewinnorientierter Unternehmer von den jeweiligen Bedingungen abhängt. Je nach Art des Projekts, der Technologie des Unternehmens, seiner Marktstellung und der Natur der Unsicherheit kann das Grundphänomen Unsicherheit unternehmerische Investitionen verhindern oder anlocken.⁷⁾

*Bedingungs-
konstellation
entscheidend*

In welche Richtung und wie stark beeinflusst nun Unsicherheit die „Wette auf die Zukunft“ für ein Aggregat von Projekten und Unternehmen? Dies ist nur empirisch zu klären, doch lassen die Befunde bisher keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu. Für Deutschland liegen nur wenige Ergebnisse vor,⁸⁾ und nur eine Untersuchung wertet Einzeldaten aus.⁹⁾

Dabei sind Mikrodaten grundsätzlich besser als gesamtwirtschaftliche Zahlen geeignet, die Rolle von Unsicherheit zu klären. In einem

6 Siehe: Hartman, R., The effect of price and cost uncertainty on investment, *Journal of Economic Theory*, 5, S. 258–266, 1972 und Abel, A.B., Optimal investment under uncertainty, *American Economic Review*, 73, S. 228–233, 1983.

7 Vgl.: Dixit, A. K und R. S. Pindyck, op. cit., Kapitel 6 und 11, sowie Darby, J., A. J. Hughes Hallet, J. Ireland und L. Piscitelli, The impact of exchange level uncertainty on the level of investment, *Economic Journal*, 109, S. C55–C67, 1999.

8 Vgl. u.a.: Seppelfricke, P., Investitionen unter Unsicherheit. Eine theoretische und empirische Untersuchung für die Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt am Main, 1996, und Werner, T., Die Wirkung von Wechselkursvolatilitäten auf das Investitionsverhalten. Eine theoretische und empirische Analyse aus der Perspektive der Realoptionstheorie, *Kredit und Kapital*, 34, S. 1–27, 2001.

9 Auf der Grundlage von Daten 70 deutscher Firmen identifiziert diese Studie einen positiven Zusammenhang zwischen Investition und Unsicherheit. Siehe: Böhm, H., M. Funke und N.A. Siegfried, Discovering the link between uncertainty and investment – Microeconomic evidence from Germany. In: Deutsche Bundesbank (Hrsg.), *Investing today for the world of tomorrow*. Berlin, Heidelberg, New York, 2001.

Größenverteilung der Unternehmen in der Stichprobe nach durchschnittlicher Arbeitnehmerzahl

Durchschnittliche Arbeitnehmerzahl (n)	Anzahl Unternehmen	%
n < 20	675	10,01
20 < n ≤ 100	2 622	38,87
100 < n ≤ 500	2 547	37,76
n > 500	901	13,36

Deutsche Bundesbank

von der Bundesbank durchgeführten Forschungsprojekt ist daher versucht worden, mit Hilfe eines großen und in vieler Hinsicht einzigartigen Pools von Einzelbilanzen Genaueres über das Verhältnis von Investition und Unsicherheit zu erfahren.¹⁰⁾

Die Datenbasis für die empirische Überprüfung

Die Unternehmensbilanzstatistik der Bundesbank ist die bei weitem umfangreichste statistisch ausgewertete Sammlung von Jahresabschlüssen deutscher nichtfinanzieller Unternehmen. Die Daten entstammen noch dem Wechselgeschäft der Bundesbank. Die Diskontierung eines Handelswechsels machte eine Prüfung der Kreditwürdigkeit von Unternehmen erforderlich. In diesem Zusammenhang gingen dort bis zum Ende der neunziger Jahre durchschnittlich etwa 70 000 Abschlüsse pro Jahr bei den Zweiganstalten ein, die dort weiterverarbeitet wurden. Nach eingehender Überprüfung und Kontrolle bilden sie die Datengrundlage für die Unterneh-

mensbilanzstatistik. Bezogen auf das Verarbeitende Gewerbe in Westdeutschland deckt die Datenbasis rund 75 % des aggregierten Umsatzes ab, allerdings umfasst sie nur rund 8 % der Unternehmen.

Technisch gesprochen handelt es sich bei dem der Untersuchung zu Grunde liegenden Datensatz um ein so genanntes Panel. Es enthält nicht nur Angaben über eine große Zahl einzelner Unternehmen für einen bestimmten Zeitpunkt, es kann außerdem auch die Entwicklung dieser Unternehmen über die Zeit verfolgt werden. Im Vergleich mit reinen Querschnittsdaten einerseits oder Zeitreihen andererseits ist der Informationsgehalt eines Panels erheblich größer.

Jedoch kann nicht die gesamte Datenbasis der Unternehmensbilanzstatistik für die ökonomische Auswertung verwendet werden. Der Vergleichbarkeit wegen beschränkt sich die Untersuchung auf westdeutsche Kapitalgesellschaften des Verarbeitenden Gewerbes für den Zeitraum von 1987 bis 1997. Weiterhin enthält nur ein Teil der Jahresabschlüsse hinreichend genaue Informationen über den Kapitalstock und die Investitionen. Auch kann Unsicherheit aus statistischen Gründen nur bei solchen Unternehmen gemessen werden, von denen für mindestens acht aufeinander folgende Geschäftsjahre Abschlüsse vorliegen. Nach Ausschluss statistischer Ausreißer enthält das Panel schließlich 6 745 Firmen und fast 50 000 Beobachtungen. Dies stellt zwar

¹⁰ Vgl.: v. Kalckreuth, U., Exploring the role of uncertainty for corporate investment decisions in Germany, Volkswirtschaftliches Forschungszentrum der Deutschen Bundesbank, Diskussionspapier 5/00, 2000.

keine repräsentative Stichprobe im strengen statistischen Sinn dar, aber die Struktur des westdeutschen Verarbeitenden Gewerbes ist relativ gut abgebildet. Der Medianwert für die Anzahl der beschäftigten Arbeitnehmer liegt bei 118, und es wird ein recht hoher Anteil mittelständischer Unternehmen berücksichtigt, die das Rückgrat der westdeutschen Industrie ausmachen.

