Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Sozial verantwortliches Investment

Anwendungen in der Umweltökonomie

Ausgeführt am

Institut für Wirtschaftsmathematik
der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexia Fürnkranz-Prskawetz

durch

Lisa Walter, BSc

Grillparzerstraße 31/3
2380 Perchtoldsdorf

Wien, Oktober 2014

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei jenen Personen bedanken, die mich beim Verfassen dieser Arbeit aber auch während meines gesamten Studiums unterstützt haben.

Zunächst möchte ich mich bei Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexia Fürnkranz-Prskawetz für die Betreuung meiner Diplomarbeit bedanken. Ihre fachliche Kompetenz und Leitung haben die Entstehung dieser Arbeit unterstützt.

Weiters bedanke ich mich bei meinen Studienkollegen, in denen ich wahre Freunde gefunden haben. Sie haben mich während des gemeinsamen Studiums stets motiviert. Bedanken möchte ich mich insbesondere bei Dipl.-Ing. Martin Kerndler, der mir sowohl während des Studiums, als auch beim Verfassen dieser Arbeit bei anfallenden Fragen immer zur Seite stand.

Ein großes Dankschön ist an meine Eltern gerichtet, die mir dieses Studium überhaupt ermöglicht haben. Ohne ihre Unterstützung und ihren Rückhalt wäre ich nicht dort, wo ich heute stehe.

Ein besonderer Dank gilt meinem Freund, der immer Verständnis zeigte, ein offenes Ohr für mich hatte und mich in schwierigen Phasen stets aufbaute.

Kurzfassung

Die Bedeutung von sozial verantwortlichem Investment (SRI, englisch, Socially Responsible Investment) hat in den letzten Jahrzehnten stark an Bedeutung gewonnen. In dieser Diplomarbeit werden drei Modelle vorgestellt, welche den Zusammenhang zwischen sozial verantwortlichem Investment und Umweltverschmutzung betrachten. Das erste Modell von Dam und Heijdra [10] untersucht das Zusammenspiel von sozial verantwortlichem Investment und öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen in einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell. Es wird angenommen, dass Haushalte einen sogenannten *Warm-Glow* empfinden, da sie sich zum Teil für die Umweltverschmutzung, welche Firmen, deren Aktien sie halten, verursachen, verantwortlich fühlen. Auf Firmenseite fungiert dieses *Warm-Glow*-Motiv als eine implizite Steuer. Das im Anschluss vorgestellte Modell von Dam [9] behandelt das Inter-Generationenproblem, welches die Externalität der Umwelt mit sich bringt. Dieser Konflikt entsteht, da zukünftige Generationen die Kosten der Umweltverschmutzung, welche heute verursacht werden, tragen müssen. In einem überlappenden Generationenmodell zeigt Dam, dass ein zukunftsorientierter Aktienmarkt mit sozial verantwortlichem Investmentfonds diesen Konflikt lösen kann. Das dritte in dieser Arbeit vorgestellte Modell von Heinkel et al. [15] analysiert den Einfluss von sozial verantwortlichem Investment auf das Unternehmensverhalten in einem Gleichgewichtsmodell. Die Autoren zeigen, dass grüne Investoren, die ausschließlich Firmenaktien in ihr Portfolio aufnehmen, welche ihren ethischen Wertvorstellungen entsprechen, umweltverschmutzende Unternehmen dazu veranlassen können Reformkosten auf sich zu nehmen um ihre Produktionstechnologie zu säubern. Somit wird nachgewiesen, dass sozial verantwortliches Investment einen nicht vernachlässigbaren ökonomischen Einfluss hat.

Abstract

In the last decades socially responsible investment (SRI) has strongly gained in importance. This diploma thesis introduces three models that study the relationship between socially responsible investment and environmental pollution. The first model by Dam und Heijdra [10] analyses interactions of socially responsible investment and public abatement in a general equilibrium model. Because households feel partly responsible for the pollution produced by firms in which they hold shares, it is assumed that they experience a so-called warm-glow effect. From the firms' perspective this warm-glow motive acts as an implicit tax. The next model introduced in this thesis (Dam [9]) studies the inter-generational conflict generated by the externality associated with the environment in an overlapping generations model. This conflict arises because of the fact that future generations bear the costs of pollution produced by the current generation. Dam shows that the forward-looking nature of the stock market is able to resolve this conflict. The third model presented is the equilibrium model by Heinkel et al. [15] which analyses the influence of socially responsible investment on corporate behaviour. The authors demonstrate that green investors who exclusively hold shares of non-polluting firms can make polluting firms clean up their production technology. Thus, it is proved that socially responsible investment has an economic impact.

Inhaltsverzeichnis

Contents iii

List of Figures vi

List of Tables vii

1 Motivation 1
- 1.1 Geschichte und Entstehung von sozial verantwortlichem Investment . . . 1
- 1.2 Klassifizierung und Markt von SRI . . . 2
- 1.3 SRI und CSR . . . 6
- 1.4 Aufbau der Arbeit . . . 8

2 Ökologische und makroökonomische Effekte von SRI (L. Dam und B. J. Heijdra) [10] 10
- 2.1 Das Modell . . . 11
  - 2.1.1 Haushalte . . . 11
  - 2.1.2 Firmenseite . . . 14
  - 2.1.3 Aggregierte Dynamiken . . . 16
- 2.2 Stabilitätsanalyse . . . 19
- 2.3 Komparative Dynamik . . . 20
  - 2.3.1 Schock auf öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen . . . 20
  - 2.3.2 Kalibrierung des Modells . . . 23

3 SRI in einem OLG Modell (L. Dam) [9] 27
- 3.1 Das Modell . . . 28
  - 3.1.1 Konsumenten . . . 28
  - 3.1.2 Das Maximierungsproblem der Konsumenten . . . 30
  - 3.1.3 Firmenseite . . . 31
  - 3.1.4 Das Maximierungsproblem der Firmen . . . 32
  - 3.1.5 Zusammenfassung der wichtigen Modellgleichungen . . . 35
- 3.2 Gleichgewicht . . . 35
  - 3.2.1 Kompetitive Wirtschaft . . . 35
  - 3.2.2 Zentrale Planwirtschaft . . . 38

4 Die Auswirkungen von SRI auf das Unternehmensverhalten (Heinkel et al.) [15] 42
- 4.1 Struktur des Modells . . . 43
- 4.2 Gleichgewicht . . . 45

4.3 Komparative Statik 49

5 Zusammenfassung **53**

A Kapitel 2 **55**
A.1 Haushalte 55
A.2 Firmenseite 57
A.3 Log-Lineariserung 59
A.3.1 Grundlagen der Log-Lineariserung um den Steady-State 59
A.3.2 Herleitung des log-linearisierten Modells 61
A.4 Gleichgewicht 66

B Kapitel 3 **67**
B.1 Maximierungsproblem der Konsumenten 67
B.2 Maximierungsproblem der Firmen 68
B.3 Gleichgewicht und Stabilität 70
B.4 Soziale Planwirtschaft 74

C Kapitel 4 **76**
C.1 Der optimale Portfoliobestand 76
C.2 Die Anzahl der reformierten Firmen N_R 78
C.3 Aktienpreis für reformierte Firmen P_R 79

Literaturverzeichnis **80**

Abbildungsverzeichnis

1.1 Globales SRI-Gesamtvermögen (Quelle: GSIA Report, Figure 1) 5
1.2 Sozial verantwortliches Investment nach Regionen (Quelle: GSIA Report, Figure 2) 5

2.1 Phasenportrait (Quelle: Dam und Heijdra [10], Figure 1) 22
2.2 Erhöhung der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen (Quelle: Dam und Heijdra [10], Figure 2) 23
2.3 Phasenportrait für $G = 0.05$ 25
2.4 Phasenportrait für $G = 0.1$ 25

3.1 Steady-State Gleichgewichte (nach Dam [9], Figure 1) 39

Tabellenverzeichnis

2.1 Log-linearisiertes Modell 18
2.2 Effekte von öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen 24

Kapitel 1

Motivation

Dieser Abschnitt basiert im Wesentlichen auf dem Artikel von Rennbeboog et al. [19]. In den letzten Jahrzehnten ist die Anzahl der Anlegerfonds, welche sich auf sozial verantwortliches Investment (SRI, englisch, Socially Responsible Investment) fokussieren, stark gestiegen. SRI ist ein Investmentprozess, der soziale, umweltbezogene und ethische Überlegungen in die Investitionsentscheidung miteinbezieht [19]. SRI-Investoren sind nicht gewillt in Unternehmen, welche beispielsweise stark zur Umweltverschmutzung beitragen, Kinderarbeit unterstützen bzw. in anderer Weise ihre gesellschaftliche Verantwortung als Unternehmen vernachlässigen, zu investieren.

1.1 Geschichte und Entstehung von sozial verantwortlichem Investment

Der historische Ursprung sozial verantwortlichen Investments ist in religiösen Traditionen begründet. Bereits die Lehren des Judentums geben reichlich Auskunft über den ethisch korrekten Umgang mit Geld. Auch im mittelalterlichen Christentum gab es ethische Restriktionen auf Darlehen, welche auf den Lehren des Alten Testaments basierten.[1] Das universelle Verbot von Zinswuchern, welches 1139 von der katholischen Kirche auferlegt worden war, bestand bis in das 19. Jahrhundert. Auch in England wurden überhöhte Zinsen auf Darlehen durch *The Act Against Usury*, welcher von 1571 bis 1624 in Kraft war, verboten. Im 18. Jahrhundert verweigerten die Quäker in Unternehmen zu investieren, welche von Waffen und Sklavenhandel profitierten. In seiner Predigt *The Use of Money* betonte John Wesley (1703 – 1791), Gründer der

[1] siehe z.B. Exodus 22:25: "Wenn du Geld leihst einem aus meinem Volk, der arm ist bei dir, sollst du ihn nicht zu Schaden bringen und keinen Wucher an ihm treiben."

evangelisch-methodistischen Kirche, die Grundzüge von sozial verantwortlichem Investment. Auch im muslimischen Glauben lassen sich Wurzeln sozial verantwortlichen Investments wiederfinden. Basierend auf der Lehre des Korans investieren muslimische Investoren weder in Unternehmen, welche u.a. in Pornographie und Glücksspiel involviert sind, noch in zinsbezogene Finanzinstrumente.[2] Bei modernem sozial verantwortlichem Investment stehen nicht mehr religiöse Traditionen, sondern viel mehr ethische und soziale Überzeugungen des individuellen Investors im Vordergrund. Der erste moderne Anlagefonds - der Pax World Fund - wurde 1971 in den USA gegründet. Dieser vermied Investitionen in mit Waffen handelnde Unternehmen und wandte sich so an Investoren, welche dem Vietnam Krieg und Militarismus per se mit Ablehnung gegenüber standen. In den 1980er Jahren als in Südafrika das rassistische System der Apartheid herrschte, vermieden SRI-Investoren in den USA und Europa Unternehmen, welche Geschäfte in Südafrika abwickelten, in ihr Portfolio aufzunehmen. Durch Umweltkatastrophen, wie unter anderem der Explosion des Kernkraftwerks in Tschernobyl (ehem. Sowjetunion) 1986 oder der 1989 durch den Öltanker *Exxon Valdez* ausgelöste Ölpest, wurden sich Investoren immer mehr der negativen Umweltauswirkung der industriellen Entwicklung bewusst. Seit den frühen 1990er Jahren hat das Interesse an SRI in den USA, Europa und dem Rest der Welt deutlich zugenommen. Ein wichtiger Faktor für dieses Wachstum stellte das ethische Konsumverhalten, bei welchem Konsumenten bereit sind einen Zuschlag für Produkte, welche mit ihren persönlichen Wertvorstellungen konform gehen, zu zahlen, dar. Auch einer der ersten und bekanntesten SRI-Indices - der *Domino 400 Social Index* - wurde 1990 gegründet. Weiters führten die in den vergangen Jahren aufgedeckten Unternehmensskandale (z.B. die von BP 2010 verschuldete Ölpest im Golf von Mexiko - *Deepwater Horizon*) dazu, dass neben den verbreiteten SRI-Kriterien wie Umweltschutz, Menschenrechte und Arbeitsverhältnisse, heute auch Corporate Governance und Unternehmensverantwortung im Fokus von SRI-Investoren stehen.

1.2 Klassifizierung und Markt von SRI

Klassifizierung von SRI

Die meisten SRI-Anlagefonds berücksichtigen eine Kombination von verschiedenen Investitionskriterien *(Investment Screens)*, welche in 2 Gruppen unterteilt werden: negative und positive Screens.

[2] siehe z.B. Kroan, Sure 3, Vers 130: „Ihr Gläubigen! Nehmt nicht Zins, indem ihr in mehrfachen Beträgen wiedernehmt, was ihr ausgeliehen habt!“

Die älteste und einfachste SRI-Strategie basiert auf negativen Auswahlkriterien *(Negative-Screens)*. Sie schließt bestimmte Wertpapiere und Industrien basierend auf sozialen, umweltbezogenen und ethischen Kriterien aus dem SRI Portfolio aus. Des Weiteren basieren SRI-Portfolios heutzutage auf positiven Auswahlkriterien *(Positive-Screens)*, was in der Praxis bedeutet, Unternehmen, welche einen hohen CSR-Standard (englisch, Corporate Social Responsibilty) erfüllen, auszuwählen. Positive Screens sind meist auf Corporate Governace, Arbeitsbeziehungen, Umwelt und Nachhaltigkeit der Investition fokussiert. Oft wird die Verwendung von positiven Auswahlkriterien mit dem *„best in class“* Ansatz kombiniert. Firmen innerhalb einer Industrie oder eines Marktsektors werden an Hand von CSR-Kriterien gereiht. Darauf basierend werden nur jene Firmen, die über einem Schwellenwert liegen, in das Portfolio aufgenommen.

Auf Grund der zunehmenden Schwierigkeit sozial verantwortliches Investment zu definieren und zu messen, wurden immer mehr Kategorien und Sub-Kategorien von SRI entwickelt. Für den *Global Sustainable Investment Review 2012*, den ersten high-level Bericht auf globaler Ebene für sozial verantwortliches Investment, verwendet die *Global Sustainabel Investment Alliance (GSIA)* eine umfassende Definition für soziales Investment. Die *Global Sustainable Investment Alliance (GSIA)* ist eine strategische Kollaboration aus Sustainable Investment Foren aus der ganzen Welt, mit dem Ziel, den Einfluss von nachhaltigen Investment Organisationen zu fördern. Mitglieder der GSIA sind folgende Sustainable Investment Foren:

- US SIF: Forum for Sustainable and Responsible Investment
- Eurosif: European Sustainable Investment Forum
- ASrIA: Association for Sustainable & Responsible Investment in Asia
- RIAA: Responsible Investment Association Australasia
- SIO: Canadian Social Investment Organization
- UKSIF: UK Sustainable Investment and Finance Association
- VBDO: Dutch Vereniging van Beleggers voor Duurzame Ontwikkeling
- AfricaSIF.org: Africa Sustainable Investment Forum, hat Beobachtungsstatus

Die GSIA sieht sozial verantwortliches Investment als einen Ansatz, in dem umweltbezogene und soziale Faktoren sowie Faktoren für eine verantwortungsbewusste Regierungsführung in die Auswahl und Verwaltung von Investments miteinbezogenen werden. Für die globale Studie *Global Sustainable Investment Review 2012* betrachtet die Alliance folgende SRI-Strategien:

1. **Screening von Investments:**

   a. Negative-Screening: Ausschluss von bestimmten Wertpapieren und Industrien aus dem SRI Portfolio basierend auf sozialen, umweltbezogenen und ethischen Kriterien.

   b. Positive-Screening (best-in-class-Screening): Auswahl von Unternehmen, die einen hohen CSR-Standard erfüllen.

   c. Norms-based-Screening: Auswahl wird anhand der Einhaltung von internationalen Standards und Normen getroffen.

2. **Integration von ESG (Environmental, Social and Gonvernance)-Faktoren:** Systematische und explizite Einbeziehung von ESG-Faktoren in traditionelle Finanzanalysen.

3. **Sustainability themed investing:** Investition in Themen oder Assets, welche sich speziell auf Nachhaltigkeit beziehen.

4. **Impact/community investing:** Fokus auf soziale oder umweltbezogene Unterschiede, die man durch Investments erreichen kann.

5. **Corporate engagement and shareholder action:** benutzt den Einfluss der Aktionäre um unternehmerisches Verhalten zu lenken, unter anderem durch direktes Corporate Engagement.

Der Markt von SRI

Basierend auf Daten von Mitgliedern der GSIA[3] wird die Größe des weltweit sozial verantwortlichen Investmentmartkes auf mindestens $13,6$ Billionen US-Dollar (Ende 2011) geschätzt (Abbildung 1.1). Dies macht rund $21,8\%$ des in Höhe von US $62,3$ Billionen weltweit verwalteten Gesamtvermögen aus und zeigt das bedeutende Ausmaß von SRI. Den größten Marktanteil hat mit fast zwei Drittel des SRI-Gesamtvermögens Europa, gefolgt von den USA und Kanada. Diese drei Regionen machen zusammen rund 96% des SRI-Gesamtvermögens aus, wie in Abbildung 1.2 ersichtlich ist.

Laut der Eurosif Studie *European SRI Study 2012* ist das Gesamtvermögen von ESG-bezogenen Investitionen in Europa in zwei Jahren um $22,5\%$ von US $7,15$ Billionen (Ende 2009) auf US $8,76$ Billionen (Ende 2011) gestiegen. In den USA wird heutzutage jeder neunte US-Dollar (rund $11,2\%$) unter professioneller Verwaltung sozial verantwortlich investiert. Von 2009 bis 2011 vergrößerte sich das Volumen um rund

[3]Die Daten basieren auf dem *Global Sustainable Investment Review 2012*, nachzulesen unter http://www.gsi-alliance.org [05.10.2014]

Abbildung 1.1: Globales SRI-Gesamtvermögen
(Quelle: GSIA Report, Figure 1)

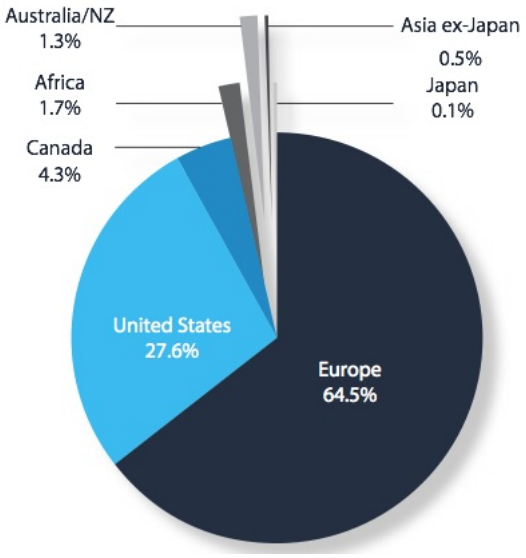

Abbildung 1.2: Sozial verantwortliches Investment nach Regionen
(Quelle: GSIA Report, Figure 2)

22% von US $3,07 Billionen (Ende 2009) auf US $3,74 Billionen (Ende 2011). Verglichen mit dem Jahr 1995, als das Volumen des nachhaltigen Investitionsmarktes der USA das erste Mal von US SIF gemessen wurde, wuchs der SRI Markt sogar um 486%, während das Volumen des Gesamtmarktes der USA um 376% stieg.

Auch in der Zukunft wird ein weiteres Wachstum sozial verantwortlichen Investments erwartet. Neben aktuellen Thematiken wie der Klimaerwärmung, dem Kyoto-Protokoll, dem Emissionshandel, Corporate Governance bzw. der Mikrofinanzierung, wird das

Wachstum vor allem in Europa, auch auf Grund von Änderungen in der Regulierung, welche die Angabepflicht von sozialen, umweltbezogenen und ethischen Informationen von Pensionskassen und börsennotierten Unternehmen betreffen, angetrieben.

1.3 SRI und CSR

Die traditionelle Finanztheorie besagt, dass es Ziel eines Unternehmens sein sollte, den Wert des Eigenkapitals zu maximieren. In den letzten Jahren gewann jedoch CSR (englisch, Corporate Social Responsibility) zunehmend an Bedeutung. Von Unternehmen wird neben der finanziellen Verantwortung auch Verantwortung in Bezug auf Umwelt und Gesellschaft verlangt. Auch SRI-Investoren beschäftigen sich vor allem mit der Frage, ob es das Ziel einer Firma sei, den Unternehmenswert oder den gesellschaftlichen Wert zu maximieren. Basierend auf der Definition von McWilliams und Siegel [18] beschreibt Dam in seiner Dissertation [8] CSR als *„a set of actions on the part of a firm that advance the promotion of some social good beyond the immediate interests of the firm and/or shareholder“*. Firmen, die auch den gesellschaftlichen Wert steigern wollen und CSR-Strategien nachgehen, schränken damit ihre Produktionsmöglichkeiten ein. Das bedeutet, dass die Vorzüge von CSR Mehrkosten verursachen. Wird ein CSR-Verhalten zum Beispiel durch sozial verantwortliches Investment motiviert, werden die Mehrkosten von den Investoren durch eine niedrigere Rendite getragen. In einem ökonomischen Gleichgewicht sollten die Vorzüge zumindest die Mehrkosten ausgleichen. Mehrere Kritiker (z.B. Baumol [6], Shleifer [21]) behaupten, dass der Verlust von Profit auf Grund von CSR-Verhalten in einem konkurrenzfähigen Markt nicht vertretbar ist. Auch Friedmann [13] ist der Meinung, dass Firmen keine CSR-Strategien verfolgen sollten. Er behauptet, dass es für das Unternehmen effizienter sei niedrigere Preise zu verlangen und den Konsumenten damit die Möglichkeit zu bieten einen gemeinnützigen Beitrag zu leisten, der ihren persönlichen Wertvorstellungen entspricht. Im Gegensatz dazu zeigen Bagnoli und Watts [3], dass in einem Marktgleichgewicht Corporate Social Responsibility der Konkurrenz standhält. Mehrere theoretische Studien behaupten, dass CSR in Märkten mit asymmetrischer Information Vorteile bringen kann. Unternehmen können CSR als Informationsquelle benutzen, anhand welcher Qualität und Ruf der Firmen beurteilt werden (Fombrun und Shanley [12]). Wirtschaftstherorien besagen, dass Unternehmen CSR-Strategien soweit implementieren sollen, dass das sozial verantwortliche Verhalten den Unternehmenswert maximiert. Nun stellt sich die Frage, ob Investoren bereit sind, für CSR zu zahlen, also ob CSR in der Höhe des Aktienpreises berücksichtigt werden soll. Mehrere empirische Studien zeigen, dass ein positiver Zusammenhang zwischen dem unternehmerischen Beitrag zum Umweltschutz und dessen Unternehmenswert besteht. Derwall et al. [11] untersuchen in einer empirischen Studie

die Beziehung von Aktiengewinnen und Umweltleistungen. Die Studie zeigt, dass ein Portfolio von Unternehmen, welche großen Wert auf Umweltschutz legen, ein Portfolio von Firmen, welche wenig zum Umweltschutz beitragen, im Zeitraum von $1997 - 2003$ um jährlich 6% übertrifft. Für sozial verantwortliches Investment bedeutet dies, dass der Gebrauch von umweltbezogenen Informationen die Portfolioentwicklung positiv beeinflussen kann. Die Autoren begründen dies unter anderem durch eine Unterbewertung solcher Informationen am Aktienmarkt. Befürworter der Effizienzmarkthypothese behaupten, dass es unmöglich sei, dass SRI-Fonds die Leistung herkömmlicher Fonds überragen. Diese Hypothese geht auf Eugene Fama in den 1970er Jahren zurück und besagt, dass alle Marktteilnehmer alle relevanten Informationen erhalten sobald diese verfügbar sind und danach handeln. Auf Finanzmärkten herrsche also perfekte Information und dadurch sei es nicht möglich, dass ein Marktteilnehmer durch die Auswahl von Portfolios anhand von CSR-Kriterien eine überdurchschnittliche Rendite erzielen kann. Dennoch kann dieser Auswahlprozess neue Informationen hervorbringen, welche dem Fondsmanager helfen besser risikobereinigte Gewinne zu erzielen als mit konventionellen Fonds. So können Investoren nach dem Prinzip *„do (financially) well while doing (socially) good“* (Rennboog et al [19]) handeln. Die zentrale Annahme dieser „Outperformance“-Hypothese ist, dass der Aktienmarkt CSR-Informationen auf kurze Sicht unterschätzt. Die Auswahl von Portfolios anhand von CSR-Kriterien reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass in Zeiten von gesellschaftlichen Krisen oder Umweltkatastrophen hohe Kosten entstehen. Langfristig können die Gewinne sozial verantwortlicher Investments also jene herkömmlicher Fonds übersteigen. In einer empirischen Studie zeigen Bauer et al. [5], dass es in den USA und Großbritannien kaum Unterschiede zwischen der durchschnittlichen Leistung sozial verantwortlicher Investments und Investments in herkömmlichen Fonds gibt. SRI kann jedoch die Diversifikationsmöglichkeiten einschränken und den Risk-Return-Trade-Off negativ beeinflussen (Geczy et al. [14]). Auch wenn empirische Studien von Rennboog et al. [20] nachweisen, dass in Europa und Asien SRI schlechtere Gewinne erzielen, wächst diese Form des Investments in diesen Regionen stark. Dies zeigt, dass Investoren bereit sind, auf finanzielle Gewinne zu verzichten, wenn das Portfolio ihren persönlichen Wertvorstellungen entspricht.