Der Schätzansatz

Um ökonomisch brauchbar zu sein, muss ein Maß für Unsicherheit sowohl über die Zeit als auch zwischen Unternehmen variieren. Unsicherheit ist eine Eigenschaft des subjektiven Bilds, das sich Entscheidungsträger von ihrer Umwelt machen, und sie kann nicht mit derselben Genauigkeit erfasst werden wie Güterpreise oder Produktionsmengen.

*Gewinn-
unsicherheit ...*

Bezugsgröße ist der Gewinn als Differenz aus Erlösen und Kosten. Für beide Größen werden Unsicherheitsindikatoren aus ihrer jeweiligen Volatilität konstruiert. Die Prämisse hierbei ist folgende: Je stärker Erlöse und Kosten in den zurückliegenden Jahren geschwankt haben, desto unsicherer ist der jeweilige Unternehmer bezüglich ihrer weiteren zukünftigen Entwicklung.

*... ist Erlös-
unsicherheit ...*

Für den realen Erlös wurde zunächst für 78 Gruppen von Firmen eine autoregressive Gleichung erster Ordnung mit firmenspezifischer Konstante geschätzt. Die Gruppen wurden gebildet mit Hilfe der Merkmale Branche und Größe. Die Residuen dieser Schätzung für eine gegebene Firma und ein bestimmtes

Zusammensetzung der Stichprobe nach Branchen

Branche (nach SYPRO)	Anzahl der Firmen	Anzahl der Beobach- tungen
Mineralölverarbeitung	16	132
Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden	222	1 645
Eisenschaffende Industrie	118	859
Nichteisenmetalle	64	495
Gießerei	100	724
Ziehereien, Kaltwalzwerk, Stahl- verformung, etc.	284	2 087
Stahl- und Leichtmetallbau, Schienenfahrzeugbau	236	1 680
Maschinenbau	1 169	8 726
Straßenfahrzeugbau und Repara- tur von Kfz	166	1 255
Schiffbau	8	63
Luft- und Raumfahrzeugbau	4	32
Elektrotechnik, Reparatur von Haushaltsgeräten, etc.	385	2 921
Feinmechanik, Optik, Herstellung von Uhren	285	2 119
Eisen-, Blech- und Metallwaren Musikinstrumente, Spielwaren, Füllhalter, etc.	526	3 967
	134	944
Chemische Industrie	349	2 629
EDV	19	130
Feinkeramik	70	523
Herstellung und Verarbeitung von Glas	75	546
Holzbearbeitung	257	1 813
Holzverarbeitung	196	1 406
Zellstoff, Holzschliff, Papier- und Papperzeugung	193	1 444
Papier und Pappverarbeitung	50	391
Druckerei und Vervielfältigung	268	1 998
Herstellung von Kunststoffwaren	444	3 282
Gummiverarbeitung	59	455
Ledergewerbe	56	453
Textilgewerbe	327	2 410
Bekleidung	208	1 528
Ernährungsgewerbe und Tabak- verarbeitung	448	3 302
Gesamt	6 745	49 959

Deutsche Bundesbank

Jahr können als firmenspezifischer „Absatzschock“ interpretiert werden. Als Indikator für die Erlösunsicherheit wird die Wurzel aus der Summe der Residuenquadrate für die vergangenen drei Jahre verwendet.

... plus Kosten-
unsicherheit

Entsprechend wurde bei der Konstruktion eines Indikators für Kostenunsicherheit vorgegangen. Als reale Kostengröße wird die Differenz aus Betriebsergebnis und Erlösen gebildet und mit Outputpreisen deflationiert. Da Kosten in hohem Maße durch die Absatzmenge bedingt sind, wird in einem zweiten Schritt für jede einzelne Firma eine Kleinst-Quadrat-Regression der Kosten auf die Erlöse durchgeführt. Hierdurch werden alle direkten und indirekten linearen Effekte der Erlöse auf die Kosten herausgefiltert. Die dabei entstehenden Residuen werden als zeit- und firmenspezifische „Kostenschocks“ interpretiert und in derselben Weise zu Unsicherheitsindikatoren gefügt wie die Absatzschocks.

Eine
Akzelerator-
gleichung

Auch die Entscheidung für die zu schätzende Investitionsgleichung ist wichtig. Bleibt eine bedeutende Einflussgröße unberücksichtigt, so kann es geschehen, dass etwas dem Faktor Unsicherheit zugerechnet wird, das eigentlich eine andere Ursache hat. In der Untersuchung wurde auf das vielfach eingesetzte so genannte Akzeleratormodell zurückgegriffen. Hierbei spielen Änderungen der Absatzmengen eine tragende Rolle. Darüber hinaus wurde auch der betriebswirtschaftliche Cash-flow in die Gleichung aufgenommen, um Gewinnerwartungen und Finanzierungsrestriktionen der Unternehmen zu berücksichtigen. Der Einfluss von Zinsen und Steuern auf die Kapitalnutzungskosten wurde ebenso wie die

Turbulenzen nach der Wiedervereinigung und andere konjunkturelle Störungen durch Herausrechnen aller gesamtwirtschaftlichen Bewegungen mit so genannten Zeitdummies ausgeschaltet. Schließlich wurden die beiden Unsicherheitsvariablen aufgenommen und sowohl isoliert als auch in Kombination miteinander getestet.

Die Hauptergebnisse der Untersuchung

Wie die Schätzergebnisse zeigen, ist Unsicherheit als eindeutig belastender Faktor für die Investitionsnachfrage einzustufen. Dabei ist die Stärke des negativen Effekts durchaus beachtlich. Dies wird deutlich, wenn man eine durchschnittlich große Abweichung der Indikatoren von ihrem Mittelwert, eine so genannte Standardabweichung, betrachtet. Weichen beide Indikatoren um eine Standardabweichung nach oben ab, so gehen die Investitionen der Unternehmen im Durchschnitt um etwa $6\frac{1}{2}\%$ zurück. Eine Abweichung nach unten hätte unter sonst gleichen Bedingungen eine entsprechende Ausweitung der Investitionstätigkeit zur Folge. Im Übrigen gilt: Erlös- und Kostenunsicherheit sind etwa von gleicher Bedeutung, das heißt, sie tragen die Gesamtwirkung etwa zur Hälfte.