Beeinflusst SRI das Verhalten von Unternehmen?

Da die Anzahl von SRI-Fonds immer weiter wächst, stellt sich die Frage, ob sozial verantwortliches Investment tatsächlich Einfluss auf das sozial verantwortliche Verhalten von Unternehmen hat und dadurch CSR-Strategien in Firmen implementiert werden. Mit dieser Frage beschäftigen sich auch Heinkel et al. [15]. In dem in Kapitel 4 im

Detail erläuterte theoretischen Modell analysieren die Autoren die Effekte von *Negative Screening* eines Unternehmens, welches Umweltverschmutzung verursacht. In dem Modell existieren zwei risikoaverse Typen von Investoren: „neutrale“ Investoren, welche keinen Wert auf ethische Anschauungen legen und „grüne“ Investoren, welche sich weigern in Unternehmen zu investieren, welche nicht ihren ethischen Wertvorstellungen entsprechen. Die Frage ist nun, ob sozial verantwortliches Investment das Verhalten von Unternehmen beeinflussen kann, sodass diese von einer umweltverschmutzenden Produktionstechnologie zu einer sauberen Technologie wechseln. Das Modell zeigt, dass diese Frage positiv beantwortet werden kann. Da umweltverschmutzende Firmen von grünen Investoren ausgeschlossen werden, sind diese in weniger Portfolios vertreten. Da die Nachfrage nach umweltverschmutzenden Firmen zurückgeht, sinkt deren Aktienpreis und die erwartende Rendite steigt. Wenn der Aktienpreis unter einen akzeptablen Preis fällt, sind inakzeptable Firmen dazu bereit, zu gewissen Kosten zu reformieren und dadurch auch in Portfolios grüner Investoren aufgenommen zu werden.

1.4 Aufbau der Arbeit

In dieser Diplomarbeit wird an Hand von drei Modellen der Zusammenhang sozial verantwortlichen Investments und der Umweltqualität analysiert.

In Kapitel zwei wir das makroökonomische Gleichgewichtsmodell Modell von Dam und Heijdra [10] betrachtet, in dem die Effekte von sozial verantwortlichem Investment und öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen untersucht werden. Es wird gezeigt, dass das sozial verantwortliche Verhalten der Haushalte den positiven Effekten von öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen zum Teil entgegenwirkt.

In Kapitel drei wird das Overlapping Generation Modell von L.Dam [9] vorgestellt, in dem gezeigt wird, dass die Existenz eines zukunftsorientierten Aktienmarkts das Inter-Generationsproblem zwischen heutiger und zukünftiger Generation beseitigen kann. Ein Inter-Generationsproblem entsteht, da kurzlebige Agenten von heute die langfristigen Effekte der Umweltverschmutzung nicht berücksichtigen und folglich die zukünftigen Generationen die Kosten der Umweltverschmutzung zu tragen haben.

Wie bereits erwähnt, wird in Kapitel vier der Einfluss sozial verantwortlicher Investoren auf das Unternehmensverhalten untersucht. Es wird das Gleichgewichtsmodell von Heinkel et al. [15] vorstellt, in welchem die Autoren der Frage nachgehen, ob die Präsenz grüner Investoren, die bestimmte Aktien in ihrem Portfolio ausschließen, Firmen dazu bringen kann, ihr Unternehmensverhalten so zu ändern, dass sie ihre umweltverschmutzende Technologie säubern.

Das fünfte Kapitel stellt eine Zusammenfassung der in dieser Diplomarbeit vorgestellten Modelle, in der die verschiedenen Resultate diskutiert werden, dar.

Kapitel 2

Ökologische und makroökonomische Effekte von SRI (L. Dam und B. J. Heijdra) [10]

L. Dam und B. J. Heijdra untersuchen in ihrem Artikel *The Environmental and Macroecomonic Effects of Socially Responisble Investment* [10] die ökologischen und makroökonomischen Effekte von umweltbezogenem SRI-Verhalten im Fall einer Umweltverschmutzung durch Produktion. Sie sind damit die ersten, die versuchen, Preiseffekte von sozial verantwortlichem Investment in ein vollständiges makroökonomischen allgemeines Gleichgewichtsmodell einzugliedern. Die Autoren integrieren das SRI Verhalten der Konsumenten in ein auf Turnovsky [22] basierendes dynamischen Optimierungsmodell, welches die Investitionsentscheidungen eines Haushaltes abbildet. Sie untersuchen so das Zusammenspiel von traditioneller Fiskalpolitik (wie z.B. öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen) und sozial verantwortlichem Investment.

Im ersten Abschnitt wird das Modell von Dam und Heijdra vorgestellt. Haushalte haben die Möglichkeit in „schmutzige“ Firmenaktien oder „saubere“ Staatsanleihen zu investieren. Sie fühlen sich zum Teil für die Umweltverschmutzung verantwortlich, die Firmen, deren Firmenaktien sie besitzen, produzieren (*Warm-Glow-Motiv*).

Der Bergriff *Warm-Glow* wurde von Andreoni [1, 2] geprägt, der damit versuchte zu beschreiben, warum Personen gewillt sind, an Wohltätigkeit zu geben. Andreoni geht davon aus, dass Individuen aus zwei Gründen bereit sind, zu einem öffentlichen Gut beizutragen. Einerseits erhalten sie zusätzlichen Nutzen aus dem Erbe (z.B. in Form einer

sauberen Umwelt), das sie ihren Nachfahren hinterlassen, d.h. neben dem eigenen Wohlergehen sorgen sie sich auch um das ihrer Nachkommen. In der Literatur ist dieses Motiv als „Altruismus“ *(altruism)*[1] bekannt. Des Weiteren generieren Individuen zusätzlichen eigenen Nutzen aus dem Geben per se. Sie empfinden ein positives emotionales Gefühl, welches Andreoni *„Warm-Glow“* bezeichnet. Von diesem scheinbar eigennützigen Motiv ausgehend, prägte Andreoni den Begriff *„Impure altruism“* („unreine“ Selbstlosigkeit).

Um zu erreichen, dass die Haushaltsinvestoren auch „schmutzige“ Firmenaktien kaufen, müssen diese eine höhere Rendite als „saubere“ Staatsanleihen einbringen. Auf der Firmenseite fungiert der *Warm-Glow*-Gedanke der Investoren als implizite Steuer. Diese müssen Firmen auf Grund der umweltverschmutzenden Produktion bezahlen. Dadurch beeinflusst sozial verantwortliches Investment den Ertrag und die Kapitalakkumulations-Entscheidungen der Firmen.

Um die Eigenschaften des Modells weiter zu untersuchen, wird, basierend auf den Artikel [10] von Dam und Heijdra, das Modell um den Steady-State log-linearisisert. Anschließend wird im zweiten Abschnitt die Existenz und die Sattelpunkt-Stabilität des makroökonomischen Gleichgewichts nachgewiesen.

Im dritten Abschnitt wird dem log-linearisiserten Modell ein Schock in Form einer (unerwarteten und andauernden) Erhöhung des Levels der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen hinzugefügt. Es wird gezeigt, dass dieser Schock den *Warm-Glow*-Gedanken von sozial verantwortlichen Investoren abschwächt.

2.1 Das Modell

2.1.1 Haushalte

In ihrem Modell nehmen Dam und Heijdra an, dass es eine große (und fixe) Anzahl an identischen, unendlich lang lebenden Haushaltsinvestoren, H, gibt. Diese stehen vor der Entscheidung, in „saubere“ Staatsanleihen oder „schmutzige“ Firmenaktien zu investieren. Es wird also angenommen, dass sich der Staat nur an sauberen Aktivitäten beteiligt und alle sozial unverantwortlichen Aktivitäten ausschließt. Die Externalität der Umwelt wird von den Konsumenten nicht vollständig internalisiert. Sie fühlen sich jedoch verantwortlich für die Umweltverschmutzung, welche Firmen, deren Anteile sie halten, produzieren und empfinden durch ihren Beitrag am öffentlichen Gut einen so

[1] Dieser Begriff wurde von Barro [4] und Becker [7] geprägt.

genannten *„Warm-Glow“*. Dieses *Warm-Glow*-Motiv wird durch sozial verantwortliches Investment gelenkt.

Die Nutzenfunktion über die gesamte Lebenszeit, angefangen in der Planungsperiode, t, eines repräsentativen Haushaltes ist gegeben durch

$$\Lambda(t) \equiv \int_t^{\infty} U(c(\tau), p(\tau), Q(\tau)) e^{\rho(t-\tau)} d\tau. \tag{2.1}$$

Hier bezeichnet $c(\tau)$ den Konsum und ρ die Rate der Zeitpräferenz. Weiters bezeichnet $Q(\tau)$ den traditionellen externen Effekt auf den Nutzen und $p(\tau)$ den durch sozial verantwortliches Investment gesteuerten *Warm-Glow-Effekt*.

In ihrem Modell nehmen Dam und Heijdra eine in ihren Argumenten log-lineare Nutzenfunktion $U(\cdot)$ an:

$$U(c(\tau), p(\tau), Q(\tau)) \equiv \ln \left[c(\tau)(1 + p(\tau))^{-\beta} Q(\tau)^{\zeta} \right], \quad \beta > 0, \quad \zeta > 0 \tag{2.2}$$

Der Nutzen hängt positiv von Konsum $c(\tau)$ und der Umweltqualität $Q(\tau)$ ($\partial U/\partial c > 0$ und $\partial U/\partial Q > 0$) und negativ vom *Warm-Glow*-Index $p(\tau)$ ab ($\partial U/\partial p < 0$). Wird mehr konsumiert, steigt auch der Nutzen eines Haushaltes. Selbiges gilt für die Umweltqualität - steigt diese, so hat dies einen positiven Einfluss auf den Nutzen des Haushaltes. Ein höherer Wert für $p(\tau)$ bedeutet, dass die Verantwortung, die der Konsument gegenüber der Umweltverschmutzung empfindet, größer ist. Von diesem *Warm-Glow* gelenkt, verzichtet er auf einen höheren individuellen Nutzen. Weiters ist die Nutzenfunktion in ihren Argumenten separabel und die intertemporale Substitutionselastizität des privaten Konsums $\sigma_u(c(\tau))$ ist mit eins gegeben:

$$\sigma_u(c(\tau)) = -\frac{\frac{\partial U(c(\tau),p(\tau),Q(\tau))}{\partial c(\tau)}}{\frac{\partial^2 U(c(\tau),p(\tau),Q(\tau))}{\partial c(\tau)\partial c(\tau)} \cdot c(\tau)} = -\frac{c(\tau)^{-1}}{-c(\tau)^{-2} \cdot c(\tau)} = 1$$

Die intertemporale Substitutionselastizität des privaten Konsums $\sigma_u(c(\tau))$ spiegelt die Bereitschaft eines Haushaltes wider, seinen Konsum in eine spätere Periode zu verschieben. Je höher der Wert von $\sigma_u(c(\tau))$ desto stärker ist diese Bereitschaft.

Ein Haushalt fühlt sich für die durch die Anzahl seiner gehaltenen Aktien gewichtete relative Umweltverschmutzung $p(\tau)$ verantwortlich. Diese ist gegeben durch:

$$p(\tau) = \frac{e(\tau)}{\bar{E}} \cdot \frac{\gamma Y(\tau)}{Q(\tau)}, \quad \gamma > 0, \tag{2.3}$$

Hier beschreibt der erste Term $e(\tau)/\bar{E}$ die Anzahl der Aktien, die ein Haushalt zum Zeitpunkt τ besitzt, wobei mit $\bar{E}$ die (fixe) Gesamtzahl der ausstehenden Firmenaktien

und mit $e(\tau)$ die Anzahl der Aktien, die ein Haushalt hält, bezeichnet wird. Der Ausdruck $Y(\tau)/Q(\tau)$ gibt den Anteil an, welcher den Agenten beeinflusst. Dabei ist $Q(t)$ die Umweltqualität und $Y(\tau)$ der aggregierte Ertrag der Produktion. Der konstante *Warm-Glow*-Parameter γ repräsentiert den unangenehmen Nebeneffekt in Form von Umweltverschmutzung, welchen die Produktion generiert. Da der Haushalt $Y(\tau)$ und $Q(\tau)$ in seinem Entscheidungsprozess als gegeben annimmt, kann er die Höhe von $p(\tau)$ beeinflussen indem er die Anzahl der Aktien $e(\tau)$ bestimmt.

Ein Haushalt hat die Möglichkeit zu sparen indem er in Firmenaktien oder Staatsanleihen investiert. Dabei ist er durch folgende Budgetrestriktion beschränkt:

$$\dot{b}(\tau) + P_e(\tau)\dot{e}(\tau) + c(\tau) = w(\tau) + d(\tau) + r(\tau)b(\tau) - z(\tau). \tag{2.4}$$

Hier bezeichnet $b(\tau)$ Staatsanleihen, $P_e(\tau)$ den Börsenkurs der Firmenaktien, $w(\tau)$ den Lohnsatz, $d(\tau)$ gibt die von Unternehmen erhaltene Dividende an, $r(\tau)$ den Zinssatz und $z(\tau)$ die Pauschalsteuer, die an den Staat gezahlt wird. Das, was ein Haushalt konsumiert und in Aktien und Anleihen investiert, muss also der Summe aus Lohn, von Unternehmen ausgezahlte Dividenden und aus Anleihen erhaltenen Renditen, korrigiert um die Pauschalsteuer, die an den Staat abgegeben wird, entsprechen. In der Planungsperiode t gelten die Anfangsbedingungen $e(t) = e_0 = \bar{E}/H$ und $b(t) = b_0$, wobei H die Gesamtzahl der Haushaltsinvestoren ist.

Die Dividendenausschüttungsquote ist der Quotient der gesamten Dividendenzahlung der Firmen $D(\tau)$ und des Aktienkurses:

$$\pi(\tau) \equiv \frac{D(\tau)}{P_e(\tau)\bar{E}}, \tag{2.5}$$

Diese Ausschüttungsquote wird von den Firmen bestimmt. Die Dividenden, die ein individueller Investor erhält, hängen von der Anzahl der Aktien $e(\tau)$, die ein Investor besitzt, ab und sind gegeben durch $d(\tau) = \pi(\tau)P_e(\tau)e(\tau)$.

Um die Nutzenfunktion (2.1) unter (2.3)-(2.5) und Transversalitätsbedingungen zu maximieren, wählt der Haushalt Zeitpfade für $c(\tau), b(\tau)$ und $e(\tau)$. Im Appendix A wird gezeigt, dass sich das Verhalten eines individuellen Haushaltes in einem inneren Optimum mit folgenden Gleichungen charakterisieren lässt:

$$\frac{\dot{c}(\tau)}{c(\tau)} = r(\tau) - \rho, \tag{2.6}$$

$$r_e(\tau) - r(\tau) = \beta \cdot \frac{c(\tau)}{1 + p(\tau)} \cdot \frac{\gamma}{Q(\tau)} \cdot \frac{Y(\tau)}{\bar{E}P_e(\tau)}, \tag{2.7}$$

$$a(\tau) = b(\tau) + P_e(\tau)e(\tau), \tag{2.8}$$

wobei mit $r_e \equiv \dot{P}_e(\tau)/P_e(\tau) + \pi(\tau)$ die Rendite auf Aktien definiert wird. Diese entspricht also der Summer aus Änderung des Aktienpreises und der Ausschüttungsquote der Dividenden. Gleichung (2.6) beschreibt die Eulergleichung, die angibt, dass die Wachstumsrate des Konsums durch die Differenz aus Zinsrate $r(\tau)$ und Zeitpräferenz ρ bestimmt ist. Gleichung (2.7) beschreibt die Arbitrage-Bedingung für Aktien und Anleihen. Im Allgemeinen gilt $r_e(\tau) - r(\tau) \geq 0$. Wenn gilt $\beta = 0$ empfindet der Agent keinen *Warm-Glow* und verlangt daher keine höhere Rendite auf Firmenaktien. In diesem Fall gilt also $r_e(\tau) = r(\tau)$. Da in dem Modell jedoch angenommen wird, dass sich Haushalte zum Teil für die Umweltverschmutzung, die Firmen, deren Anteile sie halten, produzieren, verantwortlich fühlen, wird β als positiv angenommen. Aus (2.7) ergibt sich nun, dass der individuelle Investor eine höhere Rendite auf Aktien, die einen unerwünschten Nebeneffekt in Form von Umweltverschmutzung verursachen, als auf Staatsanleihen verlangt, d.h. $r_e(\tau) > r(\tau)$. Die Differenz $r_e(\tau) - r(\tau)$ hängt positiv von dem Parameter γ und negativ von der Umweltqualität $Q(t)$ sowie vom Marktwert der Aktie pro Outputeinheit $v(\tau) = P_e(\tau)\bar{E}/Y(\tau)$ ab. Ein höherer Wert des *Warm-Glow*-Parameters γ verlangt also, eine höhere Rendite auf Aktien und daher nimmt die Differenz zwischen der Rendite auf Aktien und Anleihen zu. Steigende Umweltqualität und zunehmender Marktwert pro Outputeinheit führen zu einer niedrigeren Rendite auf Aktien und reduzieren diese Differenz. Mit $a(\tau)$ wird das gesamte finanzielle Vermögen eines Individuums bezeichnet. Gleichung (2.8) besagt, dass dieses aus Staatsanleihen und dem Marktwert der Firmenaktien besteht.

Aus der Annahme, dass alle Agenten ident sind, werden die aggregierten Werte wie üblich definiert und mit Großbuchstaben bezeichnet: $C(\tau) \equiv Hc(\tau), A(\tau) \equiv Ha(\tau), B(\tau) \equiv Hb(\tau), Z(\tau) \equiv Hz(\tau)$, wobei H die Anzahl der identisch, unendlich lang lebenden Haushaltsinvestoren ist. Jeder Haushalt besitzt die gleiche Anzahl an Aktien, $e(\tau) = \bar{E}/H$ für alle τ. Da der *Warm-Glow-Effekt* eines Haushalts von der Anzahl der gehaltenen Aktien bestimmt wird, folgt daraus, dass jeder Haushalt den gleichen *Warm-Glow*-Effekt, $p(\tau) = \gamma Y(\tau)/HQ(\tau)$, empfindet.

2.1.2 Firmenseite

Dam und Heijdra gehen in ihrem Modell von einem vollständigen Wettbewerbsmarkt aus. Es gibt viele Anbieter, die eine Technologie mit konstanten Skalenerträgen besitzen um ein einziges homogenes Gut zu erzeugen. Zur Analyse wird eine repräsentative Firma herangezogen. Der Bruttogewinn $\Pi(\tau)$ einer dieser Firmen ist definiert durch:

$$\Pi(\tau) \equiv F(K(\tau), L(\tau)) - w(\tau)L(\tau). \tag{2.9}$$

Hier bezeichnet $K(\tau)$ den physischen Kapitalstock und $L(\tau)$ die Nachfrage nach Arbeit. Dam und Heijdra betrachten in ihrem Modell eine Cobb-Douglas Produktionsfunktion, welche mit $F(K(\tau), L(\tau)) \equiv \Omega_0 K(\tau)^{\alpha} L(\tau)^{1-\alpha}$ gegeben ist. Das Unternehmen hat die Möglichkeit, seinen gesamten Gewinn an die Haushalte in Form von Dividenden $D(\tau)$ abzugeben oder ihn in Form von Gewinnrücklagen $RE(\tau)$ zu halten, d.h.:

$$\Pi(\tau) = D(\tau) + RE(\tau). \tag{2.10}$$

Dam und Heijdra nehmen an, dass Firmen ihre Investitionen durch Gewinnrücklagen finanzieren, d.h. $RE(\tau) = I(\tau)$. Die Kapitalakkumulationsgleichung wird durch die Bruttoinvestitionen $I(\tau)$ und die Abschreibungsrate δ bestimmt.

$$\dot{K}(\tau) = I(\tau) - \delta K(\tau), \tag{2.11}$$

$\dot{K}(\tau) \equiv dK/d\tau$ beschreibt also die Nettoinvestitionen.

Der *Warm-Glow*-Gedanke der Investoren fungiert auf Firmenseite in Form einer implizite Steuer $\theta(\tau)$. Diese ist definiert ist durch:

$$\theta(\tau) \equiv \frac{\beta\gamma c(\tau)}{(1 + p(\tau))Q(\tau)}. \tag{2.12}$$

Es wird angenommen, dass $\theta(\tau)$ positiv und kleiner als eins ist ($0 < \theta < 1$). Im Nenner von (2.12) steht die Umweltqualität $Q(\tau)$ multipliziert mit dem Faktor $1 + p(\tau)$, wobei $p(\tau)$ die durch die Anzahl der gehaltenen Aktien gewichtete relative Umweltverschmutzung, für die sich ein Haushalt verantwortlich fühlt, ist (vgl. (2.3)). Die implizite Steuer $\theta(\tau)$ hängt also negativ von der Umweltqualität $Q(\tau)$ ab, d.h. verbessert sich die Umweltqualität ($Q(\tau)$ nimmt zu), so sinkt die Höhe der impliziten Steuer für Firmen. Weiters hängt $\theta(\tau)$ positiv vom Konsum $c(\tau)$, dem konstanten Parameter γ, der die Idee, dass die Produktion der Firmen die Umwelt verschmutzt, widerspiegelt, sowie der Konstante β ab. In Appendix A wird gezeigt, dass die Arbitrage-Bedingung für einen Haushalt, Gleichung (2.7), wie folgt angeschrieben werden kann:

$$r(\tau) = \frac{\dot{P}_e(\tau)}{P_e(\tau)} + \frac{D(\tau) - \theta Y(\tau)}{P_e(\tau)\bar{E}}. \tag{2.13}$$

Der Ausdruck $\theta Y(\tau)$ kann als negative Dividende, welche aus der unerwünschten Umweltverschmutzung durch die Produktionsaktivität des Unternehmens resultiert, interpretiert werden. Die Rendite auf Staatsanleihen $r(\tau)$ entspricht also der Rendite auf Firmenaktien $r_e = \dot{P}_e(\tau)/P_e(\tau) + D(\tau)/P_e(\tau)\bar{E}$ korrigiert um diese implizite Steuer. Steigt die implizite Steuer $\theta(\tau)$, so sinkt $r(\tau)$ und die Differenz $r_e(\tau) - r(\tau)$ nimmt zu.

Wird mit $V(\tau)$ der Marktwert der ausstehenden Aktien bezeichnet, so wird in Appendix A weiters gezeigt, dass die Zielfunktion der Firma in der Planungsperiode t durch folgenden Ausdruck gegeben ist:

$$V(t) = \int_t^\infty [\,[1-\theta(\tau)]F(K(\tau), L(\tau)) - w(\tau)L(\tau) - I(\tau)\,]\, e^{R(t,\tau)} d\tau. \tag{2.14}$$

Hier ist $R(t,\tau) \equiv \exp[-\int_t^\tau r(s)ds]$ der Zinsfaktor. Das Unternehmen maximiert (2.14) unter der Akkumulationsgleichung (2.11) und dem Pfad der impliziten Steuer $\theta(\tau)$. Es wählt dabei den optimalen Zeitpfad für die Nachfrage nach Arbeit $L(\tau)$ und für die Bruttoinvestitionen $I(\tau)$ (und dadurch implizit auch für den physischen Kapitalstock $K(\tau)$). Der anfängliche Kapitalstock $K(t)$ wird dabei als gegeben angenommen. Im Appendix A wird weiters gezeigt, dass aus den notwendigen Bedingungen erster Ordnung für ein inneres Optimum

$$w(\tau) = (1-\theta(\tau))F_L(K(\tau), L(\tau)) \qquad \text{und} \tag{2.15}$$

$$r(\tau) - \delta = (1-\theta(\tau))F_K(K(\tau), L(\tau)), \tag{2.16}$$

folgt, dass im Optimum $V(t) = K(t)$ ist. Der Marktwert der ausstehenden Aktien stimmt also mit dem physischen Kapitalstock überein.

2.1.3 Aggregierte Dynamiken

Um das Modell weiter zu untersuchen werden zunächst basierend auf der Mikrofundierung aus Kapitel 2.1.1 und 2.1.2 die aggregierten Dynamiken hergeleitet. Im Anschluss wird das Modell um den Steady-State log-linearisiert.

Die aggregierte Eulergleichung ist gegeben durch

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = r(t) - \rho. \tag{2.17}$$

Hier beschreibt $C(t)$ den aggregierten Konsum, $r(t)$ die Zinsrate und ρ die Zeitpräferenzrate.

Nettoveränderungen des aggregierten Kapitalstocks, $\dot{K}(t)$, entsprechen der Nettoproduktion, $Y(t) - \delta K(t)$ (mit der Abschreibungsrate des Kapitals δ), minus der Summe von privatem Konsum und öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen, $C(t) + G(t)$. Die makroökonomische Kapitalakkumulationsgleichung ist also gegeben durch:

$$\dot{K}(t) = Y(t) - C(t) - G(t) - \delta K(t). \tag{2.18}$$

In dem Modell wird von einem geräumten Arbeitsmarkt ausgegangen. Es gilt also $L(t) = H$, wobei mit H das fixe Arbeitsangebot angegeben wird. Daher lässt sich die aggregierte Produktionsfunktion mit positivem Parameter Ω_0 anschreiben als

$$Y(t) = \Omega_0 K(t)^{\alpha} H^{1-\alpha}. \tag{2.19}$$

Weiters ergibt sich aus der Annahme einer Arbeitsmarkträumung und aus den notwendigen Bedingungen erster Ordnung für ein inneres Optimum (2.15) und (2.16) aus der Mikrofundierung die aggregierten Bedingungen:

$$w(t) = (1-\alpha)(1-\theta(t))\Omega_0 K(t)^{\alpha} H^{-\alpha} \tag{2.20}$$

$$r(t) + \delta = (1-\alpha)(1-\theta(t))\Omega_0 K(t)^{\alpha-1} H^{1-\alpha}. \tag{2.21}$$

Aus den Gleichungen (2.3) und (2.12) erhält man die in den Makrovariablen $C(t), Y(t)$ und $Q(t)$ ausgedrückte implizite Steuer, $\theta(t)$, die aus dem *Warm-Glow-Effekt* entsteht:

$$\theta(t) = \frac{1}{H} \cdot \frac{\beta\gamma C(t)}{\left(1 + \frac{e(t)}{\bar{E}} \cdot \frac{\gamma Y(t)}{Q(t)}\right) Q(t)} \tag{2.22}$$

$$\overset{e(t)=\bar{E}/H}{=} \frac{\beta\gamma C(t)}{HQ(t) + \gamma Y(t)}. \tag{2.23}$$

Die Parameter β und γ werden als positiv angenommen.. Es ist leicht zu sehen, dass $\partial\theta/\partial Q < 0, \partial\theta/\partial Y < 0, \partial\theta/\partial C > 0$ und $\partial\theta/\partial\gamma > 0$, d.h. θ hängt positiv vom Konsum, $C(t)$, und dem Parameter, γ, und negativ von der Umweltqualität, $Q(t)$, und der Produktion, $Y(t)$, ab.

Die statische Budgetbeschränkung des Staates ist gegeben durch

$$z(t)H = r(t)B + G(t), \tag{2.24}$$

mit der pro-Kopf Pauschalsteuer $z(t)$, dem fixen Angebot an Staatsanleihen B und den Ausgaben für Umweltreinigungsmaßnahmen $G(t)$. Diese sagt aus, dass die Einnahmen durch die Pauschalsteuer gleich den Gesamtausgaben des Staates, die der Summe von Zinszahlungen auf existierende Staatsschulden und Ausgaben für Umweltreinigungsmaßnahmen. entsprechen, ist. Dam und Heijdra nehmen in ihrem Modell an, dass das Angebot an Staatsanleihen, B, konstant ist, $G(t)$ eine exogene Variable ist, die vom Staat gesteuert wird und die Steuerpauschale das Budget ausgleicht.

Die Dynamik der Umweltqualität ist letztlich bestimmt durch

$$\dot{Q}(t) = \mu \cdot (-Q(t) + \phi + \xi G(t) - \eta Y(t)), \tag{2.25}$$

mit $\mu > 0, \xi > 0$ und $\eta > 0$. Es wird angenommen, dass sich die Umwelt regeneriert und für gegebene Werte von $Y(t) = \hat{Y}$ und $G(t) = G$ langsam gegen ein gleichgewichtiges Level der Umweltqualität, $\hat{Q} = \phi + \xi G - \eta \hat{Y}$, strebt. Hier, wie auch im weiteren Verlauf der Arbeit, bezeichnet eine Variable mit Hut den gleichgewichtigen Wert dieser Variable. Der Parameter μ misst die Geschwindigkeit der Regeneration. Im allgemeinen Fall wird dieser als endlich angenommen. Dennoch wird im Artikel von Dam und Heijdra [10] auch der Spezialfall für $\mu \to \infty$ betrachtet, welcher in dieser Arbeit analysiert wird. In diesem Fall erfolgt die Anpassung der Umweltqualität ohne Verzögerung.

Die exogenen Variablen des Modells sind also H, B und der Pfad für $G(t)$, alle anderen Variablen beschreiben endogene Größen.

Basierend auf Dam und Heijdra wird das Modell um den Steady-State log-linearesisert um die Eigenschaften des Modells weiter zu untersuchen. Im Appendix A werden die einzelne Schritte der Log-Linearisierung durchgeführt. Das Ergebnis ist in Tabelle 2.1 zu sehen.

$$\dot{\tilde{C}}(t) = \rho \tilde{r}(t) \tag{2.26}$$

$$\dot{\tilde{K}}(t) = \hat{y} \cdot \left[\tilde{Y}(t) - w_C \tilde{C}(t) - w_G \tilde{G}(t) - w_I \tilde{K}(t) \right] \tag{2.27}$$

$$\tilde{w}(t) = \alpha \tilde{K}(t) - \frac{\hat{\theta}}{1 - \hat{\theta}} \tilde{\theta}(t) \tag{2.28}$$

$$\frac{\rho}{\rho + \delta} \tilde{r}(t) = -(1 - \alpha) \tilde{K}(t) - \frac{\hat{\theta}}{1 - \hat{\theta}} \tilde{\theta}(t) \tag{2.29}$$

$$\tilde{Y}(t) = \alpha \tilde{K}(t) \tag{2.30}$$

$$\tilde{\theta}(t) = \tilde{C}(t) - (1 - w_Q) \tilde{Y}(t) - w_Q \; \tilde{Q}(t) \tilde{Z} \qquad = w_B \tilde{r}(t) + w_G \tilde{G}(t) \tag{2.31}$$

$$\dot{\tilde{Q}}(t) = \mu \cdot \left[-\tilde{Q}(t) + \varepsilon_G \tilde{G}(t) - \varepsilon_Y \tilde{Y}(t) \right] \tag{2.32}$$

Tabelle 2.1: Log-linearisiertes Modell

Wie im Appendix A näher erläutert wird, bezeichnet in Tabelle 2.1 eine Variable mit Tilde $\tilde{\cdot}$ die logarithmierte Abweichung der Variable zu ihrem Steady State, d.h. $\tilde{x}(t) = \log x(t) - \log \hat{x} = \log(x(t)/\hat{x})$ und es gilt $\dot{\tilde{x}}(t) = \dot{x}(t)/\hat{x}$. Eine Ausnahme davon stellt die Variable $\tilde{Z}(t)$ dar, welche definiert ist als $\tilde{Z}(t) = Hz(t)/\hat{Y}$.

Die Variablen w_C, w_G und w_B in Tabelle 2.1 beschreiben das Verhältnis von Konsum, öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen bzw. Angebot an Staatsanleihen zum Output im Steady-State, d.h. es gilt $w_C = \hat{C}/\hat{Y}$, $w_G = \hat{G}/\hat{Y}$ und $w_B = \rho \hat{B}/\hat{Y}$. Die Variable $\hat{y}$ ist

definiert als Steady-State-Verhältnis von Output und Kapital, d.h. $\hat{y} = \hat{Y}/\hat{K}$. Weiters ist w_Q definiert als $w_Q = H\hat{Q}/[H\hat{Q} + \gamma\hat{Y}]$ und ε_G und ε_Y geben das Verhältnis von öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen bzw. Output zur Umweltqualität im Steady-State an, d.h. $\varepsilon_G = \zeta\hat{G}/\hat{Q}$ bzw. $\varepsilon_Y = \eta\hat{Y}/\hat{Q}$.

In Appendix A wird weiters gezeigt, dass die Zusammenhänge der soeben definierten Verhältnisse wie folgt gegeben sind: $w_I = \delta/\hat{y} = 1 - w_C - w_G, \rho + \delta = \alpha(1-\hat{\theta})\hat{y}, \hat{\theta} = \beta w_C(1-w_Q)$ und $\alpha - w_I = (\rho + \delta\theta)/[(1-\hat{\theta})\hat{y}] > 0$.

2.2 Stabilitätsanalyse

In dieser Arbeit wird, der Fall betrachtet, in dem $Q(t)$ als Stromgröße interpretiert wird, also der Fall $\mu \to \infty$. Dies bedeutet, dass sich die Umweltqualität, $Q(t)$, ohne Verzögerung anpasst. Im Appendix A.4 wird gezeigt, dass in diesem Fall folgendes zweidimensionales dynamische System vorliegt:

$$\dot{\tilde{C}}(t) = -\alpha\hat{y}\hat{\theta}\tilde{C}(t) - \alpha\hat{y}\left[(1-\alpha)(1-\hat{\theta}) - \alpha\hat{\theta}[1 - w_Q(1+\varepsilon_Y)]\right]\tilde{K}(t) + \alpha\hat{\theta}\hat{y}w_Q\varepsilon_G\tilde{G}(t) \tag{2.33}$$

$$\dot{\tilde{K}}(t) = \hat{y}\cdot\left[(\alpha - w_I)\tilde{K}(t) - w_C\tilde{C}(t) - w_G\tilde{G}(t)\right] \tag{2.34}$$

Daraus ergibt sich die Jacobi-Matrix J, ausgewertet im Steady-State, wie folgt:

$$J = \begin{pmatrix}\delta_{11} & \delta_{12}\\ \delta_{21} & \delta_{12}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\frac{\partial\dot{\tilde{C}}(t)}{\partial\tilde{C}(t)} & \frac{\partial\dot{\tilde{C}}(t)}{\partial\tilde{K}(t)}\\ \frac{\partial\dot{\tilde{K}}(t)}{\partial\tilde{C}(t)} & \frac{\partial\dot{\tilde{K}}(t)}{\partial\tilde{K}(t)}\end{pmatrix} \tag{2.35}$$

$$= \begin{pmatrix}-\alpha\hat{y}\hat{\theta} & -\alpha\hat{y}\left[(1-\alpha)(1-\hat{\theta}) - \alpha\hat{\theta}[(1-w_Q(1+\varepsilon_Y)]\right]\\ -\hat{y}w_C & \hat{y}(\alpha - w_I)\end{pmatrix}. \tag{2.36}$$

Eine Sattelpunktstabilität liegt vor, wenn die Determinante der Jacobi-Matrix negativ ist und ein positiver und ein negativer Eigentwert existiert.

Wird die Spur der Jacobi-Matrix betrachtet, ist ersichtlich, dass diese positiv ist:

$$\begin{aligned} tr(J) &= \left(-\alpha\hat{y}\hat{\theta}\right)\left(\hat{y}(\alpha - w_I)\right)\\ &= \hat{y}\left[(1-\hat{\theta})\alpha - w_I\right] = \rho > 0. \end{aligned} \tag{2.37}$$

Da die Spur einer quadratischen Matrix der Summe ihrer Eigenwerte entspricht, impliziert dies, dass zumindest ein positiver Eigenwert, $\lambda_1 > 0$ existiert. Da die Determinante einer quadratischen Matrix gleich dem Produkt ihrer Eigenwerte ist, bleibt also

nun noch zu zeigen, dass die Determinante der Jacobi-Matrix (2.35) negativ ist. Die Determinante ist gegeben durch:

$$\begin{aligned} det(J) &= -\alpha\hat{y}\hat{\theta}\hat{y}(\alpha - w_I) - \hat{y}w_C\alpha\hat{y}\left[(1-\alpha)(1-\hat{\theta}) - \alpha\hat{\theta}[(1-w_Q(1+\varepsilon_Y)\right] \\ &= -\alpha\hat{y}^2\left[\hat{\theta}(\alpha - w_I) + w_C[1-\alpha-\hat{\theta}+\alpha\hat{\theta}w_Q(1+\varepsilon_Y)]\right]. \end{aligned} \tag{2.38}$$

Es ist offensichtlich, dass die Determinante negativ ist, wenn $\hat{\theta} = 0$ gilt, was bedeutet, dass die Investoren keinen *Warm-Glow* empfinden. In diesem Fall erfüllt das Modell die Sattelpunktstabilität, das heißt es besitzt einen positiven ($\lambda_1 > 0$) und einen negativen ($\lambda_2 < 0$) Eigenwert. Wenn sich jedoch die Haushalte zum Teil für die Umweltverschmutzung, welche Firmen, deren Anteile sie halten, produzieren, verantwortlich fühlen, also einen *Warm-Glow* empfinden, ist die implizite Steuer positiv, also $\hat{\theta} > 0$. In diesem Fall ist die Sattelpunktstabilität nicht für alle Parameterwerte erfüllt. Da $\alpha - w_I > 0$, ist die sehr milde Bedienung $\alpha + \hat{\theta} < 1$ hinreichend um diese zu garantieren. Ein nach empirischen Studien plausibler Wert für die Elastizität α ist $\alpha = 0,3$. Die implizite Steuer $\hat{\theta}$ ist zwar positiv, jedoch als sehr klein anzunehmen. Daher ist die hinreichende Bedingung leicht erfüllt und wird von nun an angenommen. Mit dieser Bedingung existiert also eine eindimensionale Mannigfaltigkeit (*Saddle Path*) auf welchem das System gegen das Steady-State-Gleichgewicht konvergiert.

2.3 Komparative Dynamik

2.3.1 Schock auf öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen

Dam und Heijdra verwenden das log-linearisierte Modell um die Auswirkungen, Übergangseffekte und langfristigen Effekte eines Umweltschocks zu untersuchen. Von einem stationären Anfangsgleichgewicht ausgehend wird die Wirtschaft mit einer unerwarteten und andauernden Erhöhung des Levels der öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen geschockt, d.h. $\tilde{G}(t) = \tilde{G} > 0$ für $t \geq 0$ und $\tilde{G}(t) = 0$ sonst. Die Regierung verwendet die Steuerpauschale um ihr Budget auszugleichen.

Im Phasendiagramm (Abbildung 2.1) können die Gleichgewichtspfade für Konsum (CE_0) und Kapital (KE_0) abgelesen werden.

In (CE_0) sind jene Kombinationen von $\tilde{C}(t)$ und $\tilde{K}(t)$ aufgetragen, für die $\dot{\tilde{C}}(t) = 0$ gilt:

$$\begin{aligned}\dot{\tilde{C}}(t) &= \underbrace{-\alpha\hat{y}\hat{\theta}}_{=\delta_{11}}\tilde{C}(t)\underbrace{-\alpha\hat{y}\left[(1-\alpha)(1-\hat{\theta})-\alpha\hat{\theta}[1-w_Q(1+\varepsilon_Y)]\right]}_{=\delta_{12}}\tilde{K}(t)+\alpha\hat{\theta}\hat{y}w_Q\varepsilon_G\tilde{G}(t)\\ &= \delta_{11}\tilde{C}(t)+\delta_{12}\tilde{K}(t)+\alpha\hat{\theta}\hat{y}w_Q\varepsilon_Y\tilde{G}\overset{!}{=}0\\ &\Leftrightarrow \tilde{C}(t) = -\frac{\delta_{12}}{\delta_{11}}\tilde{K}(t)+w_Q\varepsilon_G\tilde{G},\end{aligned} \tag{2.39}$$

wobei mit δ_{ij} die Elemente der Jacobimatrix (2.35) bezeichnet werden. Da $\delta_{11} < 0$ und $\delta_{12} < 0$ gilt, ist leicht zu sehen, dass CE_0 fallend ist. Weiters ist aus (2.39) ersichtlich, dass Punkte rechts der CE_0-Kurve, also Punkte mit einem hohen Kapitalstock, einen Rückgang des Konsums implizieren, d.h. $\dot{\tilde{C}}(t) < 0$. Umgekehrt implizieren Punkte links der CE_0-Kurve (niedriger Kapitalstock) einen Anstieg des Konsums, d.h. $\dot{\tilde{C}}(t) > 0$. Dies ist durch die vertikalen Pfeile in Abbildung 2.1 dargestellt.

In (KE_0) sind jene Kombinationen von $\tilde{C}(t)$ und $\tilde{K}(t)$ dargestellt, für die $\dot{\tilde{K}}(t) = 0$ gilt:

$$\begin{aligned}\dot{\tilde{K}}(t) &= \underbrace{\hat{y}(\alpha-w_I)}_{=\delta_{22}}\tilde{K}(t)\underbrace{-\hat{y}w_C}_{=\delta_{21}}\tilde{C}(t)-w_G\tilde{G}(t)\\ &= \delta_{21}\tilde{C}(t)+\delta_{22}\tilde{K}(t)-\hat{y}w_G\tilde{G}\overset{!}{=}0\\ &\Leftrightarrow \tilde{C}(t) = -\frac{\delta_{22}}{\delta_{21}}\tilde{K}(t)+\frac{\hat{y}w_G}{\delta_{21}}\tilde{G},\end{aligned} \tag{2.40}$$

wobei mit δ_{ij} die Elemente der Jacobimatrix (2.35) bezeichnet werden. Da $\delta_{21} < 0$ und $\delta_{22} > 0$ gilt, steigt KE_0. Punkte, die über der KE_0 Kurve liegen, implizieren einen Rückgang des Kapitalstocks, d.h. $\dot{\tilde{K}}(t) < 0$ und Punkte unterhalb der KE_0-Kurve einen Anstieg des Kapitalstocks, d.h. $\dot{\tilde{K}}(t) > 0$. Dies ist durch die horizontalen Pfeile in Abbildung 2.1 dargestellt. Aus der Ausrichtung der Pfeile, ist die Sattelpunktstabilität ersichtlich. Das Modell konvergiert an der eindimensionalen Mannigfaltigkeit (*Saddle Path*) SP_0 gegen das anfängliche Gleichgewicht E_0.

Werden nun die öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen erhöht, verschieben sich beide Kurven, wie in Abbildung 2.2 ersichtlich ist. Da $\tilde{G}$ positiv in die CE-Gleichung (2.39) und negativ in die KE-Gleichung (2.40) eingeht, verschiebt sich die CE-Kurve nach rechts (von CE_0 nach CE_1) und die KE-Kurve nach rechts (von KE_0 nach KE_1). Das langfristige Gleichgewicht verschiebt sich also von E_0 zu E_1, was bedeutet, dass der Konsum sinkt und der Kapitalstock steigt. Ein höherer Kapitalstock impliziert eine höhere Produktion, welche wiederum die Umweltverschmutzung ansteigen lässt. Die Auswirkungen auf die Umweltqualität lassen sich nicht eindeutig feststellen, da die wachsende

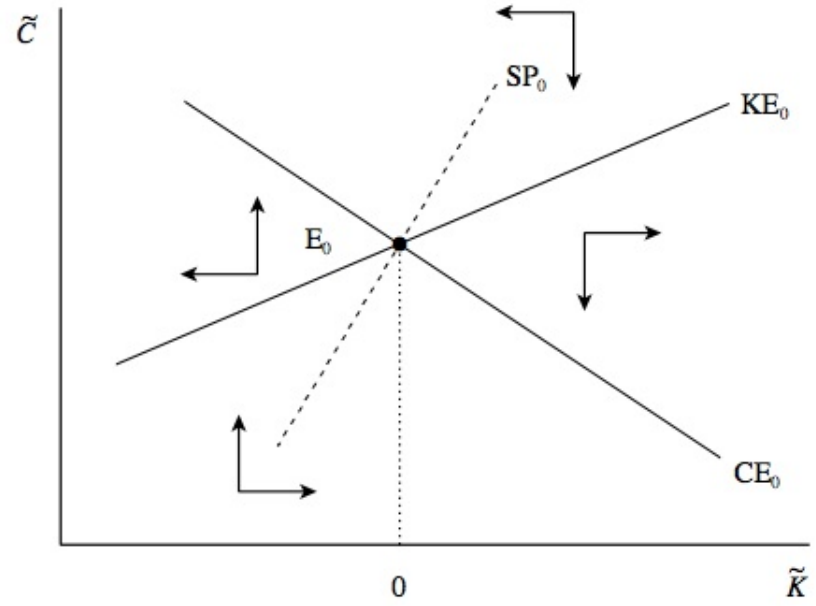

Abbildung 2.1: Phasenportrait
(Quelle: Dam und Heijdra [10], Figure 1)

Umweltverschmutzung den Effekt der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen dominieren kann.