Im Umkehrschluss heißt dies zunächst, dass die mögliche positive Wirkung, der Hartman-Abel-Effekt, in Deutschland offensichtlich nicht dominant ist. Dieser Wirkungsmechanismus setzt – wie dargelegt – voraus, dass der Einsatz wichtiger variabler Faktoren schnell und ohne große Kosten an sich än-

Schätzung eines Akzeleratormodells mit Unsicherheit

Langfristig besteht ein gleichgewichtiges Verhältnis zwischen Kapitalstock und produzierter Menge, das von den relativen Faktorpreisen determiniert ist. Investitionen bestimmen das Wachstum des Kapitalstocks und stehen daher in einer festen Beziehung zum Wachstum des Outputs. Der Einfluss der Kapitalnutzungskosten ist durch die Verwendung von Zeitdummies unter der Annahme berücksichtigt, dass die Kapitalnutzungskosten zu einem gegebenen Zeitpunkt für alle Firmen gleich sind. Der Cash-flow pro Kapitaleinheit hat in der Gleichung eine doppelte Funktion: Als Maß für freie Liquidität bestimmt er den Spielraum für die interne Finanzierung des Unternehmens, und als Rentabilitätsmaß ist er für die Erwartungsbildung von Bedeutung. Schließlich gehen Maße für Erlös- und Kostenunsicherheit ein. Die geschätzte

Verhaltensgleichung für das Unternehmen i lautet:

$$\frac{I_{i,t}}{K_{i,t-1}} = \sum_{m=0}^M \beta_{t=m}^S \hat{S}_{i,t-m} + \sum_{n=0}^N \beta_{t=n}^F \frac{F_{i,t-n}}{K_{i,t-n-1}} + \beta^U U_{i,t} + v_{i,t}$$

mit $v_{i,t} = \alpha_i + \lambda_t + \xi_{i,t}$.

In dieser Gleichung sind $I_{i,t}$ die realen Ausgaben des Unternehmens i im Jahr t für Anlageinvestitionen. $\hat{S}_{i,t}$ ist die Wachstumsrate des realen Umsatzes, gemessen als erste Differenz des Logarithmus. $F_{i,t}$ repräsentiert den realen Cash-flow, $K_{i,t-1}$ ist der reale Kapitalstock am Ende der Vorperiode und $U_{i,t}$ ist eines der beiden Unsicherheitsmaße. Die Störgröße $v_{i,t}$ setzt sich zusammen aus einer unternehmensspezifischen Konstanten α_i , einer zeitspezifischen Störung λ_t , die für alle Unternehmen gleich ist, und einer idiosynkratischen Störung $\xi_{i,t}$.

Fixed-Effect-Schätzungen eines Akzeleratormodells mit Unsicherheit Abhängige Variable: Reale Investition pro Kapitaleinheit

Variablen	(1)	(2)	(3)	(4)
Summe der Koeffizienten beim realen Umsatzwachstum der Jahre (t-3) bis t	0,2448** (0,0249) P<0,0005	0,2478** (0,0249) P<0,0005	0,2407** (0,0250) P<0,0005	0,2437** (0,0250) P<0,0005
Summe der Koeffizienten beim realen Cash-flow pro Kapitaleinheit der Jahre (t-3) bis t	0,1353** (0,0130) P<0,0005	0,1350** (0,0130) P<0,0005	0,1358** (0,0129) P<0,0005	0,1356** (0,0130) P<0,0005
Erlösunsicherheit aus Schocks der Jahre (t-3) bis (t-1)		-0,0457** (0,0172) P=0,008		-0,0425* (0,0173) P=0,014
Kostenunsicherheit aus Schocks der Jahre (t-3) bis (t-1)			-0,1693** (0,0464) P<0,0005	-0,1612** (0,0465) P=0,001
Anzahl der Beobachtungen			29 724	
Anzahl der Unternehmen			6 745	

Weitere Regressoren: Zeitdummies und Konstante. In Klammern: Standardabweichungen der geschätzten Koeffizienten, robust gegen allgemeine Heteroskedastie

und Autokorrelation innerhalb der Beobachtungseinheit. P-Werte: Signifikanzniveau. — * signifikant auf dem 5 % Niveau. — ** signifikant auf dem 1 % Niveau.

dernde Absatzlagen angepasst werden kann. Das Zusammenspiel verschiedener arbeitsmarktpolitischer Regelungen und die hohen Kosten der Personalsuche erschweren aber in vielen Fällen eine derart rasche Anpassung an die betrieblichen Wechsellagen. In einem solchen institutionellen Umfeld kann der Hartman-Abel-Effekt allenfalls in bestimmten Marktnischen überwiegen.¹¹⁾

Die Diagnose eines negativen Nettoeffekts jedoch erlaubt noch keinen Rückschluss darauf, welche der drei möglichen Kanäle – Risikoaversion, Informationsasymmetrie oder Irreversibilität – hierbei die tragende Rolle spielt. Insbesondere die Rolle der finanziellen Struktur für das Investitionsverhalten wird in weiteren Arbeiten der Bundesbank und des Forschungsnetzwerks der Zentralbanken des Eurosystems noch zu klären sein.

Wirtschaftspolitisch wird deutlich, dass den deutschen Unternehmern ihre „Wette auf die Zukunft“ dann sichtlich leichter fällt, wenn sie in ihrem ökonomischen Umfeld wissen, woran sie sind. Dies kann freilich nicht bedeuten, dass der Staat ihnen das unternehmerische Risiko abnehmen könnte oder sollte. Aber der Staat kann durch wirtschaftspoliti-

sche Berechenbarkeit solide Voraussetzungen für die Planung im privaten Sektor schaffen. Damit stärkt er auch die Investitionsbereitschaft der Unternehmen.