Zum Zeitpunkt der Erhöhung des Levels der öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen fällt der Konsum (bei vorgegeben Kapitalstock), da die Regierung die Pauschalsteuer anhebt um das Budget auszugleichen. Der Punk E_0 in Abbildung 2.2 bewegt sich zu Punkt A auf der neuen Mannigfaltigkeit SP_1. Die Zunahme der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen und der daraus resultierende Rückgang des Konsums reduzieren die implizite *Warm-Glow* Steuer, was wiederum die Zinsrate ansteigen lässt. Im Punkt A übersteigt die Zinsrate also die Rate der Zeitpräferenz. Dies impliziert, dass der Konsum während des Übergangs zunimmt ($\dot{\tilde{C}}(t) > 0$). Gleichzeitig kompensiert der anfängliche Rückgang des Konsums die steigenden öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen, was einen Anstieg des Kapitalstock zur Folge hat. Während des Übergangs bewegt sich die Wirtschaft entlang der eindimensionalen Mannigfaltigkeit SP_1 von A zum neuen Gleichgewicht E_1.

Der durch Erhöhung öffentlicher Umweltreinigungsmaßnahmen hervorgerufene Rückgang der impliziten Steuer führt also zu einem höheren Kapitalstock sowie höherer Umweltverschmutzung. Der Effekt öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen wird also zum Teil durch den *Warm-Glow*-Gedanken der Konsumenten gehemmt.

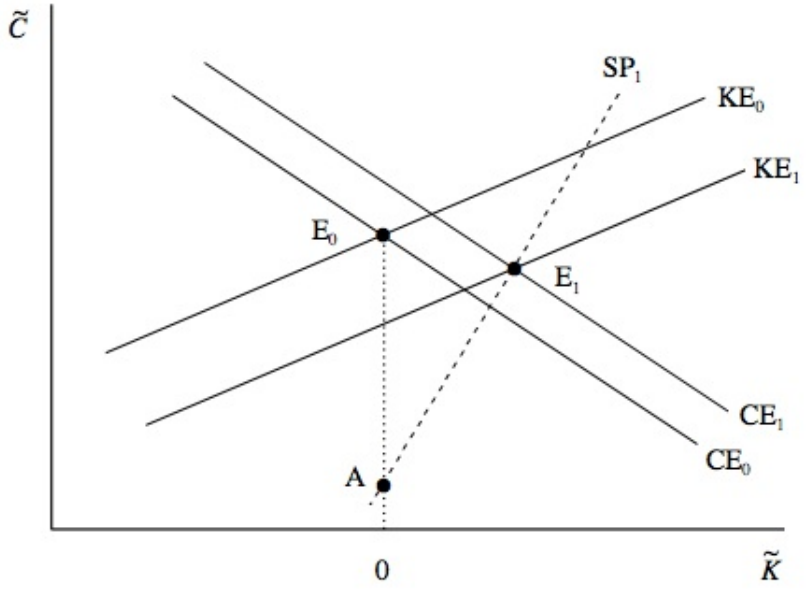

Abbildung 2.2: Erhöhung der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen
(Quelle: Dam und Heijdra [10], Figure 2)

2.3.2 Kalibrierung des Modells

Um das Modell mit Hilfe der Software MATLAB zu visualisieren, wird das Modell mit plausiblen Parametern kalibriert. Die gewählten Werte werden dabei im Wesentlichen von Dam und Heijdra [10] übernommen.

Die Anzahl der Haushalte werden mit Eins normiert, $H = 1$ und der Skalierungsparameter der Cobb-Douglas Produktionsfunktion Ω_0 wird gleich $\Omega_0 = 0.808$ gesetzt. Der Kapitalanteil an nationalem Einkommen wird mit dem empirisch nachgewiesenen plausiblen Wert $\alpha = 0.3$ festgesetzt. Die Rate der Zeitpräferenz wird auf vier Prozent, $\rho = 0.04$ und die jährliche Abschreibungsrate auf zehn Prozent, $\delta = 0.1$ gesetzt. Die Parameter der Umweltgleichung (2.25) werden mit den plausiblen Werten $\Phi = 12.605$ und $\xi = \eta = 6.464$ festgelegt. Weiters wird $\beta = 0.5$ und $\gamma = 1$ gewählt.

Zunächst betrachten wir den Fall für öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen in Höhe von $G_0 = 0.05$. Diese Werte werden nun genutzt um mit Hilfe des Solvers *pplane8* in MATLAB die gleichgewichtigen Werte für das Modell zu berechnen: $\hat{K} = 2.0359, \hat{C} = 0.7465$ und $\hat{Q} = 6.4636$. Das Ergebnis ist in Tabelle 2.2 (a) ersichtlich. Die Eigenwerte sind reell und von entgegengesetztem Vorzeichen: $\lambda_1 = 0.21307$ und $\lambda_2 = -0.17307$. Die dazugehörenden Eigenvektoren lauten $EV_1 = (0.98655; -0.16347)$ bzw. $EV_2 = (0.97655; 0.21527)$. Abbildung 2.3 zeigt das dazugehörige Phasenportrait, welches einen instabilen Sattelpunkt darstellt. Dabei repräsentieren die grünen Linien

die instabile (fallende Kurve) und stabile (steigende Kurve) Mannigfaltigkeit des Systems. Der Schnittpunkt dieser beiden Linien (roter Punkt) bestimmt das Gleichgewicht $(\hat{K}, \hat{C})$.

	(a)	(b)
G_i	0.05	0.1
$\hat{K}$	2.0359	2.0517
$\hat{C}$	0.7465	0.69724
$\hat{Y}$	1.0001	1.0024
$\hat{Q}$	6.4636	6.7718
$\hat{\theta}$	0.0499	0.0447
$\hat{r}$	0.04	0.0400

TABELLE 2.2: Effekte von öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen

In Tabelle 2.2 (b) sind die Ergebnisse einer Erhöhung der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen auf $G_1 = 0.1$ eingetragen: $\hat{K} = 2.0517, \hat{C} = 0.69724$ und $\hat{Q} = 6.7718$. Es ist ersichtlich, dass der gleichgewichtige Wert des Outputs und des Kapitals, $\hat{K}$, im Vergleich zum ersten Szenario ($G_0 = 0.05$) leicht ansteigt und somit dem positiven Effekt der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen zum Teil entgegenwirkt. Trotz des zunehmenden Outputs $\hat{Y}$ steigt jedoch auch die Umweltqualität $\hat{Q}$. Das heißt, die durch den höheren Output zunehmende Umweltverschmutzung dominiert in diesem Szenario den Effekt der öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen nicht. Ebenfalls ersichtlich ist, dass der gleichgewichtige Wert des Konsum, $\hat{C}$, und damit auch die implizite Steuer, $\hat{\theta}$, im Vergleich zum ersten Szenario sinken. Auch in diesem Szenario sind die Eigenwerte reell und von entgegengesetztem Vorzeichen: $\lambda_1 = 0.20569$ und $\lambda_2 = -0.16569$. Die dazugehörenden Eigenvektoren lauten $EV_1 = (0.98758; -0.15714)$ bzw. $EV_2 = (0.97821; 0.20764)$. Das zu diesem Szenario gehörende Phasenportrait - wiederum ein instabiler Sattelpunkt - ist in Abbildung 2.4 zu sehen. Auch hier beschreiben die grünen Linien im Phasendiagramm die instabile (fallende Kurve) und stabile (steigende Kurve) Mannigfaltigkeit. Der Schnittpunkt dieser beiden Linien (roter Punkt) bestimmt das Gleichgewicht $(\hat{K}, \hat{C})$.

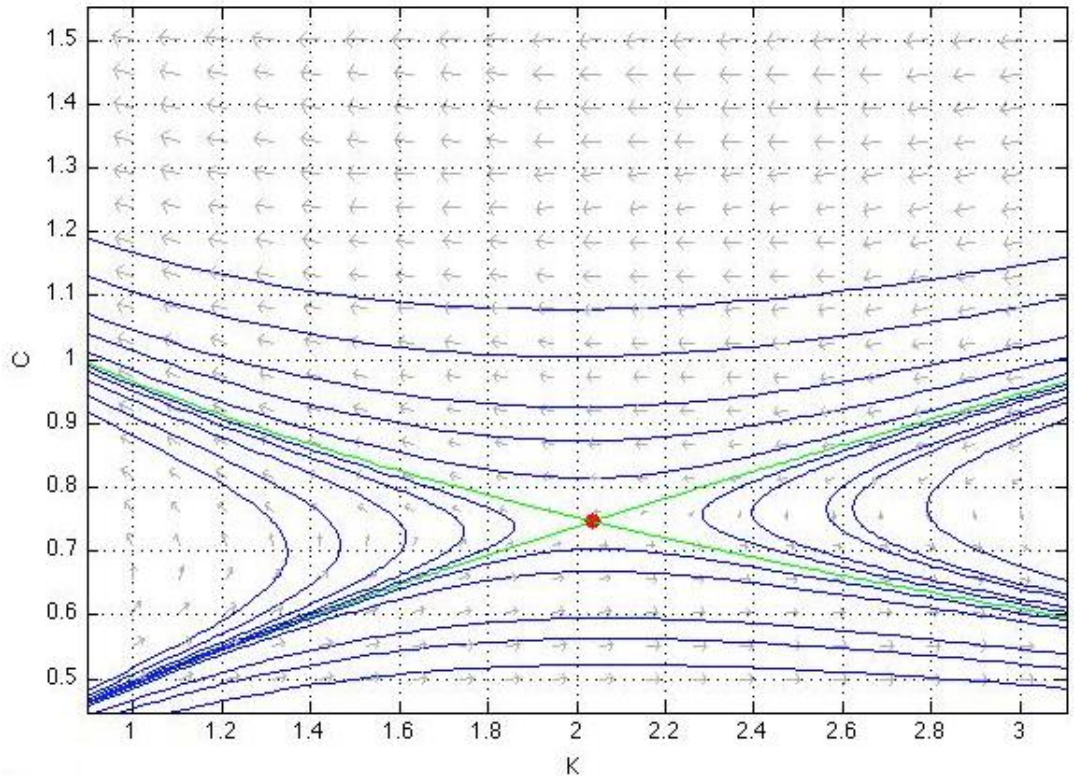

Abbildung 2.3: Phasenportrait für $G = 0.05$

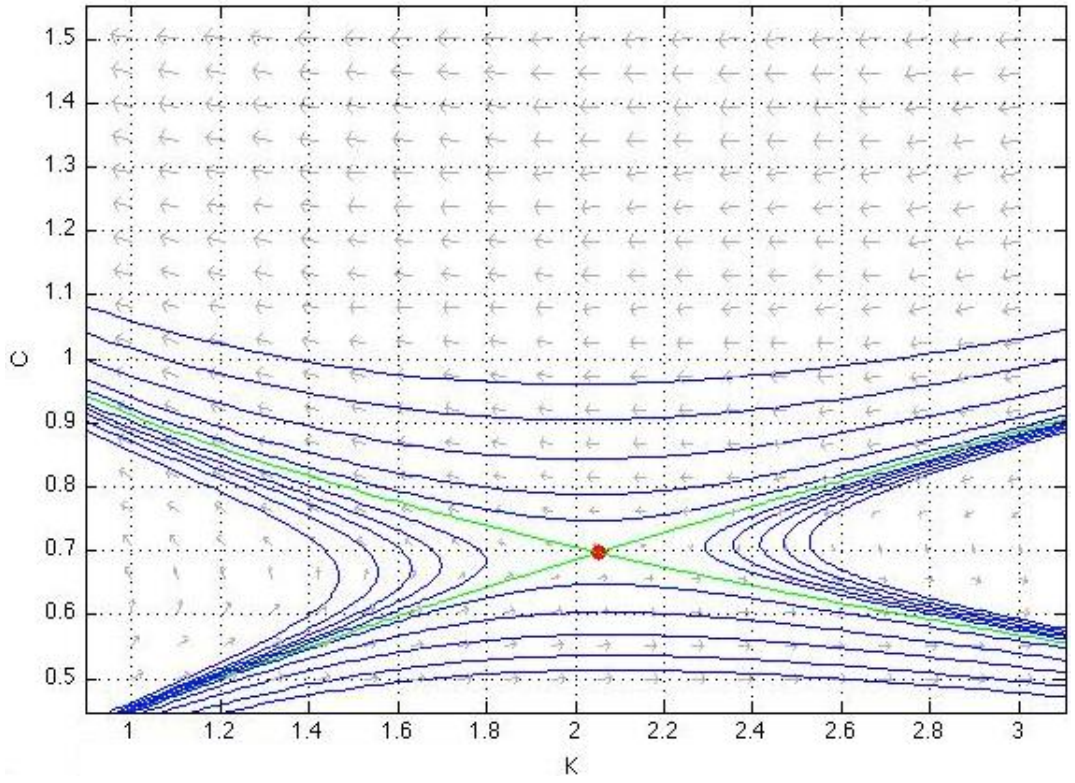

Abbildung 2.4: Phasenportrait für $G = 0.1$

In dem in diesem Kapitel vorgestellte Gleichgewichtsmodell von Dam und Heijdra [10] belegen die Autoren, dass der *Warm-Glow*-Gedanke der Konsumenten dem Effekt öffentlicher Umweltreinigungsmaßnahmen zum Teil entgegenwirkt. Es wird gezeigt, dass öffentliche Umweltreinigungsmaßnahmen die Ressourcen, welche konsumiert werden können, reduzieren. Dies senkt die implizite Steuer, welche auf Firmenseite durch den *Warm-Glow*-Gedanken der Haushalte entsteht. Der Rückgang der impliziten Steuer führt zu einem höheren Kapitalstock sowie höherer Umweltverschmutzung. So wird erklärt, dass der Effekt öffentlicher Umweltreinigungsmaßnahmen zum Teil durch den *Warm-Glow*-Gedanken der Konsumenten gehemmt wird.

Kapitel 3

SRI in einem OLG Modell (L. Dam) [9]

Angelehnt an John und Peccenino [16] untersucht Dam in seinem Artikel *Socially responsible investment in an environmental overlapping gernerations model* [9] die Umwelt in einem Overlapping-Generations-(OLG) Modell nach Diamond-Samuelson um einen Konflikt zwischen den Generationen zu modellieren. Diesen *Inter*-Generationenkonflikt bringt die Externalität der Umwelt mit sich, da zukünftige Generationen die Kosten der akkumulierten Umweltverschmutzung, die von der heutigen Generation verursacht wird, tragen. Des weiteren generiert die Externalität der Umwelt ein *Intra*-Generationenproblem. Dieses entsteht, da die Umwelt ein öffentliches Gut ist, an dem jedes Individuum teilhaben will. Den Individuen fehlt jedoch der Anreiz für den Umweltschutz zu zahlen. Dieses Problem wird in der Ökonomie als *Trittbrettfahrerproblem* bezeichnet. Dam betrachtet in seiner Arbeit den ersten Generationenkonflikt. Das Problem des Inter-Gernerationskonflikts besteht darin, dass kurzlebige Individuen in der Regel die langfristigen Effekte der Umweltverschmutzung nicht internalisieren. Dam zeigt jedoch, dass die Existenz eines zukunftsorientierten Aktienmarkts mit sozial verantwortlichen Investmentfonds das Inter-Generationenproblem zwischen heutiger und zukünftiger Generation, welches im Zusammenhang mit der Externalität der Umwelt entsteht, beheben kann.

In dem von Dam betrachteten OLG Modell durchlebt jeder Agent zwei Generationen. Er arbeitet, wenn er jung ist und geht in Pension, wenn er alt ist. In der Pension zieht der Agent Nutzen aus Konsum und Umweltqualität. Wie auch schon in Kapitel 2, wählt der Agent auch in diesem Modell zwischen einer Investition in „saubere“ Staatsanleihen und „schmutzige“ Firmenaktien. „Schmutzige“ Assets müssen dabei eine höhere Rendite bringen als „saubere“. Diese Investitionsentscheidung führt dazu, dass Dam

einen Aktienmarkt einführt und diesen analysiert. Der Wert einer Firmenaktie hängt im Zusammenhang mit sozial verantwortlichem Investment sowohl von der Höhe des Kapitals als auch vom Niveau der Umweltqualität ab. Da der Aktienmarkt zukunftsorientiert handelt, bietet dieser Markt die Möglichkeit, dem Inter-Gernationsproblem im Zusammenhang mit der Externalität der Umwelt entgegenzuwirken.

Im ersten Abschnitt wird das Modell von Dam vorgestellt. Sozial verantwortliches Investment und dessen Einfluss auf die Unternehmensbewertung wird erklärt. Anschließend wird im zweiten Abschnitt das Gleichgewicht und die Dynamik einer kompetitiven Wirtschaft und einer zentralen Planwirtschaft diskutiert.

3.1 Das Modell

Wie auch schon John und Pecchenino [16] modelliert L. Dam die Umweltqualität E_t in dem gewöhnlichen Diamond-Overlapping-Generations-Modell als erneuerbare Ressource. Er nimmt an, dass der ursprüngliche Wert der Umweltqualität (also ohne Verschmutzung) einen Wert von Null annimmt. Umweltverschmutzung P_t, die aus der Produktion entsteht, vermindert die Umweltqualität. Die Umweltqulität E_t nimmt also nur nichtpositive Werte an, d.h. $E_t \leq 0$. Die Qualität der Umwelt verändert sich nach folgendem Gesetz:

$$E_{t+1} = (1 - \beta)E_t - P_{t+1}, \tag{3.1}$$

wobei mit $\beta \in (0, 1)$ die natürliche Regenerationsrate der Umwelt bezeichnet wird. Ohne Umweltverschmutzung P_t kehrt die Umweltqualität zu ihrem ursprünglichen Wert $E_t = 0$ zurück.

3.1.1 Konsumenten

Zu jedem Zeitpunkt t wird eine Generation von endlich lang lebenden Konsumenten fixer Größe L geboren. Die Konsumenten leben zwei Perioden, ziehen jedoch nur im Alter (d.h. in der zweiten Periode) Nutzen aus Konsum und Umweltqualität. Im Modell wird kein Bevölkerungswachstum angenommen und daher kann die Anzahl der Konsumenten auf Eins normiert werden, d.h. $L = 1$.

Die Präferenzen eines repräsentativen Konsumenten im Alter können durch folgende Nutzenfunktion beschrieben werden:

$$u(c_{t+1}, g_{t+1}, E_{t+1}). \tag{3.2}$$

Hier bezeichnet c_{t+1} den Konsum, g_{t+1} einen Index, welcher den Einfluss von Firmen auf die Umwelt, deren Aktien der Konsument besitzt, beschreibt und E_{t+1} ist die Umweltqualität. E_{t+1} beschreibt den externen Umwelteffekt auf den Nutzten und g_{t+1} einen *Warm-Glow-Effekt*. Denn wie auch schon in dem im Kapitel 2 beschriebenen Modell von Dam und Heijdra internalisiert auch hier der Konsument die Externalität der Umwelt nicht vollständig. Er empfindet einen *Warm-Glow*, also einen Nutzen, den der Konsument allein aus einem Beitrag zum öffentlichen Wohl generiert. Es wird angenommen, dass die Nutzenfunktion seperabel in ihren Argumenten ist, d.h. $u(c, g, E) = U_1(c) + U_2(g) + U_3(E)$ und $u_c > 0, u_g > 0, u_E > 0$ sowie $u_{cc} < 0, u_{gg} < 0, u_{EE} < 0$ gilt. Die Nutzenfunktion besitzt also in Bezug auf jeden der drei Inputfaktoren einen positiven, jedoch fallenden Grenznutzen. Weiters wird angenommen, dass $U_2(g) = U_3(E) \Leftrightarrow g = E$. Das heißt, wenn der Konsument die Umwelt vollständig internalisiert ($g = E$), ist auch der Nutzen, den er aus g und E zieht, ident und umgekehrt.

Wie auch schon in dem in Kapitel 2 beschriebenen Modell, hat der Konsument die Wahl in „saubere“ Staatsanleihen oder „schmutzige“ Firmenaktien zu in investieren. Den *Warm-Glow* empfindet der Konsument, wenn er in „saubere“ Assets investiert und bevorzugt daher eine Investition in diese. Er fühlt sich also zum Teil für die Umweltverschmutzung verantwortlich, die Firmen, deren Aktien er besitzt, generieren. Der Beitrag, den der Konsument zum öffentlichen Gut leistet, ist also die Bereitschaft zu Gunsten der Umweltqualität auf Investmentmöglichkeiten zu verzichten. Auf diese Weise wird sozial verantwortliches Investment modelliert.

Zur Vereinfachung wird angenommen, dass Firmen keine neuen Aktien ausgeben und daher kann die Anzahl von ausstehenden Firmenaktien auf eins normiert werden. Einen negativen Nutzen bezieht der Konsument nur aus dem Anteil der schmutzigen Firmenaktien n_t, die er von Zeitpunkt t bis $t+1$ besitzt. Der *Warm-Glow*, den ein Konsument empfindet, wird also durch den Aktienbesitz n_t bestimmt und die Stärke des *Warm-Glow-Effekts* wird durch die Funktion $\Gamma(\cdot)$ beschrieben:

$$g_{t+1} = \Gamma(E_{t+1}, P_{t+1}) \cdot n_t, \quad \text{mit} \quad \Gamma(E_{t+1}, P_{t+1}) < 0. \tag{3.3}$$

Die Funktion $\Gamma(\cdot)$ kann grundsätzlich von der Umweltqualität E_{t+1}, den Strom der Umweltverschmutzung P_{t+1} oder beidem abhängen. In dieser Arbeit wird jedoch nur der Fall betrachtet, in dem die Stärke des *Warm-Glow*-Motivs auf multiplikative Weise nur von der Umweltqualität abhängt. Es gilt also $\Gamma(E_{t+1}, P_{t+1}) = \gamma E_{t+1}$ und somit

$$g_{t+1} = \gamma E_{t+1} \cdot n_t, \quad \text{mit} \quad 0 < \gamma < 1, E_{t+1} \leq 0. \tag{3.4}$$

Die Stärke des *Warm-Glow*-Motivs wird von der Konstante γ gesteuert. Diese beschreibt also in welchem Ausmaß der Investor die Externalität internalisiert. Für den Fall, dass der Investor indifferent zwischen den beiden Assets ist, wäre $\gamma = 0$. Im Gegensatz dazu würde $\gamma = 1$ bedeuten, dass der Investor im Gleichgewicht die Umwelt vollkommen internalisiert. Der Investor nimmt die Umweltqualität als gegeben an und kann daher g_{t+1} nur durch die Änderungen seines Aktienbesitz n_t beeinflussen.