Ordnungspolitisch noch wichtiger aber ist es, unternehmerische Handlungsfreiheiten zu schaffen und zu bewahren. Je stärker den Investoren morgen die Hände gebunden sind, umso mehr Zurückhaltung zeigen sie heute und desto weniger reales Kapital stellen sie dem betreffenden Standort zur Verfügung. Mehr Flexibilität in der betrieblichen Disposition, zum Beispiel bei der Gestaltung der Arbeitszeit, hingegen schafft Investitionsanreize. Die zusätzlichen Kapazitäten kommen – einmal vorhanden – auch dem Faktor Arbeit zugute, durch mehr Beschäftigung und längerfristig auch durch höhere Löhne.

¹¹ Muss die einmal gewählte Kapitalintensität bis zum Ende der Lebensdauer eines Kapitalguts beibehalten werden, bedeutet dies nicht, dass der Unternehmenssektor sich mittel- und langfristig an Veränderungen im wirtschaftlichen Umfeld nicht anpassen könnte. Rationalisierungsinvestitionen sind ebenso möglich wie das Unterlassen von Reinvestitionen oder Erweiterungsinvestitionen oder auch die Aufgabe ganzer Standorte. Die hierdurch mittelfristig ausgelösten Folgen des Versuchs, die kurzfristige Immobilität des Faktors Kapital für hohe Lohnforderungen zu nutzen, werden behandelt in: Deutsche Bundesbank, Faktorpreise, Beschäftigung und Kapitalstock in Deutschland: Ergebnisse einer Simulationsstudie, Monatsbericht, Juli 2001, S. 51–64.

Anhang 1:

Das Optionspreismodell als Erklärungsansatz

Im Folgenden sollen Investitionsprojekte näher beleuchtet werden, die erstens unumkehrbar sind und bei denen zweitens ein Spielraum bezüglich der Wahl des Investitionszeitpunkts herrscht. Diese

beiden Eigenschaften sind bei Unsicherheit von entscheidender Bedeutung. Die zentrale Aussage lautet: Damit bei Unsicherheit eine irreversible Investition durchgeführt wird, müssen die erwarteten Rückflüsse deutlich höher sein, als dies bei freier Rückführbarkeit der Investition oder bei

Sicherheit erforderlich gewesen wäre. Es gibt zwei äquivalente Möglichkeiten, dies ökonomisch zu begründen:

- Unumkehrbarkeit stellt eine Restriktion unternehmerischen Handelns in der Zukunft dar. Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit wird diese Restriktion in zukünftigen Perioden bindend, der Kapitalbestand erweist sich dann als zu groß. Da er aber nicht zurückgeführt werden kann, verursacht der Kapazitätsüberhang Verluste, die bei weiterem Zuwarten hätten vermieden werden können. Soll die Investition getätigt werden, so müssen die erwarteten Rückflüsse diese Verlustmöglichkeit abdecken.
- Wird eine unumkehrbare Investition getätigt, so begibt man sich der Möglichkeit, die Investition zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen. Diese Möglichkeit hat – jedenfalls bei unvollständiger Konkurrenz – im Allgemeinen einen positiven Wert. Aus Sicht des Unternehmens stellt die Investitionsgelegenheit eine reale Option dar, deren Wert wie der einer Kaufoption auf ein dividendentragendes Wertpapier berechnet werden kann. Wird die Investition getätigt, so geht die Option unter. Ihr Wert muss daher bei der Investitionsentscheidung als zusätzliche Opportunitätskosten in Rechnung gestellt werden.

1. Ein einfaches Zwei-Perioden-Modell

Diese Grundaussage kann anhand einer Zwei-Perioden-Betrachtung etwas eingehender dargestellt werden.¹²⁾ Zunächst wird die Struktur zweiperiodiger Investitionsentscheidungen bei Unumkehrbarkeit anhand einer Maximierung des erwarteten Ertragswerts charakterisiert. Im Anschluss werden die Prinzipien der Bewertung von Optionen erläu-

tert. Darauf aufbauend wird gezeigt, dass die Investitionsentscheidung bei Unumkehrbarkeit in gleicher Weise als Entscheidung über die Ausübung einer realen Option beschrieben werden kann.

Angenommen sei exemplarisch, der potenzielle Investor habe bei der Errichtung einer Fabrik die Wahl zwischen zwei möglichen Investitionszeitpunkten. Es fallen irreversible Kosten von $I = 1600$ Geldeinheiten (GE) an, das heißt, diese Kosten müssen in voller Höhe auch dann getragen werden, wenn das Projekt sich im Nachhinein als unvorteilhaft erweist. Die Fabrik stellt in jeder Periode eine Einheit eines Gutes her, dessen Preisentwicklung einem Zufallsprozess unterliegt. Der Preis zum Zeitpunkt $t=0$ betrage 200 GE. In der nächsten Periode steigt er mit Wahrscheinlichkeit $q=0,5$ auf 300 GE. Mit der Gegenwahrscheinlichkeit $1-q=0,5$ fällt er auf 100 GE. Der Preis bleibt dann für immer auf seinem neuen Niveau.

Von laufenden Kosten der Produktion wird zur Vereinfachung abgesehen, die Entwicklung der Preise ist also identisch mit der Entwicklung der Rückflüsse. Schließlich sei der Einfachheit halber angenommen, dass entweder der Investor risikoneutral ist, oder aber das Risiko bezüglich der Preisentwicklung durch geeignete Diversifikation vollständig eliminiert werden kann. In diesem Fall sind die erwarteten Zahlungsströme für die Investitionsentscheidung relevant, und sie können mit dem Zinssatz R für risikolose Anlagen diskontiert werden. Im Beispiel sei $R = 10\%$.

¹²⁾ Für eine ähnliche Darstellung vgl. u. a.: Pindyck, Robert S. (1991): Irreversibility, Uncertainty and Investment. *Journal of Economic Literature*, 29, S. 1110–1148. Das Zahlenbeispiel in diesem Abschnitt wurde dort entnommen.

Wenn nun der Investor keine Möglichkeit hat, die Entscheidung zu verschieben, so muss er prüfen, ob die Investition zu einem positiven Nettokapitalwert (NK) führt, wenn sie in $t=0$ getätigt wird. Für den (erwarteten) Nettokapitalwert ergibt sich

$$(1) E(NK) = -1600 + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{E(P_t)}{(1,1)^t} = 600,$$

wegen $E(P_t)=200$ für alle t . Da der Barwert der erwarteten Nettozahlungen die einmaligen Anschaffungskosten übersteigt, sollte die Investition dem Nettokapitalwertkriterium zufolge getätigt werden.

Kann nun aber der Investor seine Entscheidung auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so bietet ihm dies die Möglichkeit, die Preisentwicklung zu verfolgen. Sinkt der Preis auf $P_1=100$, so ist die Investition nicht mehr lohnend: Der Barwert der Rückflüsse in $t=1$ läge dann bei nur 1100 GE, womit die Anschaffungskosten nicht gedeckt werden könnten. Für $P_1=100$ unterbleibt also die Investition und die mit diesem Umweltzustand verbundenen Verluste werden vermieden. Im günstigen Fall hingegen, für $P_1=300$, ist die Investition rentabel. Eine weitere Verzögerung wäre sinnlos, sie würde nur zum Verlust laufender Einnahmen führen.

Berechnet man den Erwartungswert des Nettokapitalwerts NK^* für den Fall des Aufschubs um eine Periode, so erhält man:

$$E(NK^*) = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot \left[-\frac{1600}{1,1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{300}{(1,1)^t} \right] = 772,73 \text{ GE}$$

Es ist offensichtlich, dass der erwartete Kapitalwert des Projekts bei Aufschub der Entscheidung höher ist. Ein rational handelnder Investor wird also die Investition nicht sofort durchführen, obwohl ihr erwarteter Nettokapitalwert positiv ist. Er wird viel-

mehr warten und nur dann investieren, wenn die Entwicklung der Preise vorteilhaft verläuft. Die Differenz der beiden erwarteten Nettokapitalwerte in Höhe von 172,73 GE beziffert den Wert der Möglichkeit, mit der Entscheidung über die Realisation noch eine Periode warten zu dürfen.

2. Das binomiale Modell der Optionspreisbewertung

Es ist möglich und aufschlussreich, eine Investitionsgelegenheit auch im analytischen Sinne als Option zu behandeln. Der Entscheidungsträger hat das Recht, innerhalb eines bestimmten Zeitraums eine Investitionsausgabe zu tätigen und dafür ein Projekt zu erwerben, dessen Wert im Zeitablauf stochastisch schwankt. Seine Entscheidung entspricht der des Eigentümers einer Kaufoption auf ein dividendenberechtigtes Wertpapier, zum Beispiel eine Aktie. Man kann die Entscheidung über den optimalen Zeitpunkt der Investition daher so modellieren wie die Entscheidung über die Ausübung einer Kaufoption.

Im Folgenden soll das binomiale Optionspreismodell erläutert werden, mit dessen Hilfe sich solche Optionen bewerten lassen. Es wurde von Cox, Ross und Rubinstein (1979) entwickelt.¹³ In seiner einfachsten Version, mit zwei Zeitpunkten, lässt es sich direkt auf den oben besprochenen Fall anwenden.

Betrachtet sei ein Wertpapier, dessen Kurswert vor Dividendenausschüttung einem einfachen Zufallsprozess folgt:

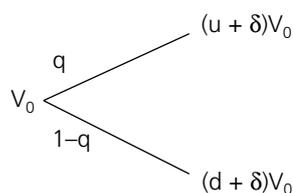
$$V_t = w_t V_{t-1}$$

¹³ Vgl.: Cox, J. C., S. A. Ross und M. Rubinstein, Option pricing: A simplified approach, Journal of Financial Economics, 7, S. 229–263, 1979.

Der Faktor w_t ist eine Zufallsvariable. Er nimmt mit Wahrscheinlichkeit q den Wert u an und mit der Gegenwahrscheinlichkeit $1-q$ einen niedrigeren Wert d . Die Werte u und d geben somit die Kursänderungen im günstigen beziehungsweise ungünstigen Fall an. Am Ende der Periode t , beziehungsweise zu Beginn der Periode $t+1$, erhält der Wertpapierinhaber eine Dividende von

$$D_t = \delta V_t.$$

Das Halten eines Wertpapiers während einer Periode – das heißt zwischen den Zeitpunkten $t=0$ und $t=1$ – führt in der zweiten Periode mit Wahrscheinlichkeit q zum Wert $(u+\delta)V_0$ und mit Wahrscheinlichkeit $1-q$ zu einem niedrigeren Wert $(d+\delta)V_0$.



Eine Kaufoption (call option) gibt ihrem Inhaber das Recht, zu einem festgelegten Kurs K , dem so genannten Basispreis, das Wertpapier vom Verkäufer, dem so genannten Stillhalter, zu erwerben. Dabei können zwei Grundtypen unterschieden werden. Eine europäische Option gibt das Recht auf Bezug des Papiers nur zu einem einzigen Zeitpunkt, am Ende der Laufzeit. Der Inhaber einer amerikanischen Option hingegen kann sein Bezugsrecht zu einem beliebigen Zeitpunkt vor dem Verfall ausüben. Hier sei eine europäische Option mit einperiodiger Laufzeit betrachtet, der Käufer erhält also das Recht, das zu Grunde liegende Wertpapier in der Folgeperiode zum Preis K zu erwerben. Der Wert der Option zum Zeitpunkt ihres Verfalls, F_1 , kann für alle Umweltzustände bestimmt werden. Er berechnet sich durch die bei optimalem Verhalten möglichen Erträge:

$$(2) F_1 = \max[V_1 - K, 0]$$

Dieser Wert ist eine Funktion von $V_1 = w_1 V_0$ und damit selbst eine Zufallsvariable. Es sei F_u der Wert bei günstigem und F_d der Wert bei ungünstigem Kursverlauf. Beide Werte sind nicht negativ. Es liegt im Wesen der Option, dass sie nicht ausgeübt werden muss und daher in keinem Fall zu Nettoauszahlungen führt. Die Optionspreistheorie greift auf die Preise anderer im Markt gehandelter Vermögensgegenstände zurück und berechnet den Wert der Option mit Hilfe von Arbitragekalkülen.