3.1.2 Das Maximierungsproblem der Konsumenten

Im jungen Alter stellt jeder Konsument eine Einheit von Arbeit zu einem Reallohn w_t zur Verfügung. Das gesamte Einkommen wird gespart und wird entweder in Staatsanleihen oder in Firmenaktien investiert. Wenn er alt ist, konsumiert der Agent und zieht Nutzen aus Konsum und Umweltqualität. In seiner Maximierung nimmt der junge Agent zum Zeitpunkt t folgendes als gegeben an:

- Die Rendite der Anleihen r_{t+1} zum Zeitpunkt $t+1$
- Die Umweltqualität E_{t+1} zum Zeitpunkt $t+1$
- Den aktuellen Preis p_t und den zukünftigen Preis p_{t+1} pro Aktie
- Die Dividende d_{t+1} pro Aktie

Um seinen Nutzen (3.2) unter den Bedingungen

$$c_{t+1} = b_t(1 + r_{t+1}) + n_t(p_{t+1} + d_{t+1}), \tag{3.5}$$

$$w_t - z_t = b_t + n_t p_t \tag{3.6}$$

zu maximieren, wählt der Agent ein Portfolio aus b_t Staatsanleihen und n_t Firmenaktien. Die Bedingung (3.5) besagt, dass das Individuum alles, was aus Staatsanleihen und Firmenaktien, in die zum Zeitpunkt t investiert wurde, gewonnen wird, zum Zeitpunkt $t+1$ konsumiert. Gleichung (3.6) gibt die Budgetrestriktion wieder, wobei mit z_t eine Steuerpauschale bezeichnet wird, die von den jungen Agenten an den Staat gezahlt werden muss. Die Ausgaben für Staatsanleihen und Firmenaktien müssen also dem Einkommen w_t korrigiert um diese Steuer entsprechen.

In Appendix B wird gezeigt, dass die Bedingung erster Ordnung des Maximierungsproblems folgende Gleichung der Preisbildung liefert:

$$p_t = \frac{p_{t+1} + d_{t+1} + \Delta_{t+1} E_{t+1}}{1 + r_{t+1}}. \tag{3.7}$$

Dabei ist $\Delta_{t+1}E_{t+1}$ definiert als $\Delta_{t+1}E_{t+1} \equiv \frac{u_{g_{t+1}}}{u_{c_{t+1}}} \cdot \gamma E_{t+1} < 0$, also als das Produkt aus Grenzrate der Substitution zwischen *Warm-Glow* und Konsum und der Umweltqualität. Gleichung (3.7) besagt also, dass der Preis p_t zum Zeitpunkt t der diskontierten Summe aus zukünftigen Preis p_{t+1}, Dividenden d_{t+1} und diesem Produkt entspricht. $\Delta_{t+1}E_{t+1}$ kann als negative Dividende interpretiert werden. Sie wird als „Verschmutzungsprämie“ bezeichnet, welche Firmen zahlen müssen, da die Rendite r^e_{t+1} auf ihre Aktien höher als die Rendite auf Anleihen, welche durch $r_{t+1} = (p_{t+1} + d_{t+1} - p_t)/p_t$ definiert ist, sein muss:

$$r^e_{t+1} - r_{t+1} = \frac{p_{t+1} + d_{t+1} - p_t}{p_t} - r_{t+1} \overset{(3.7)}{=} -\frac{\Delta_{t+1}E_{t+1}}{p_t} \geq 0. \tag{3.8}$$

$\Delta_{t+1}E_{t+1}$ entspricht also der impliziten Steuer $\theta(t)$ (Gleichung (2.12)) in dem in Kapitel 2 vorgestellten Modell von Dam und Heijdra.

Aus den Gleichungen (3.7) und (3.8) folgt, dass eine geringere Umweltqualität (höhere Umweltverschmutzung) den Wert eines schmutzigen Assets mindert und so dessen Rendite erhöht.

Der Staat gibt zum Zeitpunkt t Anleihen B_t mit Laufzeit von einer Periode aus. Weiters unterliegt er der Budgetrestriktion:

$$B_{t+1} + z_{t+1}L = B_t(1 + r_{t+1}). \tag{3.9}$$

Bedingung (3.9) besagt, dass der Staat zum Zeitpunkt $t+1$ neue Anleihen ausgibt oder Steuern einnimmt um die Zinsen zuzüglich der Nominale auf alte Anleihen zu zahlen. Der Staat muss zu jedem Zeitpunkt zahlungsfähig sein und die Liquiditätsbedingung ist gegeben durch:

$$\lim_{T\to\infty} B_T \prod_{\tau=0}^{T} \frac{1}{1 + r_{t+\tau}} = 0. \tag{3.10}$$

Diese Bedingung sagt aus, dass die (auf den heutigen Zeitpunkt diskontierten) Anleihen, die ein Staat ausgibt, im Unendlichen Null entsprechen müssen.

3.1.3 Firmenseite

Auf der Firmenseite wird Output nach einer linear homogenen Produktionsfunktion $F(K_t, L_t)$ produziert. Hierbei bezeichnet K_t den Kapitalstock und L_t die Arbeit, die zum Zeitpunkt t vorhanden ist.Da angenommen wird, dass die Produktionsfunktion die Eigenschaften der konstanten Skalenerträge besitzt, ist die pro-Kopf Produktion $f(k_t)$ gegeben durch $f(k_t) = F(K_t, L_t)/L_t$. Zum Zeitpunkt t wird Kapital investiert, welches

mit I_t bezeichnet wird und zum Zeitpunkt $t+1$ aktiv wird. Weiters schreiben Firmen das Kapital mit der Rate δ ab, also ist der Kapitalstock zum Zeitpunkt $t+1$ gegeben durch:

$$K_{t+1} = (1-\delta)K_t + I_t. \tag{3.11}$$

Die Umweltverschmutzung P_t wird von Kapitel $K(t)$ verursacht. Dam nimmt in seinem Modell eine lineare Beziehung zwischen den beiden Größen an und normiert so, dass eine Einheit an Kapital eine Einheit an Umweltverschmutzung generiert, d.h. $P_t = K_t$.

Der Gewinn eines Unternehmen ist gegeben aus der Differenz aus Output und Lohn, der an die Agenten gezahlt werden muss: $F(K_{t+1}, L_{t+1}) - w_{t+1}L_{t+1}$. Mit diesem finanziert ein Unternehmen entweder Investitionen I_{t+1} oder zahlt Dividenden D_{t+1}. Daher gilt:

$$F(K_{t+1}, L_{t+1}) - w_{t+1}L_{t+1} = I_{t+1} + D_{t+1} \tag{3.12}$$

Die Dividenden, die an ein Individuum ausgezahlt werden sind also gegeben durch ($d_t = D_t/L_t$):

$$d_{t+1} = f(k_{t+1}) - w_{t+1} - i_{t+1}. \tag{3.13}$$

Ein individueller Agent erhält also Dividenden in Höhe der pro-Kopf Produktion abzüglich der Summe aus Lohn und pro-Kopf Investitionen.

Im Gleichgewicht gilt, dass das Aktienangebot seiner Nachfrage entspricht. Da die Anzahl der Konsumenten L und der ausstehenden Firmenaktien auf eins normiert sind, folgt daraus, dass im Gleichgewicht der Börsenwert eines Unternehmens v_t gleich dem Preis seiner Aktie p_t ist, d.h. $v_t = p_t$. Aus der Preisbildungsgleichung (3.7) lässt sich also der Börsenwert des Unternehmens im Gleichgewicht ablesen:

$$v_t = \frac{v_{t+1} + d_{t+1} + \Delta_{t+1}E_{t+1}}{1 + r_{t+1}}. \tag{3.14}$$

Um zu verdeutlichen, dass Dividenden keinen Einfluss auf den Wert des Unternehmens haben, wird (3.13) in (3.14) substituiert:

$$v_t = \frac{v_{t+1} + f(k_{t+1}) - w_{t+1} - i_{t+1} + \Delta_{t+1}E_{t+1}}{1 + r_{t+1}}. \tag{3.15}$$

3.1.4 Das Maximierungsproblem der Firmen

Das Ziel einer Firma ist ihren Unternehmenswert (3.15) zu maximieren indem sie in Realkapital investiert. Es wird davon ausgegangen, dass die optimale Investmentstrategie

i_t^* zum Zeitpunkt t von den Zustandsgrößen k_t und E_t abhängt. Wird die optimale Investemetstrategie $i_t^*(k_t, E_t)$ in (3.15) eingesetzt, ergibt sich für den optimalen Marktwert des Unternehmens $v_t^* = v^*(k_t, E_t)$ folgende Bellmanngleichung:

$$v_t^* = \frac{v_{t+1}^* + f(k_{t+1}) - w_{t+1} - (1 + r_{t+1})i^*(k_t, E_t) + \Delta_{t+1}E_{t+1}}{1 + r_{t+1}}. \tag{3.16}$$

In Appendix B.2 wird gezeigt, dass die Bedingungen erster Ordnung wie folgt gegeben sind:

$$\frac{1-\beta}{1+r_{t+1}}[f'(k_{t+1}) - (r_{t+1} + \delta)] = f'(k_t) - (r_t + \delta) - \Delta_t, \tag{3.17}$$

$$f(k_t) - f'(k_t)k_t = w_t \tag{3.18}$$

Umformung von (3.17) ergibt

$$f'(k_t) = (r_t + \delta) + \frac{1-\beta}{1-r_{t+1}}[f'(k_{t+1}) - (r_{t+1} + \delta)] + \Delta_t$$

und durch iterative Substitution erhält man

$$\begin{aligned}
f'(k_t) &= (r_t + \delta) + \frac{1-\beta}{1-r_{t+1}}\Bigg[\underbrace{(r_{t+1} + \delta) + \frac{1-\beta}{1-r_{t+2}}[f'(k_{t+2}) - (r_{t+2} + \delta)] + \Delta_{t+1}}_{=f'(k_{t+1})} - (r_{t+1} + \delta)\Bigg] + \Delta_t \\
&= (r_t + \delta) + \frac{1-\beta}{1-r_{t+1}}\left[\frac{1-\beta}{1-r_{t+2}}[f'(k_{t+2}) - (r_{t+2} + \delta)] + \Delta_{t+1}\right] + \Delta_t \\
&= (r_t + \delta) + \frac{1-\beta}{1-r_{t+1}}\Bigg\{\frac{1-\beta}{1-r_{t+2}}\Bigg[\underbrace{(r_{t+2} + \delta) + \frac{1-\beta}{1-r_{t+3}}[f'(k_{t+3}) - (r_{t+3} + \delta)] + \Delta_{t+2}}_{=f'(k_{t+2})} \\
&\quad - (r_{t+2} + \delta)\Bigg] + \Delta_{t+1}\Bigg\} + \Delta_t \\
&= (r_t + \delta) + \frac{1-\beta}{1-r_{t+1}}\left\{\frac{1-\beta}{1-r_{t+2}}\left[\frac{1-\beta}{1-r_{t+3}}[f'(k_{t+3}) - (r_{t+3} + \delta)] + \Delta_{t+2}\right] + \Delta_{t+1}\right\} + \Delta_t \\
&= \dots \\
&= (r_t + \delta) + \sum_{\tau=0}^{\infty} \frac{(1-\beta)^\tau}{\prod_{s=1}^{\tau}(1 + r_{t+s})} \cdot \Delta_{t+\tau}.
\end{aligned}$$

Es gilt also

$$f'(k_t) = (r_t + \delta) + \Theta_t \tag{3.19}$$

wobei Θ_t definiert ist als

$$\Theta_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} \frac{(1-\beta)^\tau}{\prod_{s=1}^{\tau}(1+r_{t+s})} \cdot \Delta_{t+\tau}.$$

Gleichung (3.19) sagt also aus, dass das Grenzprodukt einer Einheit Kapital heute gleich der Summe von $(r_t + \delta)$ und Θ_t, welche die diskontierte Summe der Verschmutzungsprämie Δ_t aller zukünftigen Generationen erklärt, sein soll.

Die Lösung von (3.15) wird durch iterative Substitution erhalten:

$$\begin{aligned}
v_t &= \frac{v_{t+1} + f(k_{t+1}) - w_{t+1} - i_{t+1} + \Delta_{t+1}E_{t+1}}{1+r_{t+1}} \\
&= \underbrace{\frac{v_{t+2} + f(k_{t+2}) - w_{t+2} - i_{t+2} + \Delta_{t+2}E_{t+2}}{(1+r_{t+1})(1+r_{t+2})}}_{=v_{t+1}/(1+r_{t+1})} + \frac{f(k_{t+1}) - w_{t+1} - i_{t+1} + \Delta_{t+1}E_{t+1}}{1+r_{t+1}} \\
&= \underbrace{\frac{v_{t+3} + f(k_{t+3}) - w_{t+3} - i_{t+3} + \Delta_{t+3}E_{t+3}}{(1+r_{t+1})(1+r_{t+2})(1+r_{t+3})}}_{=v_{t+2}/(1+r_{t+1})(1+r_{t+2})} + \frac{f(k_{t+2}) - w_{t+2} - i_{t+2} + \Delta_{t+2}E_{t+2}}{(1+r_{t+1})(1+r_{t+2})} \\
&\qquad + \frac{f(k_{t+1}) - w_{t+1} - i_{t+1} + \Delta_{t+1}E_{t+1}}{1+r_{t+1}} \\
&= \dots \\
&= \sum_{\tau=1}^{\infty} \frac{f(k_{t+\tau}) - w_{t+\tau} - i_{t+\tau} + \Delta_{t+\tau}E_{t+\tau}}{R(t+\tau)},
\end{aligned} \tag{3.20}$$

mit $R(t+\tau) = \prod_{s=1}^{\tau} 1+r_{t+s}$.Weiters wird vorausgesetzt, dass die Transversalitätsbedingung erfüllt ist, also dass der diskontierte Firmenwert im Unendlichen gleich Null ist:

$$\lim_{T\to\infty} v_T \prod_{\tau=0}^{T} \frac{1}{1+r_{t+\tau}} = 0.$$

Der zukunftsorientierte Aktienmarkt stellt also sicher, dass in den aktuellen Firmenwert auch die Bewertung der Umweltqualität aller zukünftigen Generation einfließt. Dies ist aus dem letzten Term in Gleichung (3.20) ersichtlich. Wenn Generationen von heute sich dazu entscheiden die Umwelt zu verschmutzen, müssen sie also Zahlungen in Höhe des Barwerts der Verschmutzungsprämie an die zukünftigen Generationen leisten. Weiters führt eine Umweltverschmutzung der heutigen Generation zu einem Rückgang der Umweltqualität und dadurch sinkt der Wert des Unternehmens. Damit ist das Unternehmen für zukünftige Generationen billiger, was das Verlangen nach einer Entschädigung für die verschmutzte Umwelt widerspiegelt.

3.1.5 Zusammenfassung der wichtigen Modellgleichungen

Bevor das Gleichgewicht des Modells analysiert wird, wird ein kurzen Überblick der wichtigsten Modellgleichungen gegeben.

Die Bilanzgleichung ist gegeben durch

$$k_{t+1} = y_t - c_t - \delta k_t. \tag{3.21}$$

Weiters gilt, dass der Lohn für Arbeit seinem Grenzprodukt entspricht:

$$w_t = f(k_t) - f'(k_t)k_t. \tag{3.22}$$

Die Dynamik der Investitionsentscheidung einer Firma ist gegeben durch

$$\frac{1-\beta}{1+r_{t+1}}[f'(k_{t+1}) - (r_{t+1} + \delta)] = f'(k_t) - (r_t + \delta) - \Delta_t. \tag{3.23}$$

und die Verschmutzungsprämie Δ_t hängt vom *Warm-Glow* γ, den die Konsumenten empfinden, ab:

$$\Delta_t = \gamma \frac{u_{g_{t+1}}}{u_{c_{t+1}}}. \tag{3.24}$$

Die pro-Kopf Produktionsfunktion ist

$$y_t = f(k_t) \tag{3.25}$$

und der Staat unterliegt der Budgetrestriktion (mit der Steuerpauschale z_t)

$$B_{t+1} + z_{t+1}L = B_t(1 - r_{t+1}). \tag{3.26}$$

Die Dynamik der Umweltqualität ist gegeben durch

$$E_{t+1} = (1-\beta)E_t - k_{t+1}. \tag{3.27}$$

3.2 Gleichgewicht

3.2.1 Kompetitive Wirtschaft

In seinem Modell nimmt Dam an, dass im Gleichgewicht, alle Märkte geräumt sind und der Nutzen der Konsumenten und der Firmenwert maximiert werden. Der Staat gibt eine fixe Anzahl an Anleihen $B_t = B_{t+1} = \bar{B}$ aus und lässt auch die Steuerpauschale

konstant, $z_t = z_{t+1} = \bar{z}$. Dadurch wird auch die Zinsrate r_t fixiert, die nach (3.26) gleich $r_t = r = \bar{z}/\bar{b}, \forall t$ ist.

Um das dynamische Verhalten des Modells zu analysieren, werden die Gleichungen (3.23) und (3.27) betrachtet. Alle anderen Variablen werden von den Zustandsvariablen k_t und E_t bestimmt.

In Appendix B wird gezeigt, dass im Steady-State gilt:

$$f'(\hat{k}) = r + \delta + \frac{1+r}{r+\beta}\hat{\Delta}, \tag{3.28}$$

$$\hat{E} = -\frac{\hat{k}}{\beta}. \tag{3.29}$$

Wie schon im Verlauf der gesamten Arbeit bezeichnen Variablen mit Hut, $\hat{\cdot}$, den Wert ebendieser ausgewertet im Steady-State. Diese beiden Gleichungen bestimmen eindeutig die Gleichgewichtswerte für k_t und E_t.

Stabilität des Systems

Basierend auf den Analysen von Dam, werden die Gleichungen (3.23) und (3.27) um den Steady-State log-linearisiert um die Stabilität des Systems zu untersuchen. Im Appendix B wird gezeigt, dass dies folgendes System ergibt:

$$\underbrace{\begin{pmatrix} -f'(\hat{k})\frac{1-\beta}{1+r}\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}} & 0 \\ \hat{k} & \hat{E} \end{pmatrix}}_{:=M} \begin{pmatrix} \tilde{k}_{t+1} \\ \tilde{E}_{t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -f'(\hat{k})\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}[f'(\hat{k}) - \delta] & -\sigma_g\hat{\Delta} \\ 0 & (1-\beta)\hat{E} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{k}_t \\ \tilde{E}_t \end{pmatrix}, \tag{3.30}$$

wobei mit $\varepsilon_{kl} = f''(\hat{k})\hat{k}/f'(\hat{k})$ die Substitutionselastizität von Kapital und Arbeit, mit $\sigma_c = u_{cc}c/u_c$ die Elastizität des Grenznutzen im Bezug auf den Konsum und $\sigma_g = u_{gg}g/u_g$ die Elastizität des Grenznutzen im Bezug auf den *Warm-Glow* bezeichnet wird.

Die Inverse der Matrix auf der linken Seite von Gleichung (3.30) ist gegeben durch

$$\begin{aligned} M^{-1} &= \frac{1}{\left[-f'(\hat{k})\frac{1-\beta}{1+r}\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}\right]\hat{E}} \begin{pmatrix} \hat{E} & 0 \\ -\hat{k} & -f'(\hat{k})\frac{1-\beta}{1+r}\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}} \end{pmatrix} \\ &= \underbrace{\frac{1}{f'(\hat{k})\frac{1-\beta}{1+r}\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}}}_{=:A} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{\hat{k}}{\hat{E}} & \left[-f'(\hat{k})\frac{1-\beta}{1+r}\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}\right]\cdot\frac{1}{\hat{E}} \end{pmatrix} \\ &= \frac{1}{A}\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \beta & \frac{A}{\hat{E}} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Multiplikation dieser Inverses mit dem log-linearisierten System (3.30) ergibt:

$$\begin{pmatrix} \tilde{k}_{t+1} \\ \tilde{E}_{t+1} \end{pmatrix} = M^{-1}\cdot\begin{pmatrix} -f'(\hat{k})\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}[f'(\hat{k})-\delta] & -\sigma_g\hat{\Delta} \\ 0 & (1-\beta)\hat{E} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \tilde{k}_t \\ \tilde{E}_t \end{pmatrix} \tag{3.31}$$

$$= \frac{1}{A}\underbrace{\begin{pmatrix} -f'(\hat{k})\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}[f'(\hat{k})-\delta] & -\sigma_g\hat{\Delta} \\ \beta(-f'(\hat{k})\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}[f'(\hat{k})-\delta]) & (1-\beta)A - \beta\sigma_g\hat{\Delta} \end{pmatrix}}_{:=J}\begin{pmatrix} \tilde{k}_t \\ \tilde{E}_t \end{pmatrix}, \tag{3.32}$$

wobei $A := -f'(\hat{k})(1-\beta)/(1+r)\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\hat{k}/\hat{c}$.

Die Determinante der Matrix J ist gegeben durch

$$\begin{aligned} \det J = \frac{1}{A^2}\Big[&\big(-f'(\hat{k})\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}[f'(\hat{k})-\delta]\big)\big((1-\beta)A - \beta\sigma_g\hat{\Delta}\big) \\ &+ \beta\sigma\hat{\Delta}\big(-f'(\hat{k})\varepsilon_{kl} - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}[f'(\hat{k})-\delta]\big)\Big]. \end{aligned}$$

Da der Staat jeden beliebigen Zinssatz fixieren kann, betrachtet Dam in seinem Modell den Fall für $r = 0$. Unter Verwendung dieses Zinssatzes liefert Einsetzen der Definition von A und Kürzung folgenden Ausdruck für die Determinante:

$$\det J = \frac{-f'(\hat{k})\varepsilon_{kl}(1-\beta) - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}(f'(\hat{k})-\delta)(1-\beta)}{-f'(\hat{k})\varepsilon_{kl}(1-\beta) - \sigma_c\hat{\Delta}\frac{\hat{k}}{\hat{c}}}.$$

Für die Stabilität muss gelten, dass die Absolutbeträge der Eigenwerte der Matrix J kleiner als eins sind. Zunächst erkennen wir, dass für $f'(\hat{k}) - \delta < 1/(1-\beta)$ gilt, dass die Absolutbeträge der Determinante von J kleiner als eins sind. Da im Allgemeinen gilt, dass die Determinante einer Matrix gleich dem Produkt ihrer Eigenwerte ist, folgt daraus, dass auch der Absolutbetrag der Eigenwerte kleiner als eins ist. $f'(\hat{k}) - \delta <$

$1/(1-\beta)$ ist also eine notwendige Bedienung für die Stabilität. Im Steady-State ist diese Bedingung äquivalent zu $(\hat{\Delta}/\beta) < 1/(1-\beta)$. Die Grenzrate der Substitution zwischen *Warm-Glow* und Konsum darf also nicht zu groß werden.

Graphische Analyse

Im Fall, dass die Investoren im Gleichgewicht die Umwelt vollkommen internalisieren ($\gamma = 1$), ist Gleichung (3.28) gegeben durch

$$f'(\hat{k})_{\gamma=1} = r + \delta + \frac{1+r}{r+\beta}\frac{u_{\hat{g}}}{u_{\hat{c}}},$$

wenn die Investoren jedoch nicht sozial verantwortlich handeln ($\gamma = 0$), folgt

$$f'(\hat{k})_{\gamma=0} = r + \delta$$

Die Nutzenfunktion der Konsumenten $u(c, g, E)$ ist in ihren Argumenten wachsend, d.h. es gilt $u_{\hat{g}} > 0$ und $u_{\hat{g}} > 0$. Weiters ist $f(k)$ eine wachsende Produktionsfunktion mit fallenden Grenzerträgen, d.h. $f'(k) > 0$ und $f''(k) < 0$. Aus diesen Eigenschaften folgt, dass $f'(\hat{k})_{\gamma=1} > f'(\hat{k})_{\gamma=0}$ und $\hat{k}_{\gamma=1} < \hat{k}_{\gamma=0}$. Aus Gleichung (3.29) folgt daraus, dass $\hat{E}_{\gamma=1} > \hat{E}_{\gamma=0}$.