Zur Bewertung der Option wird ein „Äquivalenzportfolio“ gebildet, dessen Ertragsverlauf die Wertentwicklung der Option genau nachvollzieht. Es hat zwei Bestandteile: eine Anzahl von Einheiten des zu Grunde liegenden Wertpapiers einerseits sowie Kreditverbindlichkeiten andererseits. Dabei wird die Zusammensetzung des Äquivalenzportfolios so gewählt, dass es für jeden denkbaren Umweltzustand zu denselben Zahlungen führt wie die Option selbst. Der Marktpreis der Option muss dann im Gleichgewicht dem Wert ihres Äquivalenzportfolios entsprechen. Ansonsten wären durch Ausgabe neuer Optionen und gleichzeitigem Erwerb des Äquivalenzportfolios beziehungsweise Kauf der Option und Verkauf des Portfolios risikolose Arbitragegewinne in beliebiger Höhe möglich.

Allgemein bemisst sich der Wert einer Finanzanlage aus den durch sie bedingten Zahlungsströmen. Wenn eine Finanzanlage für alle Umweltzustände, denen eine positive Wahrscheinlichkeit zukommt, zu denselben Zahlungen führt wie eine andere Finanzanlage, so sind diese Anlagen vollkommene Substitute und haben denselben Wert.

Es sei angenommen, der Investor könne durch Ausgabe oder Kauf von Zerobonds zum festen

Marktzins R in beliebiger Höhe Geld anlegen oder sich verschulden. Mit $r=(1+R)$ sei der zugehörige Zinsfaktor bezeichnet. Wenn R und δ gleichgewichtige Ertragsraten sind, muss gelten:

$$u + \delta > r > d + \delta$$

Der zum risikolosen Wertpapier gehörende Zinsfaktor muss höher sein als die prozentuale Wertentwicklung des risikobehafteten Wertpapiers bei ungünstigem Kursverlauf. Ansonsten läge auch bei ungünstigem Kursverlauf der Gesamtertrag der Aktie über dem der risikolosen Anlage und beliebig hohe Arbitragegewinne wären möglich. Aus demselben Grund muss bei günstigem Verlauf der Ertrag des Wertpapiers höher sein als r .

Es sei nun Q_V die Anzahl der im Äquivalenzportfolio enthaltenen dividendentragenden Wertpapiere und Q_B die Anzahl der Zerobonds mit einem auf 1 normierten Kurs. Q_B ist negativ, wenn sich der Investor auf dem Kapitalmarkt verschuldet. Der Marktwert des Portfolios beträgt in $t=0$:

$$(3) F_0 = V_0 Q_V + Q_B$$

Zum Zeitpunkt $t=1$, nach Ausschüttung der Dividenden und Fälligkeit der Zinsen, beträgt der Wert des Portfolios:

$$F_1 = (w + \delta)V_0 Q_V + rQ_B$$

Das Portfolio, Q_V und Q_B , muss nun so gewählt werden, dass sein Wert in jedem Umweltzustand dem der Option entspricht:

$$uV_0 Q_V + \delta V_0 Q_V + rQ_B = F_u$$

$$dV_0 Q_V + \delta V_0 Q_V + rQ_B = F_d$$

Die Lösung dieses Systems ergibt:

$$Q_B = \frac{F_u(d + \delta) - F_d(u + \delta)}{(d - u)r}, \text{ und } V_0 Q_V = \frac{F_d - F_u}{d - u}$$

Das Äquivalenzportfolio ist hiermit bestimmt. Der Wert der europäischen Option ist gleich dem Wert des Portfolios in $t=0$ gemäß Gleichung (3):

$$(4) F_0 = V_0 Q_V + Q_B = \frac{F_u(r - d - \delta) - F_d(r - u - \delta)}{r(u - d)}$$

Es sei nun unterstellt, dass $uV_0 > K > dV_0$. In diesem Fall besteht das optimale Verhalten des Investors darin, bei günstigem Kursverlauf die Option auszuüben und sie bei ungünstigem Kursverlauf verfallen zu lassen. Somit ist aus (2):

$$F_u = uV_0 - K \text{ und } F_d = 0$$

Man erhält dann durch Einsetzen in (4)

$$(5) F_0 = \frac{uV_0 - K}{r} \frac{r - d - \delta}{u - d} > 0$$

für den Wert der europäischen Option im Ausgangszeitpunkt $t=0$. Der Inhaber einer entsprechend ausgestatteten amerikanischen Option kann wählen, ob er sie sofort ausübt – und damit in $t=0$ die Auszahlung $V_0 - K$ erhält – oder ob er die Option noch für eine weitere Periode hält. Bei Nicht-Ausübung entspricht ihr Wert dem einer europäischen Option. Somit ist ihr Wert Φ_0 :

$$(6) \Phi_0 = \max[V_0 - K, F_0]$$

Die Option wird ausgeübt, wenn der dabei realisierte Ertrag über dem Wert der Option bei Aufrechterhaltung liegt, wenn also gilt:

$$V_0 - K \geq \frac{F_u(r - d - \delta) - F_d(r - u - \delta)}{r(u - d)}$$

3. Die Investitionsgelegenheit als „reale Option“

Nach diesen Vorüberlegungen kann das in Abschnitt 1 beschriebene Entscheidungsproblem als Problem der Bewertung einer Kaufoption charakterisiert werden. Der Basispreis K entspricht den unumkehrbaren Investitionsausgaben, mit $I=1600$ GE. Der Zinsfaktor ist $r=1,1$. Der erwartete Barwert der Zuflüsse bei sofortiger Investition spielt hier die Rolle des Kurswerts, so dass gilt:

$$V_0 = E \sum_{t=0}^{\infty} \frac{P_t}{(1,1)^t} = 2200$$

Entsprechend ergibt sich für den Wert der Zuflüsse in der nächsten Periode $uV_0=3300$ GE bei günstiger Preisentwicklung und $dV_0=1100$ GE bei ungünstiger Preisentwicklung. Der Zufluss von 200 GE aus dem Verkauf des Produkts bei sofortiger Investition entspricht ökonomisch einer Dividendenzahlung von $(1+R) \cdot 200$, so dass $D_0=220$. Für den Wert einer europäischen Option mit dieser Ausstattung erhält man durch Einsetzen in (5):

$$F_0 = \frac{3300 - 1600}{1,1} \cdot \frac{1,1 - 0,5 - 0,1}{1} = 772,73 \text{ GE}$$

Dies wäre also der Betrag, der auf den Finanzmärkten für das Recht gezahlt würde, in der Folgeperiode die Investition tätigen zu können. Stattdessen jedoch kann auch sofort investiert werden. Die Investitionsgelegenheit entspricht daher nicht einer europäischen, sondern einer amerikanischen Option, und sie muss nach (6) mit $\Phi_0 = \max[V_0 - I, F_0]$ bewertet werden. Sofortige Investition lohnt sich für $V_0 - I \geq F_0$. Wegen

$$V_0 - I < \frac{uV_0 - I}{r} \cdot \frac{r - d - \delta}{u - d}, \text{ bzw. } V_0 - I = 600 < 772,73$$

ist die sofortige Ausübung nicht lohnend, es gilt $\Phi_0 = F_0$.

Dies beleuchtet das Problem der Wahl eines optimalen Investitionszeitpunkts aus einer neuen Perspektive. Das Nettokapitalwertkriterium greift bei der Bewertung der Investitionsgelegenheit und als Entscheidungsregel zu kurz, weil es das Entscheidungsfeld des Investors nicht vollständig beschreibt: Es berücksichtigt nicht die gesamten Opportunitätskosten. Bewertung durch den Nettokapitalwert unterstellt, dass die Opportunitätskosten lediglich im entgangenen Ertrag bei risikoloser Anlage zum Zinssatz R bestünden. In Wirklichkeit aber geht bei Investition in $t=0$ die Möglichkeit verloren, die Investition später zu tätigen und dabei unter Berücksichtigung neuer Informationen entscheiden zu können.

Um die Durchführung der Investition ökonomisch vorteilhaft erscheinen zu lassen, muss die erwartete Summe der abgezinsten Erträge bei sofortiger Durchführung nicht nur die versunkenen Kosten decken, sondern auch den Wert der Investitionsgelegenheit in der nächsten Periode bei optimalem Verhalten im Licht der neuen Information. Der Wert dieser Möglichkeit bei optimalem Verhalten ergibt sich als Wert einer entsprechend ausgestatteten Option.

Anhang 2:

Unsicherheit als unternehmerische Chance

Wenn ein Unternehmen in der Lage ist, sich auf wechselnde Umstände optimal einzustellen, dann kann der Wert eines Investitionsguts durch Unsicherheit auch zunehmen. Dieses Prinzip, der so genannte Hartman-Abel-Effekt, soll hier an einem Beispiel gezeigt werden.

Anders als in dem in Anhang 1 vorgestellten Optionspreismodell besteht keine Aufschubmöglichkeit: Die Investition findet sofort statt oder überhaupt nicht. Neben Kapital wird noch ein variabler Faktor, L , eingesetzt, der hier als Arbeit bezeichnet werden soll. Der Nominallohnsatz beträgt w GE, das Projekt hat eine unendliche Lebensdauer und die Produktionsfunktion lautet:

$$Y = F(K, L) = K^{1/2} L^{1/2}$$

Es wird die Anschaffung einer Kapitaleinheit, $K = 1$, erwogen. Der optimale Arbeitseinsatz maximiert den periodisch anfallenden Rückfluss:

$$\Pi(P, L) = PY - wL = PL^{1/2} - wL \rightarrow \max!$$

In Abhängigkeit vom Absatzpreis P führt dies zu einer Arbeitsnachfrage $L(P)$ und zu einem Rückfluss $\Pi(P, L(P))$, mit

$$L(P) = \frac{1}{4} \left(\frac{P}{w} \right)^2 \text{ und } \Pi(P, L(P)) = \frac{1}{4} P \left(\frac{P}{w} \right).$$

Es sei $w = 100$ GE. Im Fall sicherer Erwartungen, wenn der Absatzpreis in dieser und allen Folgeperioden $P = 200$ GE beträgt, erhält man hieraus $L^* = 1$ und $\Pi^* = 100$ GE. Nun soll Unsicherheit unterstellt werden: Mit einer Wahrscheinlichkeit von $q = 0,5$ nehme der Preis in dieser und allen Folgejahren einen Wert von $P = P_u = 300$ GE an, ansonsten wird ein Wert von $P = P_d = 100$ GE realisiert. Der Erwartungswert, $E(P)$, beträgt damit unverändert 200 GE.