Dies wird in Abbildung 3.1 graphisch dargestellt. Die steigende Kurve $E_{\min} - A$ repräsentiert Gleichung (3.28), die negativ geneigte Gerade $0 - A - B$ Gleichung (3.29). Falls die Umwelt von den Investoren vollkommen internalisiert wird ($\gamma = 1$), befindet sich die Ökonomie in Punkt A mit einem Kapitalstock in Höhe von $\hat{k}$ und einer Umweltqualität $\hat{E}$. Nicht sozial verantwortlich Handeln der Investoren ($\gamma = 0$) verschiebt die Ökonomie zu Punkt B. Hier ist der Kapitalstock k_B im Vergleich zum ersten Fall höher und die Umweltqualität E_B niedriger.

3.2.2 Zentrale Planwirtschaft

Nun wird der Fall einer zentralen Planwirtschaft betrachtet. Es existiert also ein zentraler Planer, welcher eine Wohlfahrtsfunktion der Bevölkerung maximiert. In der Arbeit [9] von Dam werden die *Warm-Glow*-Präferenzen in der Berechnung eines sozialen Optimums nicht miteinbezogen, da davon ausgegangen wird, dass andernfalls der *Warm-Glow* zweifach einfließen würde. Es wird also angenommen, dass der soziale Planer nur Konsum und Investition aufteilt, nicht jedoch Eigentumsrechte. Der *Warm-Glow* ist also gleich $g_t = 0, \forall t$.

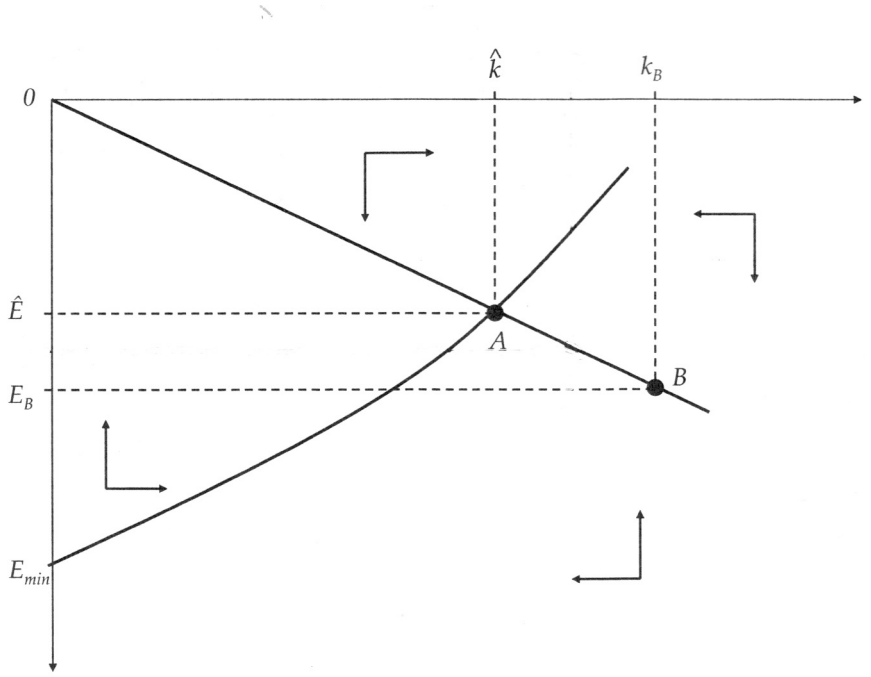

Abbildung 3.1: Steady-State Gleichgewichte
(nach Dam [9], Figure 1)

In einer zentralen Planwirtschaft maximiert der zentrale Planer eine Wohlfahrtsfunktion, die dem Nutzen jeder Generation ein fixes Gewicht $1/(1+R)$ zuteilt, wobei mit $R > 0$ der Diskontfaktor des Planers bezeichnet wird:

$$\max \sum_{t=0}^{\infty} (1+R)^{-t} u(c_t, g_t, E_t) \tag{3.33}$$

unter

$$c_t = f(k_t) + (1-\delta)k_t - k_{t+1} \tag{3.34}$$

$$E_t = (1-\beta)E_{t-1} - k_t \tag{3.35}$$

$$n_t = 0 \tag{3.36}$$

Dabei sind die Anfangsbedingungen k_{-1} und E_{-1} gegeben. Mit n_t wird der Aktienbesitz eines Konsumenten bezeichnet. Die dritte Bedingung (3.36) sagt also aus, dass ein Konsument keine Aktien hält. Dies bedeutet, dass keine Eigentumsrechte ausgegeben werden und der Planer in seiner Maximierung den *Warm-Glow* nicht berücksichtigt. In Appendix B wird gezeigt, dass entlang des optimalen Pfades folgende Bedingung erster

Ordnung erfüllt sein muss:

$$\frac{1-\beta}{1-\rho_{t+1}}\left[f'(k_{t+1})-(\rho_{t+1}+\delta)\right]=f'(k_t)-(\rho_t+\delta)-\frac{u_{E_t}}{u_{c_t}}, \tag{3.37}$$

wobei mit $(1+\rho_{t+1})=(1+R)\frac{u_{c_t}}{u_{c_{t+1}}}$ die Inverse der Grenzrate der intertemporalen Substitution gegeben ist. Weiters wird im Appendix B gezeigt, dass das Gleichgewicht wie folgt gegeben ist:

$$f'(\hat{k})=R+\delta+\frac{1+R}{R-\beta}\frac{u_{\hat{E}}}{u_{\hat{c}}}. \tag{3.38}$$

Man sieht leicht, dass, wenn der Diskontfaktor R gegen unendlich geht, auch $f'(k)$ gegen unendlich strebt. Aus den Inada-Bedingungen folgt, dass in diesem Fall ein Steady-State ohne Produktion ($f(k)=0$) vorliegt. Der soziale Planer überlässt also das gesamte Kapital in der ersten Periode der alten Generation, welche dieses konsumieren.

Weiters stellt sich Dam die Frage, unter welcher Bedienung ein Gleichgewicht $(\hat{k},\hat{E},\hat{c})$ optimal ist, d.h. weder zu viel noch zu wenig investiert wird. Dazu wählt er den gleichgewichtigen Wert des Kapital, welchen die Nutzenfunktion eines Konsumenten in ihrem Gleichgewicht maximiert. Im Gleichgewicht gilt

$$\begin{aligned}\hat{c}&=f(\hat{k})+\hat{k}-\delta\hat{k}-\hat{k}\\&=f(\hat{k})-\delta\hat{k}\end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned}\hat{E}&=(1-\beta)\hat{E}-\hat{k}\\\Leftrightarrow\hat{E}&=-\frac{\hat{k}}{\beta}\end{aligned}$$

Somit ist die Nutzenfunktion eines Konsumenten ausgewertet in ihrem Gleichgewicht gegeben durch $u(\hat{c},\hat{g},\hat{E})=u(f(\hat{k})-\delta\hat{k},0,-\hat{k}/\beta)$. In Appendix B.4 wird gezeigt, dass eine Maximierung dieser Nutzenfunktion nach $\hat{k}$ folgende Bedingung liefert:

$$f'(\hat{k})=\delta+\frac{1}{\beta}\frac{u_{\hat{E}}}{u_{\hat{c}}}. \tag{3.39}$$

Wenn die Diskontrate R des sozialen Planers gleich Null ist ($R=0$), stimmen Gleichung (3.38) und (3.39) überein und der optimale Pfad führt zu einem effizienten Gleichgewicht.

In dem in diesem Kapitel vorgestellte Modell von Dam [9] analysiert der Autor ein

Inter-Generationenproblem in einem überlappenden Generationenmodell. Der Konflikt wird hervorgerufen, da die heutige Generation in der Regel die langfristigen Effekte der Umweltverschmutzung nicht internalisiert und die zukünftige Generation die Kosten der Verschmutzung tragen müssen. Es wird gezeigt, dass ein zukunftsorientierter Aktienmarkt dieses Inter-Generationsproblem zwischen heutiger und zukünftiger Generation beseitigen kann, indem er sicher stellt, dass die heutige Generation Zahlungen in Höhe des Barwerts einer Verschmutzungsprämie an die zukünftige Generation leistet.

Kapitel 4

Die Auswirkungen von SRI auf das Unternehmensverhalten (Heinkel et al.) [15]

Heinkel, Kraus und Zechner adressieren in ihrem Artikel *The Effekt of Green Investment on Corporate Behavior* [15] die Ziele sozial verantwortlicher Investoren. Ein möglicher Grund, welcher Investoren dazu veranlasst, bestimmte Aktien aus ihrem Portfolio auszuschließen, ist lediglich die Genugtuung, die sie empfinden, wenn sie nicht an sozial unverantwortlichem wirtschaftlichen Handeln teilhaben (*Warm-Glow).* Des Weiteren kann das eingeschränkte Investment eine Art Boykott darstellen, welcher dazu führen soll, dass Firmen angemessen handeln. Anders als in den in Kapitel 2 und 3 betrachteten Modellen, behandeln Heinkel et al. nicht das *Warm-Glow*-Motiv, sondern gehen in ihrem Artikel auf den zweiten Aspekt ein und versuchen in ihrem Modell den Einfluss dieses Boykotts sozial verantwortlicher Investoren auf das Unternehmensverhalten zu beurteilen.

Die Autoren betrachten eine Ökonomie mit einer endlichen Anzahl an Firmen, die entweder mit einer „sauberen“ oder einer „schmutzigen“ Technologie produzieren. Des weiteren existieren in der Ökonomie zwei Typen risikoaverser Investoren. Diese unterscheiden sich durch die Bereitschaft in gewisse Unternehmen zu investieren. „Grüne“ Investoren investieren nur in jene Unternehmen, die ihren (identischen) ethischen Vorstellungen entsprechen. Firmen mit einer sauberen Produktionstechnologie erfüllen deren Investitionskriterien, jene mit einer umweltverschmutzenden Technologie jedoch nicht. Daher weigern sich grüne Investoren letztere in ihr Portfolio aufzunehmen, es sei den sie reformieren zu gewissen Kosten. Der zweite Typ von Investoren in der Ökonomie sind

„neutrale“ Investoren, die soziale Überlegungen in der Zusammenstellung ihres Portfolios vernachlässigen und daher bereit sind, sowohl in Unternehmen mit einer sauberen als auch mit einer schmutzigen Produktionstechnologie zu investieren.

Der Boykott der grünen Investoren ändert die Möglichkeiten der Risikoteilung. Da nun weniger Agenten existieren, die in Firmen mit umweltverschmutzenden Technologien investieren, sinken deren Aktienpreise. Um auch von grünen Investoren akzeptiert zu werden, haben diese Unternehmen die Möglichkeit, zu gewissen Kosten ihre Technologien zu reformieren. Wenn die Präsenz von grünen Investoren Firmen dazu bringen kann, ihr Unternehmensverhalten so zu ändern, dass sie ihre umweltverschmutzende Technologie säubern, hat das soziale Verhalten von grünen Investoren einen ökonomischen Einfluss.

Die Autoren nehmen an, dass Firmen ihren Aktienpreis maximieren. Weiters wird angenommen, dass die Anzahl der Investoren konstant gehalten wird. Ein Anstieg der Anzahl an grünen Investoren, die keine Aktien von Unternehmen mit nicht reformierter umweltverschmutzender Technologie halten, bedeutet, dass die Anzahl an neutralen Investoren zurück geht. Diese müssen nun im Gleichgewicht mehr Anteile der verschmutzenden Firmen halten als sie anderenfalls bereit wären zu halten und fordern daher eine höhere erwartete Rendite. Diese höhere erwartete Rendite ergibt sich aus dem Fall des Aktienpreises der umweltverschmutzenden Firmen unter einem akzeptablen Aktienpreis. Wenn diese Preisdifferenz die Kosten der Reform übersteigt, werden sich Unternehmen dazu entschließen zu reformieren. Dadurch steigen die Möglichkeiten der Risikoteilung und der Aktienpreis nimmt wieder zu.

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels wird die Struktur des Modells vorgestellt. Anschließend wird im zweiten Abschnitt das Gleichgewicht berechnet, welches im dritten Abschnitt analysiert wird. Komparative Statik wird angewandt um die Einflussfaktoren auf die Anzahl der reformierten Firmen, wie auch auf den Aktienpreis reformierter Firmen zu diskutieren.

4.1 Struktur des Modells

Wir betrachten eine Periode einer Ökonomie, in der drei Kategorien von Firmen existieren. Diese unterscheiden sich in ihren Produktionstechnologien bzw. darin, ob Investoren, die Wert auf eine saubere Umwelt legen (sogenannte grüne Investoren), bereit sind, in diese zu Investieren.

„Inakzeptable“ Firmen U und „reformierte“ Firmen R produzieren mit der selben umweltverschmutzenden Produktionstechnologie. Grüne Investoren sind nicht gewillt, inakzeptable Firmen U in ihr Portfolio aufzunehmen. Reformierte Firmen R erfüllten ursprünglich die Investitionskriterien grüner Investoren ebenfalls nicht, im Unterschied zu inakzeptablen Unternehmen nehmen sie jedoch gewisse Kosten K auf sich um die Verschmutzung zu reduzieren und in grüne Portfolios aufgenommen zu werden. Es wird angenommen, dass alle Firmen die selben Reformkosten K tragen. Eine solche Reform ändert jedoch nicht ihre Produktionstechnologie, reformierte Firmen bleiben also ihrer umweltverschmutzenden Technologie erhalten.

Die dritte Kategorie von Firmen sind „akzeptable“ Firmen A, die mit einer sauberen Technologie produzieren. Daher werden sie ohne zusätzliche Kosten von grünen Investoren akzeptiert.

Firmen der selben Produktiontechnologie generieren einen Cash-Flow mit identen Mittelwert und identer Varianz. Firmen von Typ A, die eine saubere Technologie verwenden, liefern einen normalverteilten Cash-Flow mit Mittelwert μ_C und Varianz σ_C^2. Die Cash-Flows aller akzeptabler Unternehmen sind untereinander perfekt korreliert. Inakzeptable und reformierte Firmen mit einer umweltverschmutzenden Technologie erzeugen einen Cash-Flow mit Mittelwert μ_P und Varianz σ_P^2. Auch die Cash-Flows dieser Firmen sind untereinander perfekt korreliert. Es wird angenommen, dass reformierte Firmen ihre ursprünglichen Risiko-Rendite-Eigenschaften beibehalten. Die Kovarianz der Cash-Flows einer Typ A-Firma und einer Firma der Kategorie U oder R wird mit σ_{CP} bezeichnet.

Auf Investorenseite wird zwischen zwei verschieden Typen unterschieden. Es gibt jene Investoren, die keine Präferenzen bezüglich einer Firmenkategorie aufzeigen. Diese „neutralen“ Investoren n sind also bereit, in jede der drei Firmentypen zu investieren. Des Weiteren existieren „grüne“ Investoren g, die Firmen mit einer umweltverschmutzenden Technologie in ihrem Portfolio ausschließen, es sei denn, sie nehmen gewisse Kosten auf sich um zu reformieren. Grüne Investoren akzeptieren folglich nur Aktien von akzeptablen und reformierten Firmen. Die Investoren unterscheiden sich also in ihrer Toleranz gegenüber der Verschmutzung der Umwelt. Jeder Investor zeigt eine konstante absolute Risikoaversion (CARA) mit Risikotoleranzparameter τ. Konstante absolute Risikoaverion bedeutet, dass das *Arrow-Pratt-Maß* der absoluten Risikoaversion R_A dem konstanten Wert $1/\tau$ (Inverse des Risikotoleranzparameters) entspricht, d.h. $R_A(x) = -u''(x)/u'(x) = 1/\tau$. Hier hat eine Änderung des Vermögens keinen Einfluss auf den Grad der Risikoaversion.

Es existieren insgesamt I Investoren, welche sich in I_n neutrale und I_g grüne Investoren aufteilen: $I = I_n + I_g$.

Die Gesamtzahl der in der Ökonomie befindlichen Unternehmen wird mit N bezeichnet. Diese lassen sich entweder über ihre Technologien (sauber, umweltverschmutzend) oder über die Akzeptanz der Investoren klassifizieren (akzeptabel, inakzeptable, reformiert).

$$\begin{aligned} N &= N_C + N_P \\ &= N_A + N_U + N_R \end{aligned}$$

Hier bezeichnet N_C die Anzahl der Firmen mit einer sauberen Produktionstechnologie und N_P die Anzahl der Firmen, die mit ihrer Produktion die Umwelt verschmutzen. N_A, N_U und N_R geben die Anzahl der akzeptablen, inakzeptablen und reformierten Firmen an. Da saubere Firmen akzeptabel sind und reformierte Firmen ihre umweltverschmutzende Technologie behalten, gilt weiters

$$N_C = N_A \qquad \text{und} \qquad N_P = N_U + N_R.$$

4.2 Gleichgewicht

Aus der Annahme der konstanten absoluten Risikoaversion (CARA) der Investoren mit Risikoparameter τ und der Annahme, dass die Cash-Flow einer Normalverteilung unterliegen, kann die Nutzenfunktion für einen neutrale Investor bzw. einen grünen Investor abgeleitet werden. Im Allgemeinen nimmt die CARA-Nutzenfunktion die Gestalt $u(x) = -\exp(-x/\tau)$ an, wobei mit τ der Risikotoleranzparameter bezeichnet wird. Im Fall von normalverteilten Zahlungen ist das Sicherheitsäquivalent gegeben durch $CE = \mu - \sigma^2/2\tau$ (mit dem Mittelwert μ und Varianz σ^2 der Verteilung). Daraus ergibt sich Nutzen der Investoren wie folgt:

Der neutrale Investor maximiert den Nutzen

$$\begin{aligned} U_n \quad = \quad & x_{nA}\mu_C + (x_{nU} + x_{nR})\mu_P \\ & - \frac{x_{nA}^2\sigma_C^2 + (x_{nU} + x_{nR})^2\sigma_P^2 + 2x_{nA}(x_{nU} + x_{nR})\sigma_{CP}}{2\tau} \\ & - (x_{nA} - \omega_{nA})P_A - (x_{nU} - \omega_{nU})P_U - (x_{nR} - \omega_{nR})P_R \end{aligned} \tag{4.1}$$

und ein grüner Investor den Nutzen

$$\begin{aligned} U_g \quad = \quad & x_{gA}\mu_C + x_{gR}\mu_P - \frac{x_{gA}^2\sigma_C^2 + x_{gR}^2\sigma_P^2 + 2x_{gA}x_{gR}\sigma_{CP}}{2\tau} \\ & - (x_{gA} - \omega_{gA})P_A - (x_{gR} - \omega_{gR})P_R. \end{aligned} \tag{4.2}$$

Dabei wird mit x_{ik} die Anzahl der Aktien von Firmen der Kategorie $k = A, U, R$, die ein Investor von Typ $i = n, g$ halten möchte und mit P_k der Stückpreis der Aktie einer

Firma der Kategorie k bezeichnet. Weiters gibt ω_{ik} die Anzahl an Aktien von Firmen der Kategorie $k = A, U, R$ an, die ein Investor von Typ $i = n, g$ bereits besitzt. Möchte beispielsweise ein grüner Investor fünf Stück Aktien von Firmen der Kategorie A halten ($x_{gA} = 5$) und besitzt bereits drei Stück Aktien dieser Kategorie ($\omega_{ik} = 3$), erwirbt er noch zusätzlich $x_{gA} - \omega_{ik} = 2$ Stück Aktien von Firmen vom Typ A zum Preis P_A. Besitzt er jedoch bereits mehr Aktien, als er halten möchten (z.B. $\omega_{ik} = 8$) verkauft er den Überschuss zum Stückpreis P_A ($x_{gA} - \omega_{gA} = -3$).

Der Nutzen eines Investors ergibt sich also aus dem erwarteten zukünftigen Cash-Flows der gehaltenen Aktien abzüglich des Risikos, welches durch die Hälfte des Produkts aus dem Parameter der Risikoaversion $1/\tau$ und der Varianz der Cash-Flows der gehaltenen Aktien gegeben ist. Weiters fließen in den Nutzen $U_l, l \in \{n, g\}$ die Ausgaben bzw. Einnahmen für Aktien, die der Investor zusätzlich erwirbt bzw. verkauft um die gewünschte Anzahl an Aktien einer Firma zu halten, ein.

Neutrale Investoren sind grundsätzlich bereit in akzeptable, inakzeptable und saubere Unternehmen zu investieren. Unternehmen mit einer umweltverschmutzenden Produktionstechnologien sind jedoch nur dann gewillt, zu den Kosten K zu reformieren, wenn der Aktienpreis reformierter Firmen den Aktienpreis inakzeptabler Firmen um den Betrag K übersteigt. Da diese beiden Firmentypen die selben Risiko-Return Charakteristiken aufweisen (Cash-Flows reformierter Firmen haben den selben Mittelwert und die selbe Varianz wie Cash-Flows von Firmen der Kategorie U), der Aktienpreis P_R reformierter Firmen jedoch höher ist, ist es für neutrale Investoren nicht optimal Aktien von Firmen der Kategorie R zu besitzen. Im Optimum gilt für neutrale Investoren I_n also $x_{nR} = 0$. Sie maximieren ihren Nutzen U_n also nur in Bezug auf x_{nA} und x_{nU}.

Grüne Investoren verweigern eine Investition in inakzeptable Firmen und halten ausschließlich Aktien von akzeptablen und reformierten Unternehmen. Folglich optimieren sie ihren Nutzen U_g in Bezug auf x_{gA} und x_{gR}.

Im Appendix C wird gezeigt, dass aus den Bedingungen erster Ordnung für einen neutralen Investor folgt, dass sein optimales Portfolio wie folgt gegeben ist:

$$x^*_{nA} = \frac{\tau}{\phi}[(\mu_C - P_A)\sigma_P^2 - (\mu_P - P_U)\sigma_{CP}] \tag{4.3}$$

und

$$x^*_{nU} = \frac{\tau}{\phi}[(\mu_P - P_U)\sigma_C^2 - (\mu_C - P_A)\sigma_{CP}], \tag{4.4}$$

wobei $\phi = \sigma_C^2\sigma_P^2 - \sigma_{CP}^2$ gilt.