Es ist nun von großer Bedeutung, ob der Investor den Faktoreinsatz in Abhängigkeit von der Nachfragesituation frei bestimmen kann oder nicht. Muss der Arbeitseinsatz bereits zum Zeitpunkt der Investition endgültig festgelegt werden,¹⁴⁾ so maximiert der Entscheidungsträger den erwarteten

Rückfluss: Es ergibt sich ein optimaler Arbeitseinsatz von $L^* = 1$, wie zuvor und ein erwarteter Rückfluss von

$$E(\Pi) = q\Pi(P_u, L^*) + (1-q)\Pi(P_d, L^*) = 100 \text{ GE,}$$

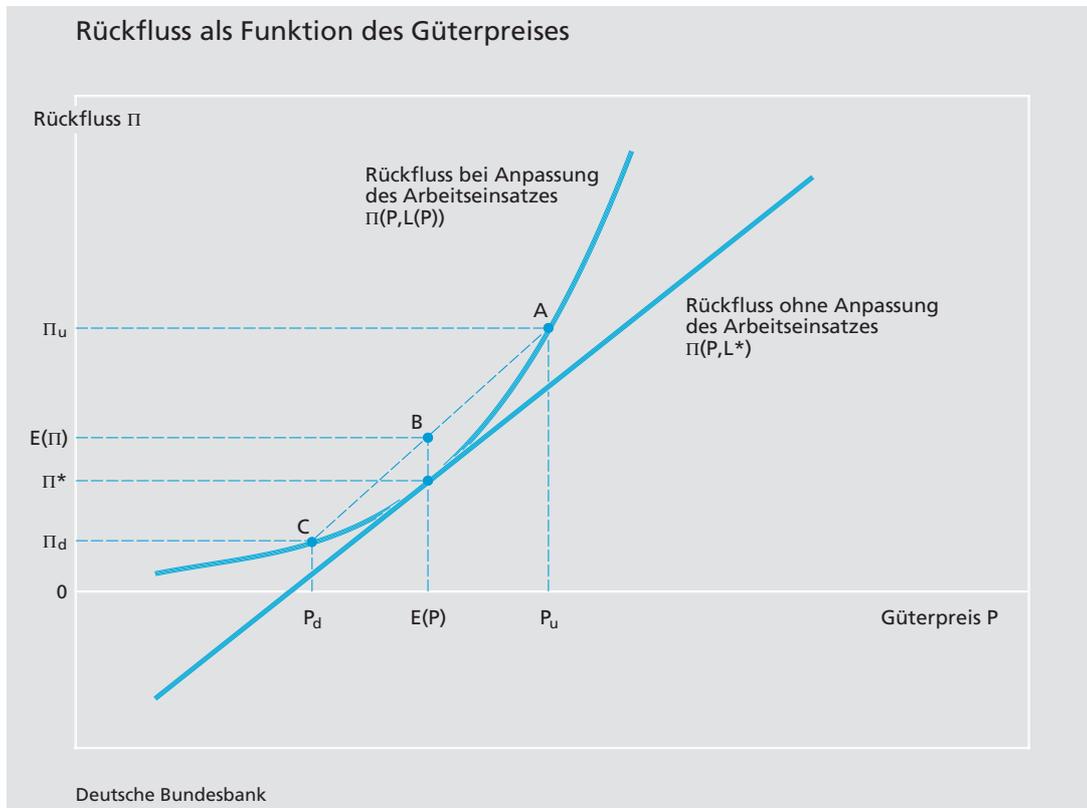
ebenso wie im Fall sicherer Erwartungen. Braucht der Investor den Arbeitseinsatz hingegen erst dann zu bestimmen, wenn er die Absatzsituation kennt, dann wird er bei hoher Nachfrage mehr Arbeit einsetzen wollen, bei geringer Nachfrage hingegen weniger. In beiden Fällen kann er dadurch seinen Rückfluss gegenüber der Situation bei starrem Arbeitseinsatz erhöhen. Für $P = P_u = 300$ fragt er sich auf $L(P_u) = 2,25$ nach, und für $P = P_d = 100$ beschränkt er sich auf $L(P_d) = 0,25$. Dies entspricht einem erwarteten jährlichen Rückfluss von

$$E(\Pi) = q\Pi(P_u, L(P_u)) + (1-q)\Pi(P_d, L(P_d)) = 125 \text{ GE.}$$

Bei einem Kalkulationszins von 10% beträgt der Barwert der Rückflüsse nunmehr 1375 GE, statt lediglich 1100 GE bei Sicherheit beziehungsweise bei Unsicherheit ohne Anpassungsmöglichkeiten. Besteht die Möglichkeit der Anpassung, erhöht Unsicherheit den Wert des Projekts. Gleichzeitig gilt, dass bei gegebener Unsicherheit der Wert des Projekts durch die Anpassungsmöglichkeit erhöht wird. Das Projekt ist rentabler und wird auch zu einem höheren Preis noch realisiert. Dieser Zusammenhang lässt sich graphisch gut veranschaulichen.

Die mit $\Pi(P, L^*)$ gekennzeichnete Gerade zeigt den Rückfluss als Funktion der Güterpreise P für gegebenen Arbeitseinsatz L^* . Der Zusammenhang ist

¹⁴ Dies ist der Fall einer so genannten Putty-clay-Technologie, bei der vor der Installation die Faktoren gegeneinander substituiert werden können, nach der Installation jedoch fixe Einsatzverhältnisse eingehalten werden müssen.



linear, weil keine Anpassung erfolgt. Wird der Arbeitseinsatz hingegen angepasst, dann ist der Rückfluss im günstigen Fall, Punkt A, ebenso wie im ungünstigen Fall, Punkt B, höher als im Fall ohne Anpassung. Der Graph der Funktion des Rückflusses bei Anpassung beschreibt eine nach oben gekrümmte (konvexe) Kurve, und der Erwartungswert, Punkt C, ist höher als im Fall bei Sicherheit.

Dieses Prinzip lässt sich in viele Richtungen verallgemeinern. Tritt jedoch neben die Möglichkeit der

Anpassung eine Wartemöglichkeit, verbunden mit Unumkehrbarkeit, dann wird die Wirkung von Unsicherheit uneindeutig: Sie erhöht zwar den Barwert der Rückflüsse, schafft aber gleichzeitig einen Optionswert für die Wartemöglichkeit.¹⁵⁾

¹⁵ Vgl.: Dixit, A.K und R.S. Pindyck, op. cit., Kapitel 6 und 11, sowie Darby, J., A.J. Hughes Hallet, J. Ireland und L. Piscitelli, op. cit.