Analog ergeben die Bedingungen erster Ordnung für einen grünen Investor folgendes optimale Portfolio:

$$x^*_{gA} = \frac{\tau}{\phi}[(\mu_C - P_A)\sigma_P^2 - (\mu_P - P_R)\sigma_{CP}] \tag{4.5}$$

und

$$x^*_{gR} = \frac{\tau}{\phi}[(\mu_P - P_R)\sigma_C^2 - (\mu_C - P_A)\sigma_{CP}]. \tag{4.6}$$

Aus Gleichung (4.3) und (4.4) ist ersichtlich, dass die optimale Anzahl x^*_{nk} einer Aktie von Firmen der Kategorie $k = A, U$, die ein neutraler Investor hält, durch den Mittelwert μ_j und die Varianz $\sigma_j^2, j \in \{C, P\}$ der Cash-Flows und durch die Aktienpreise $P_k, k \in \{A, U\}$ von akzeptablen und inakzeptablen Unternehmen, also jenen Unternehmen, die der neutrale Investor in seiner Optimierung berücksichtigt, bestimmt wird. Des weiteren fließt in die optimale Anzahl x^*_{nk} der Risikotoleranzparameter τ und die Kovarianz σ_{CP} der Cash-Flows zwischen Unternehmen mit einer sauberen und umweltverschmutzenden Produktionstechnologie ein. Nach Gleichung (4.5) und (4.6) gilt selbiges für die optimale Anzahl x^*_{gl}, $l \in A, R$ einer Firmenaktie, die ein grüner Investors bereit ist zu halten. Auch hier hängt x^*_{gl}, $l \in A, R$ von Mittelwert, Varianz und Kovarianz der Cash-Flows, sowie vom Aktienpreis der in der Optimierung berücksichtigten Aktien der Firmen von Typ A und R und dem Risikotoleranzparameter τ ab.

Die Bedingungen für Markträumung lauten:

$$I_n x^*_{nA} + I_g x^*_{gA} = N_A = N_C, \tag{4.7}$$

$$I_n x^*_{nU} = N_U, \tag{4.8}$$

$$I_g x^*_{gR} = N_R. \tag{4.9}$$

Bedingung (4.7) drückt aus, dass im Gleichgewicht die gesamte Nachfrage nach Aktien von Firmen der Kategorie A der Anzahl der in der Ökonomie befindlichen akzeptablen Firmen entspricht. Ebenso besagen Bedingung (4.8) und (4.9), dass im Gleichgewicht die Anzahl inakzeptabler bzw. reformierter Firmen gleich der Nachfrage aller neutralen bzw. grünen Investoren nach Aktien des jeweiligen Firmentyps ist.

Durch Substitution des optimalen Portfoliobestands (Gleichungen (4.3)-(4.6)) in die Bedingungen der Markträumung, Gleichungen (4.7)-(4.9)), werden die gleichgewichtigen

Aktienpreise gewonnen. Diese sind gegeben durch:

$$P_A = \mu_C - \frac{1}{I\tau}\left[N_P\sigma_{CP} + N_C\sigma_C^2\right], \tag{4.10}$$

$$P_U = \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + N_U\sigma_P^2 + N_U\frac{I_g}{I_n}\frac{\phi}{\sigma_C^2} + N_R\frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2}\right], \tag{4.11}$$

$$P_R = \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + N_R\sigma_P^2 + N_R\frac{I_n}{I_g}\frac{\phi}{\sigma_C^2} + N_U\frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2}\right]. \tag{4.12}$$

Der gleichgewichtige Aktienpreis einer Firma von Typ $k \in \{A, U, R\}$ ergibt sich also aus dem jeweiligen erwarteten zukünftigen Cash-Flow, $\mu_j, j \in \{C, P\}$, abzüglich des mit dem Parameter der Risikoaversion $1/\tau$ gewichteten Risikos, das die jeweilige Aktie erwartet. In das Risiko und somit auch in den Aktienpreis fließt weiters die Gesamtzahl der Investoren I und die Anzahl der in der Ökonomie befindlichen Unternehmen ein.

Nun stellt sich die Frage, wann inakzeptable Unternehmen einen Anreiz haben zu reformieren um auch von grünen Investoren in ihr Portfolio aufgenommen zu werden. Dies ist nur dann der Fall, wenn der gleichgewichtige Preis für reformierte Firmen den Aktienpreis inakzeptabler Firmen um die Reformkosten K übersteigt, d.h. wenn gilt:

$$P_R = P_U + K. \tag{4.13}$$

Solang diese Gleichung nicht erfüllt ist, ist die Anzahl der inakzeptablen Firmen gleich Null. In Appendix C wird gezeigt, dass Einsetzen der gleichgewichtigen Preise in Gleichung (4.13) und anschließendes Lösen nach N_R folgende Bedingung für die Anzahl der reformierten Firmen ergibt:

$$N_R = \max\left\{0, \frac{I_g}{I}\left(N - N_C - KI_n\tau\frac{\sigma_C^2}{\phi}\right)\right\}. \tag{4.14}$$

In Gleichung (4.14) ist ersichtlich, dass eine minimale Anzahl an grünen Investoren notwendig ist, damit die erste inakzeptable Firma bereit ist, Kosten in Höhe von K auf sich zu nehmen um zu reformieren und damit auch in Portfolios dieser Investorentypen aufgenommen zu werden. Diese minimale Anzahl an Investoren von Typ g wird mit I_g^* bezeichnet und beschreibt jenen Wert, an welchem N_R positiv wird:

$$I_g^* : N_g > 0 \qquad \text{für} \qquad I_g > I_g^*. \tag{4.15}$$

Diese Variable ist abhängig von der Anzahl der Firmen, in die grüne Investoren bereit sind zu investieren (N_A), von der Risikotoleranz der Investoren (τ), von der Kovarianz zwischen den Cash-Flows der beiden Technologien (σ_{CP}) und von den Kosten, die von einem inakzeptablen Unternehmen bei einer Reform zu leisten sind (K).

4.3 Komparative Statik

Anzahl der reformierten Firmen N_R

Wie auch schon im Artikel von Heinkel et al. wird in diesem Abschnitt untersucht wie sich eine Änderung der Modellparameter auf die Anzahl an reformierten Firmen N_R auswirkt.

Zunächst ist aus Gleichung (4.14) ersichtlich, dass $\partial N_R/\partial I_g > 0$ gilt, d.h. die Anzahl reformierter Firmen hängt positiv von der Anzahl grüner Investoren ab. Mehr grüne Investoren I_g bedeuten einen Rückgang der Anzahl neutraler Investoren I_n, die bereit sind Aktien von Firmen der Kategorie U zu halten. Dies folgt aus der Annahme, dass die Gesamtzahl der Investoren $I = I_g + I_n$ konstant gehalten wird. Damit geht die Nachfrage nach inakzeptablen Unternehmen zurück. Dies führt zu einer Senkung des Preises dieser Aktien und verringert somit ihren Aktienwert. In Folge erklären sich mehr Firmen von Typ U dazu bereit, Kosten in Höhe von K auf sich zu nehmen um ein Unternehmen von Typ R zu werden und auch von grünen Investoren akzeptiert zu werden. Wenn die Anzahl der grünen Investoren I_g gegen Null konvergiert, so strebt auch die Anzahl der reformierten Firmen N_R gegen Null. Umgekehrt gilt, dass N_R gegen $N - N_C$ strebt, wenn I_g sich I annähert (d.h. wenn die Anzahl der neutralen Investoren I_n gegen Null geht). In diesem Fall existieren in der Ökonomie nur saubere und reformierte Unternehmen ($N = N_C + N_P$).

Weiters gilt, da die Reformkosten K mit negativem Vorzeichen in Gleichung (4.14) eingehen, dass die Anzahl der Unternehmen, die reformieren zurückgeht, wenn die Reformkosten steigen ($\partial N_R/\partial K < 0$).

Eine größere Anzahl an reformierten Firmen erhöht die Diversifikationsmöglichkeiten grüner Investoren, d.h. sie haben die Möglichkeit zwischen mehr Unternehmen, in welche sie bereit sind zu investieren, zu wählen. Dies hat für grüne Investoren jedoch weniger Bedeutung, wenn diese risikotoleranter sind, d.h. für größeres τ. Dies ist auch in Gleichung (4.14) ersichtlich; steigt die Risikotoleranz τ, sinkt die Anzahl der reformierten Firmen N_R ($\partial N_R/\partial \tau < 0$).

Als nächstes wird die Abhängigkeit der Anzahl der reformierten Firmen N_R von der Anzahl an sauberen, also akzeptablen, Firmen, N_C, betrachtet. Aus Gleichung (4.14) ist zu sehen, dass die Anzahl der reformierten Firmen mit der Anzahl der akzeptablen Firmen sinkt ($\partial N_R/\partial N_C < 0$). Viele Firmen der Kategorie C implizieren eine geringe Anzahl an inakzeptablen Unternehmen. Dies bringt einen geringen Diversifikationsverlust für grüne Investoren mit sich und daher ist der Aktienpreis inakzeptabler Firmen

relativ hoch. Unternehmen von Typ U haben also wenig Anreiz zu reformieren und so ist die Anzahl der reformierten Firmen N_R gering.

Die Anzahl reformierter Firmen N_R ist weiters abhängig von der Kovarianz (und Korrelation) zwischen den Cash-Flows der Technologien P und C. Durch Ableiten von N_R nach der Kovarianz σ_{CP} und Nullsetzen wird gezeigt, dass die Anzahl reformierter Firmen ihr Maximum bei einer Kovarianz von Null (und daher auch einer Korrelation von Null) erreicht:

$$\frac{\partial N_R}{\partial \sigma_{CP}} = -\frac{I_g}{I} K I_n \tau \frac{\sigma_{CP}\sigma_C^2}{(\sigma_C^2\sigma_P^2 - \sigma_{CP}^2)^2} \stackrel{!}{=} 0$$
$$\Leftrightarrow \sigma_{CP} = 0$$

In diesem Fall stehen die Cash-Flows der beiden Technologien in keinem Zusammenhang. Falls ein positiver Zusammenhang zwischen den Technologien P und C vorliegt, haben alle Portfolios idente Risiko-Rendite-Eigenschaften. Daher haben inakzeptable Firmen keinen Anreiz zu reformieren und folglich ist die Anzahl reformierter Firmen N_R gleich Null. Bei einer Korrelation von minus Eins, also einem negativen Zusammenhang der beiden Technologien, haben neutrale Investoren die Möglichkeit Aktien aller Firmentypen zu besitzen ohne ein Risiko einzugehen. Auch hier gibt es für inakzeptable Firmen keinen Grund einer Reform und daher gilt $N_R = 0$. Wenn die Korrelation zwischen diesen beiden Extrema liegt, profitieren reformierte Unternehmen von einem Diversifikationsvorteil. Dieser Vorteil steigt, wenn sich der Absolutbetrag der Korrelation Null annähert (das Maximum von N_R wird bei einer Kovarianz bzw. Korrelation von Null erreicht).

Aktienpreis reformierter Firmen P_R

Nun wollen wir feststellen, wie sich die Kapitalkosten reformierter Firmen mit den Modellparametern ändern. Da die Kapitalkosten vom Aktienpreis P_R abhängen, wird dazu der Einfluss der Modellparameter auf den Aktienpreis P_R untersucht.

Um den Begriff der Kapitalkosten zu präzisieren, verwenden Heinkel et al. in ihrem Artikel die Definition von Kruschwitz und Löffler [17], welche Kapitalkosten als erwartete Rendite auffassen. Demnach sind bei gegebenen erwartenden zukünftigen Cash-Flow, $\mu_j, j \in \{C, P\}$, die Kapitalkosten einer Firma von Typ $k \in \{A, U, R\}$ gegeben durch $\mu_j/P_k - 1$. Die Kapitelkosten hängen also negativ vom Aktienpreis P_k ab. Eine Reform inakzeptabler Firmen erhöht deren Aktienpreis und deren Kapitalkosten gehen damit zurück. Somit haben Unternehmen von Typ U einen Anreiz Kosten in Höhe von K auf sich zu nehmen um eine reformierte Firma zu werden.

Um eine komparative Statik auszuüben wird zunächst die Definition von N_R, Gleichung (4.14), in den Ausdruck für P_R, Gleichung (4.12), subsituiert. Im Appendix C wird gezeigt, dass dies Folgendes liefert:

$$P_R = \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + (N - N_C)\sigma_P^2 - KI_n\tau\right]. \tag{4.16}$$

Zunächst ist aus Gleichung (4.16) ersichtlich, dass ein Anstieg der Reformkosten K auch einen Anstieg des Preises für Aktien reformierter Firmen bewirkt ($\partial P_R/\partial K > 0$). Dies hat einen Rückgang der Kapitalkosten zur Folge. Der Fall der Kapitalkosten kompensiert die angestiegenen Reformkosten K.

Da die Gesamtzahl an Investoren als konstant angenommen wird, bewirkt eine Zunahme an grünen Investoren I_g einen Rückgang der neutralen Investoren I_n. Dies wiederum bedeutet einen niedrigeren Preis für inakzeptable Firmen. Weiters gilt, dass im Gleichgewicht der Preis für reformierte Unternehmen, P_R, gleich er Summe aus dem Preis inakzeptabler Firmen, P_U, und den Reformkosten K entspricht ($P_R = P_U + K$). Ein Rückgang von P_U hat also auch einen Fall des Preises P_R zur Folge und erhöht somit die Kapitalkosten von reformierten Firmen. Insgesamt gilt also, dass mehr grüne Investoren I_g einen Rückgang des Preises für reformierte Firmen und daher auch erhöhte Kapitalkosten für Firmen von Typ R impliziert.

Des weiteren steigen die Kapitalkosten für reformierte Firmen mit der Kovarianz zwischen den Cash-Flows der beiden Technologien. Denn aus Gleichung (4.16) ist ersichtlich, dass bei wachsender Kovarianz σ_{CP}, der Preis für Firmen von Typ R sinkt, d.h. $\partial P_R/\partial\sigma_{CP} < 0$. Gleiches gilt auch für den Aktienpreis bzw. die Kapitalkosten der Unternehmen von Typ A und U. Ein höherer Zusammenhang zwischen den Cash-Flows der Unternehmen von Typ R bzw. U und C bedeutet, dass die Risiko-Rendite Eigenschaften dieser Unternehmen annähernd ident sind. Dies führt zu einem Rückgang der Aktienpreise der Firmen, was wiederum die Kapitalkosten steigen lässt.

Letztlich sinken die Kapitalkosten aller Firmen mit der Risikotoleranz der Investoren, da $\partial P_k/\partial\tau > 0$ für alle $k \in \{A, U, R\}$ gilt. Denn risikofreudige Investoren lassen den Aktienpreis steigen und folglich sinken die Kapitalkosten.

In diesem Kapitel wurde das Gleichgwichtsmodell von Heinkel et al. [15] vorgestellt, welches den Zusammenhang von sozial verantwortlichem Investment und Unternehmensverhalten analysiert. Die Autoren belegen, dass ein Anstieg der Anzahl grüner Investoren, welche Aktien inakzeptabler Firmen mit einer verschmutzenden Produktionstechnologie aus ihrem Portfolio ausschließen, den Aktienpreis dieser Firmenkategorie

drückt. Dies führt dazu, dass inakzeptable Firmen bereit sind zu gewissen Kosten ihre Produktionstechnologie zu säubern um auch von grünen Investoren in ihr Portfolio aufgenommen zu werden. Somit steigt die Anzahl reformierter Unternehmen und die Anzahl inakzeptabler Unternehmen geht zurück.

Kapitel 5

Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit wurden verschiedene Modelle, die den Zusammenhang zwischen sozial verantwortlichem Verhalten der Investoren und der Umweltqualität analysieren, vorgestellt.

Das im zweiten Kapitel vorgestellte Modell von Dam und Heijdra [10] behandelt die Effekte von sozial verantwortlichem Investment und öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen in einem makroökonomischen Gleichgewichtsmodell. Es wird der Frage nachgegangen, ob öffentliche Umweltmaßnahmen auch dann effektiv sind, wenn die Konsumenten selbst zumindest zum Teil die Externalität der Umwelt durch ein *Warm-Glow*-Motiv internalisieren. Das *Warm-Glow*-Motiv drückt sich als sozial verantwortliches Investment im Aktienmarkt aus. Konsumenten haben die Wahl in „saubere“ Staatsanleihen oder „schmutzige“ Firmenaktien zu investieren. Auf Firmenseite fungiert dieser *Warm-Glow*-Gedanke als implizite Steuer auf den Wert der umweltverschmutzenden Firma. Umweltreinigungsmaßnahmen reduzieren die Ressourcen, die konsumiert werden können, was wiederum die implizite Steuer sinken lässt. Dies führt zu einem höheren Kapitalstock und zu einer höheren Umweltverschmutzung. Der Mechanismus der impliziten Steuer wirkt also den öffentlichen Umweltreinigungsmaßnahmen zum Teil entgegen.

Das überlappende Generationenmodell von L.Dam [9], welches im dritten Kapitel diskutiert wird, beschäftigst sich mit dem Inter-Generationenproblem, welches hervorgerufen wird, da kurzlebige Individuen in der Regel die langfristigen Effekte der Umweltverschmutzung nicht internalisieren. Die Kosten der Verschmutzung müssen die zukünftigen Generationen tragen. Es wird gezeigt, dass die Existenz eines zukunftsorientierten Aktienmarkts mit sozial verantwortlichen Investmentfonds dieses Inter-Generationenproblem beheben kann. Sozial verantwortliches Investment wird auch hier

modelliert, indem angenommen wird, dass sich die Konsumenten zum Teil für die Umweltverschmutzung verantwortlich fühlen, die Firmen, deren Aktien sie besitzen, generieren. Die Konsumenten wählen zwischen einer Investition in „saubere“ Staatsanleihen oder „schmutzige“ Firmenaktien. Sie empfinden einen *Warm-Glow*, wenn sie in saubere Assets investieren und bevorzugen daher eine Investition in ebendiese. Durch den zukunftsorientierten Aktienmarkt wird gewährt, dass in den aktuellen Firmenwert auch die Bewertung der heutigen Umweltqualität aller zukünftigen Generation miteinfließt. So wird dem Inter-Generationenproblem auf natürliche Weise entgegengewirkt. Der Aktienmarkt stellt sicher, dass die heutige Generation Zahlungen in Höhe des Barwerts einer Verschmutzungsprämie an die zukünftige Generation leisten muss, wenn sie das Recht ausüben will, die Umwelt zu verschmutzen. Weiters führt eine Verschmutzung der Umwelt durch die heutigen Generation zu einem Rückgang des Unternehmenswerts im Alter. Dadurch steigt der Anreiz die Umweltverschmutzung zu reduzieren.

Im letzen Kapitel wird das Gleichgewichtsmodell von Heinkel et al. analysiert, welches den Einfluss sozial verantwortlicher Investoren auf das Unternehmensverhalten untersucht. Es wird der Frage nachgegangen, ob die Präsenz grüner Investoren, die bestimmte Aktien in ihrem Portfolio ausschließen, Firmen dazu bringen kann, ihr Unternehmensverhalten so zu ändern, dass sie ihre umweltverschmutzende Technologie säubern. In dem Modell wird gezeigt, dass die Anzahl an grünen Investoren sowohl die Verteilung der Unternehmenstypen (akzeptabel, inakzeptabel, reformiert) als auch die Kapitalkosten ebendieser verändert. Ein Anstieg der grünen Investoren impliziert, auf Grund der Annahme einer konstanten Gesamtzahl an Investoren, einen Rückgang der neutralen Investoren. Dies drückt den Aktienpreis inakzeptabler Unternehmen und führt zu einem Anstieg der erwarteten Rendite. Daher sind inakzeptable Unternehmen bereit Reformkosten zu zahlen um auch in Portfolios grüner Investoren aufgenommen zu werden. Daher steigt die Anzahl an reformierten Unternehmen und die Anzahl der inakzeptablen Unternehmen geht zurück. Somit wird nachgewiesen, dass sozial verantwortliches Investment einen nicht vernachlässigbaren ökonomischen Einfluss hat.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sozial verantwortliches Verhalten der Investoren sowohl zu einer Veränderung der Umweltqualität führen kann als auch einen Einfluss auf das Unternehmensverhalten hat.

Anhang A

Kapitel 2

A.1 Haushalte

Zur leichteren Lesbarkeit wird bei den Herleitungen auf das Argument der Zeit verzichtet.

Um die Nutzenfunktion

$$\Lambda(t) \equiv \int_t^{\infty} U(c(\tau), p(\tau), Q(\tau)) e^{\rho(t-\tau)} d\tau. \tag{A.1}$$

unter

$$p(\tau) = \frac{e(\tau)}{\bar{E}} \cdot \frac{\gamma Y(\tau)}{Q(\tau)}, \quad \gamma > 0, \tag{A.2}$$

$$\dot{b}(\tau) + P_e(\tau)\dot{e}(\tau) + c(\tau) = w(\tau) + d(\tau) + r(\tau)b(\tau) - z(\tau), \tag{A.3}$$

und

$$\pi(\tau) \equiv \frac{D(\tau)}{P_e(\tau)\bar{E}} \tag{A.4}$$

zu maximieren, wählt der Haushalt Zeitpfade für $c(\tau), b(\tau)$ und $e(\tau)$.

Da die Vermögenswerte perfekte Substitute sind, kann das gesamte Vermögen, a, definiert werden als

$$a = b + P_e e \tag{A.5}$$

Differenzieren beider Seiten der Gleichung (A.5) nach der Zeit ergibt:

$$\dot{a} = \dot{b} + P_e\ \dot{e} + \dot{P}_e e. \tag{A.6}$$

Durch Umformen und Einsetzen von (A.3) in (A.5) erhalten wir:

$$\dot{a} = w + d + rb - z - c + \dot{P}_e e. \tag{A.7}$$

Unter Verwendung von (A.5) und (A.4) bzw. von $d(\tau) = \pi(\tau)P_e(\tau)e(\tau)$ ergibt sich weiters:

$$\begin{aligned}\dot{a} &= w + \pi P_e e + r(a - P_e e) - z - c + \dot{P}_e e \\ &= w + ra - z - c + (\pi - r)P_e e + \dot{P}_e e \\ &= w + ra - z - c + \left(\frac{\dot{P}_e e}{P_e e} + \pi - r\right) P_e e\end{aligned}$$

Dam und Heijdra definieren die Rendite auf Aktien als $r_e \equiv \dot{P}_e/P_e + \pi$ und daraus folgt:

$$\dot{a} = w + ra - z - c + (r_e - r)P_e e. \tag{A.8}$$

Die current-value Hamiltonian ist nun gegeben durch:

$$\begin{aligned}\mathcal{H}(a, c, e, b, \lambda, \mu) \equiv &\ln c - \beta \ln(1 + p) + \zeta \ln Q \\ &+ \lambda[ra + w - z - c + (r_e - r)P_e e] + \mu[a - b - P_e e],\end{aligned} \tag{A.9}$$

wobei $c(\tau), b(\tau)$ und $e(\tau)$ die Kontrollvariablen, $a(\tau)$ die Zustandsvariabel, λ die Kozustandsvariabel und μ der Lagrangemultipliaktor ist. Unter der Annahme, dass alle Kontrollvariabeln positiv sind ($c > 0, b > 0$ und $e > 0$), sind die notwendigen Optimalitätsbedingungen erster Ordnung gegeben durch:

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial c} = \frac{1}{c} - \lambda = 0, \tag{A.10}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial e} = -\frac{\beta}{1 + p} \cdot \frac{\gamma Y}{\bar{E}Q} + \lambda P_e(r_e - r) - \mu P_e = 0, \tag{A.11}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial b} = -\mu = 0, \tag{A.12}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial a} = \lambda r + \mu = \rho\lambda - \dot{\lambda}. \tag{A.13}$$

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \mu} = a - b - P_e e = 0 \tag{A.14}$$

Aus der Annahme, dass staatliche Anleihen gehalten werden ($b > 0$), folgt aus (A.12), dass $\mu = 0$. Ableiten von (A.10) nach der Zeit τ ergibt $\dot{\lambda} = -\frac{1}{c^2} \cdot \dot{c}$ und mit (A.10) und (A.13) erhalten wir die klassische Euler Gleichung:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{c^2} \cdot \dot{c} &= \lambda(\rho - r) - \mu \Leftrightarrow \\ \frac{\dot{c}}{c} &= \mu c + c\lambda(r - \rho) \overset{(\mu=0)}{=} c\lambda(r - \rho) \\ &= r - \rho \end{aligned} \tag{A.15}$$

Unter Verwendung von (A.10), (A.11) und $\mu = 0$ erhalten wir die Arbitrage-Bedingung für Aktieen und Anleihen:

$$\begin{aligned} r_e - r &= \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{P_e} \frac{\beta}{1+p} \cdot \frac{\gamma Y}{\bar{E}Q} \\ &= \beta \cdot \frac{c}{1+p} \cdot \frac{\gamma}{Q} \frac{Y}{\bar{E}P_e}. \end{aligned} \tag{A.16}$$

A.2 Firmenseite

Auch hier wird zur leichteren Lesbarkeit bei den Herleitungen auf das Argument der Zeit verzichtet.

Dam und Heijdra nehmen an, dass Firmen ihre Investitionen durch Gewinnrücklagen finanzieren, d.h. $RE(\tau) = I(\tau)$. Dies, zusammen mit (2.10) im Text und der Annahme, dass $RE > 0$, ergibt

$$D(\tau) = \Pi(\tau) - I(\tau). \tag{A.17}$$

Der Marktwert für ausstehende Aktien ist gegeben durch $V(\tau) = P_e(\tau)\bar{E}$, und nach Differenzieren nach der Zeit ergibt sich:

$$\dot{V}(\tau) = \dot{P}_e(\tau)\bar{E}. \tag{A.18}$$

Die implizite Steuer, θ, die durch den *Warm-Glow*-Gedanken der Investoren für die Firmen entsteht, wird definiert durch

$$\theta(\tau) \equiv \frac{\beta\gamma c(\tau)}{(1 + p(\tau))Q(\tau)}. \tag{A.19}$$

Die Arbitrage-Bedingung für Aktien (2.7) der Haushalte kann nun wie folgt angeschrieben werden:

$$\begin{aligned} r &= r_e - \frac{\theta Y}{\bar{E} P_e} \\ &= \frac{\dot{P}_e}{P_e} + \pi - \frac{\theta Y}{\bar{E} P_e} \\ &= \frac{\dot{P}_e}{P_e} + \frac{D - \theta Y}{\bar{E} P_e}. \end{aligned} \tag{A.20}$$

Unter Verwendung von Gleichungen (A.17)-(A.20) wird die fundamentale Differentialgleichung für V erhalten:

$$\begin{aligned} \dot{V} = \dot{P}_e \bar{E} &= \left(P_e r - \frac{D - \theta Y}{\bar{E}} \right) \bar{E} \\ &= P_e \bar{E} r - (D - \theta Y) \\ &= V r - (\Pi - I - \theta Y) \\ &= V r - [F(K, L) - wL - I - \theta Y] \\ &= V r - [(1 - \theta) F(K, L) - wL - I] \end{aligned} \tag{A.21}$$

Da die Koeffizienten für V auf der rechten Seite von (A.21) positiv sind, ist Gleichung (A.18) eine instabile Differentialgleichung in V. Zusammen mit der Transversalitäsbedingung

$$\lim_{\tau \to \infty} V(\tau) \exp \left[- \int_0^\tau r(s) ds \right] = 0 \tag{A.22}$$

erhält man daraus die Zielfunktion (2.14) im Text. Die Transversaliätsbedingung sagt aus, dass der diskontierte Wert einer Firma im Unendlichen null betragen soll.

Der Ausdruck in eckigen Klammern auf der rechten Seite von Gleichung (A.21) kann weiters angeschrieben werden als:

$$\begin{aligned} [\cdot] &= (1 - \theta) F(K, L) - wL - I \\ &= (1 - \theta)[F_K(K, L) K + F_L(K, L) L] - wL - \dot{K} - \delta K \\ &= [(1 - \theta) F_K(K, L) - \delta] K + [(1 - \theta) F_L(K, L) - w] L - \dot{K} \\ &= rK - \dot{K}. \end{aligned} \tag{A.23}$$

Dabei wurden die notwendigen Bedingungen erster Ordnung für ein inneres Optimum (2.15)-(2.16) und die Eigenschaft, dass für eine Nutzenfunktion mit konstanten Skalenerträgen gilt, dass $F(K(\tau), L(\tau)) = F_K(K(\tau), L(\tau)) K(\tau) + F_L(K(\tau), L(\tau)) L$, verwendet.

Insgesamt gilt also zusammen mit (A.21):

$$\begin{aligned} \dot{V} &= Vr - [rK - \dot{K}] \\ \Leftrightarrow \dot{V} - Vr &= \dot{K} - rK. \end{aligned} \tag{A.24}$$

Daraus folgt, dass $V = K$ gilt.

A.3 Log-Lineariserung

A.3.1 Grundlagen der Log-Lineariserung um den Steady-State

Bevor im Folgenden die Gleichungen des um den Steady-State log-linearisierten Modells aus Kapitel 2.1.3 hergeleitet werden, wird basierend auf dem Artikel *Log-Linearizing Around the Steady State: A Guide with Examples* von J. Zietz [23] ein kurzer Überblick über die Grundlagen der Log-Linearisierung um den Steady-State gegeben.

Mit Hilfe der Log-Linearisierung lässt sich eine nicht-lineare Gleichung darstellen als eine Gleichung, die linear in Bezug auf die logarithmierte Abweichung der entsprechenden Variable zu ihrem Steady-State ist. Wie schon im Verlauf der Arbeit bezeichnet auch hier eine Variable mit Dach, $\hat{\cdot}$, den Steady-State-Wert einer Variable, d.h. der Wert von $x(t)$ im Steady-State wird mit $\hat{x}$ angeschrieben. Weiters definiert eine Variable mit Tilde, $\tilde{\cdot}$, die logarithmierte Abweichung der Variable zu ihrem Steady-State, d.h.

$$\tilde{x}(t) \equiv \log x(t) - \log \hat{x} \tag{A.25}$$

Aus den Rechenregel des Logarithmus folgt, dass (A.25) weiters angeschrieben werden kann als

$$\tilde{x}(t) = \log\left(\frac{x(t)}{\hat{x}}\right) = \log\left(1 - \frac{x(t) - \hat{x}}{\hat{x}}\right). \tag{A.26}$$

Als nächstes wird die rechte Seite mit Hilfe der Taylorreihenentwicklung erster Ordnung um den Steady-State approximiert. Dabei wird angenommen, dass $x(t)$ einen Wert nahe seinem Steady-State-Wert $\hat{x}$ annimmt. Die Taylorreihenentwicklung erster Ordnung um den Steady-State ist gegeben durch

$$f(x) = f(\hat{x}) + f'(\hat{x})(x(t) - \hat{x}).$$

Angewandt auf die rechte Seite von (A.26) erhält man

$$\log\left(1-\frac{x(t)-\hat{x}}{\hat{x}}\right)\approx\underbrace{\log 1}_{=0}+\frac{1}{\hat{x}}(x(t)-\hat{x})=\frac{x(t)-\hat{x}}{\hat{x}}.$$

Insgesamt ergibt sich

$$\tilde{x}(t)\approx\frac{x(t)-\hat{x}}{\hat{x}}=\frac{x(t)}{\hat{x}}-1 \tag{A.27}$$

Die logarithmierte Abweichung $\tilde{x}(t)$ einer Variable, $x(t)$, von ihrem Steady-State, $\hat{x}$, gibt also den prozentuellen Unterschied zwischen der Variable und ihrem Steady-State an. Es ist leicht ersichtlich, dass (A.28) auch angeschrieben werden kann als

$$\frac{x(t)}{\hat{x}}\approx 1+\tilde{x}(t). \tag{A.28}$$

Diese Schreibweise kann bei der Herleitung der log-linearisierten Gleichung hilfreich sein.

Aus (A.28) folgt weiters, dass gilt

$$\dot{\tilde{x}}(t)=\frac{d\tilde{x}(t)}{dt}\approx\frac{\dot{x}(t)}{\hat{x}}. \tag{A.29}$$

Eine Möglichkeit die log-linearisierte Gleichung herzuleiten bietet die Substitutionsmethode. Dabei wird die ursprüngliche Gleichung so umgeformt bzw. erweitert, dass die logarithmierte Abweichung $\tilde{x}(t)$ abgelesen werden kann.

Weiters ist es möglich, die ursprüngliche Gleichung zu logarithmieren und anschließend die logarithmierte Gleichung ausgewertet im Steady-State zu subtrahieren. Diese Methode ist insbesondere bei multiplikativen Gleichungen von Nutzen.

Für komplizierte Gleichungen ist es sinnvoll vor Anwendung der Definition von $\tilde{x}(t)$ die Gleichung zunächst zu logarithmieren und anschließend mit Hilfe der Taylorreihenentwicklung um den Steady-State zu approximieren.

Beispiel *Wir betrachten die Kapitalakkumulationgleichung*

$$k(t+1)=i(t)+(1-\delta)k(t) \tag{A.30}$$

und wollen diese mit Hilfe der letzt genannten Methode um ihren Steady-State log-linearisiern.

Logarithmieren der Gleichung (A.30) liefert:

$$\log k(t+1) = \log\big(i(t) + (1-\delta)k(t)\big)$$

Die Taylorreihenentwicklung erster Ordnung um den Steady-State ist gegeben durch:

$$\log \hat{k} + \frac{1}{\hat{k}}(k(t+1) - \hat{k}) = \log(\hat{i} + (1-\delta)\hat{k}) + \frac{1}{\hat{i} + (1-\delta)\hat{k}}(i(t) - \hat{i}) + \frac{1-\delta}{\hat{i} + (1-\delta)\hat{k}}(k(t) - \hat{k})$$

Da im Steady-State gilt $\hat{k} = \hat{i} + (1-\delta)\hat{k}$*, ist dies äquivalent zu*

$$\frac{1}{\hat{k}}(k(t+1) - \hat{k}) = \frac{1}{\hat{k}}(i(t) - \hat{i}) + \frac{1-\delta}{\hat{k}}(k(t) - \hat{k})$$

Wird der erste Term auf der rechten Seite mit $\hat{i}$ *erweitert, ergibt sich:*

$$\frac{1}{\hat{k}}(k(t+1) - \hat{k}) = \frac{\hat{i}}{\hat{k}}\frac{(i(t) - \hat{i})}{\hat{i}} + \frac{1-\delta}{\hat{k}}(k(t) - \hat{k}).$$

Anwendung von (A.26) liefert schließlich die log-linearisierte Gleichung

$$\tilde{k}(t+1) = \frac{\hat{i}}{\hat{k}}\tilde{i}(t) + (1-\delta)\tilde{k}(t).$$

A.3.2 Herleitung des log-linearisierten Modells

Im Folgenden werden die Geichungen des um den Steady-State log-linearisierten Modells aus Kapitel 2.1.3 hergeleitet.

Gleichung (2.17) - $\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = r(t) - \rho$ **:**

$$\begin{aligned} \tilde{C}(t) &= \log(\frac{C(t)}{\hat{C}}) \\ \dot{\tilde{C}}(t) &= \frac{\hat{C}}{C(t)} \cdot \frac{\dot{C}(t)}{\hat{C}} \approx \frac{\dot{C}(t)}{\hat{C}} \end{aligned} \tag{A.31}$$

Da im Steady-State gilt, dass $\dot{C}(t) = 0 \Leftrightarrow \hat{r} = \rho$, erhält man:

$$\begin{aligned}\tilde{r}(t) - \rho &= \left(\frac{r(t)-\rho}{\hat{r}}\right) \cdot \hat{r} \\ &\overset{\hat{r}=\rho}{\approx} \left(1 + \tilde{r}(t) - \frac{\rho}{\rho}\right) \cdot \rho \\ &= \tilde{r}(t)\rho \end{aligned} \tag{A.32}$$

(A.31) und (A.32) kombiniert ergibt Gleichung (2.26) imText:

$$\dot{\tilde{C}}(t) = \tilde{r}(t)\rho \tag{A.33}$$

Gleichung (2.18) - $\dot{K}(t) = Y(t) - C(t) - G(t) - \delta K(t)$ **:**

$$\frac{\dot{K}(t)}{\hat{K}} = \frac{1}{\hat{K}}\left[\hat{Y}\frac{Y(t)}{\hat{Y}} - \hat{C}\frac{C(t)}{\hat{C}} - G\frac{G(t)}{G} - \delta\hat{K}\frac{K(t)}{\hat{K}} -\right]$$

$$\dot{\tilde{K}}(t) = \frac{1}{\hat{K}}\left[\hat{Y}(1+\tilde{Y}(t)) - \hat{C}(1+\tilde{C}(t)) - G(1+\tilde{G}(t)) - \delta\hat{K}(1+\tilde{K}(t))\right]$$

$$= \underbrace{\frac{\hat{Y} - \hat{C} - G - \delta\hat{K}}{\hat{K}}}_{\substack{=0 \text{ im Steady-State, da} \\ \dot{K}(t)=0 \Leftrightarrow \hat{Y}=\hat{C}+G+\delta\hat{K}}} + \left[\frac{\hat{Y}}{\hat{K}}\tilde{Y}(t) - \frac{\hat{C}}{\hat{K}}\tilde{C}(t) - \frac{G}{\hat{K}}\tilde{G}(t) - \delta\tilde{K}(t)\right]$$

$$= \underbrace{\frac{\hat{Y}}{\hat{K}}}_{=:\hat{y}}\Big[\tilde{Y}(t) - \underbrace{\frac{\hat{C}}{\hat{Y}}}_{=:w_C}\tilde{C}(t) - \underbrace{\frac{G}{\hat{Y}}}_{=:w_G}\tilde{G}(t) - \underbrace{\frac{\delta\hat{K}}{\hat{Y}}}_{=:w_I=\delta/\hat{y}}\tilde{K}(t)\Big], \tag{A.34}$$

Somit ist Gleichung (2.27) im Text gezeigt.

Gleichung (2.20) - $w(t) = (1-\alpha)(1-\theta(t))\Omega_0 K(t)^\alpha H^{-\alpha}$ **:**

Durch Logarithmieren der Gleichung erhält man:

$$\log w(t) = \log(1-\alpha) + \log(1-\theta(t)) + \log\Omega_0 + \alpha\log K(t) - \alpha\log H \tag{A.35}$$

Im Steady-State ergibt sich:

$$\log\hat{w} = \log(1-\alpha) + \log(1-\hat{\theta}) + \log\Omega_0 + \alpha\log\hat{K} - \alpha\log H \tag{A.36}$$

Wird (A.36) von (A.35) subtrahiert, bekommt man:

$$\underbrace{\log\left(\frac{w(t)}{\hat{w}}\right)}_{=\tilde{w}(t)} = \underbrace{\log\left(\frac{1-\theta(t)}{1-\hat{\theta}}\right)}_{(*)} + \underbrace{\alpha \log\left(\frac{K(t)}{\hat{K}}\right)}_{=\alpha\tilde{K}(t)}$$

$$\begin{aligned}(*) = \widetilde{1-\theta(t)} &\approx \frac{1-\theta(t)-1-\hat{\theta}}{1-\theta} \\ &= \frac{(\hat{\theta}-\theta(t))\cdot\hat{\theta}}{(1-\theta)\cdot\hat{\theta}} \\ &= -\frac{\hat{\theta}}{1-\hat{\theta}}\underbrace{\left(\frac{\theta(t)}{\hat{\theta}}-1\right)}_{=\tilde{\theta}(t)}\end{aligned}$$

Insgesamt ergibt sich Gleichung (2.28) im Text:

$$\tilde{w}(t) = \alpha\tilde{K}(t) - \frac{\hat{\theta}}{1-\hat{\theta}}\cdot\tilde{\theta}(t) \tag{A.37}$$

Gleichung (2.21) - $r(t)+\delta = (1-\alpha)(1-\theta(t))\Omega_0 K(t)^{\alpha-1}H^{1-\alpha}$ **:**

Wie auch schon bei der Herleitung von Gleichung (2.28) wird auch hier zunächst die Gleichung sowohl im Steady-State als auch für alle t logarithmiert und die Ergebnisse voneinander subtrahiert. So erhält man:

$$\underbrace{\log\left(\frac{r(t)+\delta}{\hat{r}+\delta}\right)}_{(**)} = \underbrace{\log\left(\frac{1-\theta(t)}{1-\hat{\theta}}\right)}_{-\frac{\hat{\theta}}{1-\hat{\theta}}\cdot\tilde{\theta}(t)} + \underbrace{(\alpha-1)\log\left(\frac{K(t)}{\hat{K}}\right)}_{=(\alpha-1)\tilde{K}(t)}$$

$$\begin{aligned}(**) = \widetilde{r(t)+\delta} &\approx \frac{r(t)+\delta-\hat{r}-\delta}{\hat{r}+\delta} \\ &= \frac{(r(t)-\hat{r})\cdot\hat{r}}{(\hat{r}+\delta)\cdot\hat{r}} \\ &= \frac{\hat{r}}{\hat{r}+\delta}\cdot\left(\frac{r(t)}{\hat{r}}-1\right) \\ &= \frac{\rho}{\rho+\delta}\cdot\tilde{r}(t)\end{aligned}$$

Auch hier geht wieder ein, dass im Steady-State $\hat{r} = \rho$.

Insgesamt ergibt sich nun Gleichung (2.29) im Text:

$$\frac{\rho}{\rho+\delta}\tilde{r}(t) = -(1-\alpha)\tilde{K}(t) - \frac{\hat{\theta}}{1-\hat{\theta}}\tilde{\theta}(t) \tag{A.38}$$

Gleichung (2.19) - $Y(t) = \Omega_0 K(t)^\alpha H^{1-\alpha}$ **:**

Auch hier wird wie bei den zwei vorigen Herleitungen vorangegangen und es ergibt sich:

$$\log\left(\frac{Y(t)}{\hat{Y}}\right) = \alpha \log\frac{K(t)}{\hat{K}}$$

Daraus lässt sich unmittelbar Gleichung (2.30) im Text ablesen:

$$\tilde{Y}(t) = \alpha\tilde{K}(t) \tag{A.39}$$

Gleichung (2.22) - $\theta(t) = \frac{\beta\gamma C(t)}{HQ(t)+\gamma Y(t)}$ **:**

Wiederum durch Subtraktion der beiden logarithmierten Gleichungen erhält man:

$$\underbrace{\log\left(\frac{\theta(t)}{\hat{\theta}}\right)}_{=\tilde{\theta}(t)} = \underbrace{\log\left(\frac{C(t)}{\hat{C}}\right)}_{=\tilde{C}(t)} + \underbrace{\log\left(\frac{HQ(t)+\gamma Y(t)}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}}\right)}_{(***)}$$

$$\begin{aligned}
(***) = \widetilde{(HQ(t)+\gamma Y(t))} &\approx \frac{HQ(t)+\gamma Y(t) - H\hat{Q} - \gamma\hat{Y}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}} \\
&= \frac{HQ(t)-H\hat{Q}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}} + \frac{\gamma Y(t)-\gamma\hat{Y}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}} \\
&= \frac{(HQ(t)-H\hat{Q})\cdot\hat{Q}}{(H\hat{Q}+\gamma\hat{Y})\cdot\hat{Q}} + \frac{(Y(t)-\hat{Y})\cdot\gamma\hat{Y}}{(H\hat{Q}+\gamma\hat{Y})\hat{Y}} \\
&= \underbrace{\frac{Q(t)-\hat{Q}}{\hat{Q}}}_{=\tilde{Q}(t)} \cdot \underbrace{\frac{H\hat{Q}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}}}_{=:w_Q} + \underbrace{\frac{Y(t)-\hat{Y}}{\hat{Y}}}_{=\tilde{Y}(t)} \cdot \underbrace{\frac{\gamma\hat{Y}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}}}_{=1-w_Q}
\end{aligned}$$

Insgesamt ergibt sich nun Gleichung (**??**) im Text:

$$\tilde{\theta}(t) = \tilde{C}(t) - (1-w_Q)\tilde{Y}(t) - w_Q\ \tilde{Q}(t) \tag{A.40}$$

Gleichung (2.24) - $z(t)H = r(t)B + G(t)$ **:**

$$\frac{Hz(t)}{\hat{Y}} = \frac{\hat{r}B}{\hat{Y}} \cdot \frac{r(t)}{\hat{r}} + \frac{G}{\hat{Y}} \cdot \frac{G(t)}{G}$$

$$\tilde{Z}(t) = \underbrace{\frac{\rho B}{\hat{Y}}}_{=:w_B} \tilde{r}(t) + \underbrace{\frac{G}{\hat{Y}}}_{w_G} \tilde{G}(t) \tag{A.41}$$

Somit wurde Gleichung (2.31) im Text gezeigt.

Gleichung (2.25) - $\dot{Q}(t) = \mu \cdot (-Q(t) + \phi + \xi G(t) - \eta Y(t))$ **:**

$$\frac{\dot{Q}(t)}{\hat{Q}} = \mu \cdot \left[-\frac{Q(t)}{\hat{Q}} + \underbrace{\frac{\xi G}{\hat{Q}}}_{=:\varepsilon_G} \cdot \frac{G(t)}{G} - \underbrace{\frac{\eta G}{\hat{Y}}}_{=:\varepsilon_Y} \cdot \frac{Y(t)}{\hat{Y}} \right]$$

Daraus folgt Gleichung (2.32) im Text:

$$\dot{\tilde{Q}}(t) = \mu \cdot \left[-\tilde{Q}(t) + \varepsilon_G \tilde{G}(t) - \varepsilon_Y \tilde{Y}(t) \right] \tag{A.42}$$

Herleitung der Zusammenhänge der Verhältnisse

Die Zusammenhänge der Verhältnisse, die in der Bemerkung der Tabelle 2.1 angeführt sind, lassen sich leicht nachvollziehen, indem man die ursprünglichen Gleichungen in den Steady-States betrachtet:

$$\begin{aligned} \dot{K}(t) = 0 \Leftrightarrow \ & \delta \hat{K} = \hat{Y} - \hat{C} - \hat{G} \\ \Leftrightarrow \ & \frac{\delta \hat{K}}{\hat{Y}} = \frac{\hat{Y} - \hat{C} - \hat{G}}{\hat{Y}} = 1 - \frac{\hat{C}}{\hat{Y}} - \frac{\hat{G}}{\hat{Y}} \end{aligned}$$

Einsetzten der Definitionen von (A.34) zeigt:

$$\frac{\delta}{\hat{y}} = w_I = 1 - w_C - w_G \tag{A.43}$$

Da aus $\dot{C}(t) = 0$ folgt, dass $\hat{r} = \rho$, gilt:

$$\begin{aligned} \hat{r} + \delta = \rho + \delta &= (1 - \alpha)(1 - \hat{\theta}) \frac{\hat{Y}}{\hat{K}} \\ &= (1 - \alpha)(1 - \hat{\theta}) \hat{y} \end{aligned} \tag{A.44}$$

$$\begin{aligned}\hat{\theta} = & \frac{\beta\gamma\hat{C}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}} \\ &= \beta\cdot\frac{\hat{C}}{\hat{Y}}\left(\frac{\gamma\hat{Y}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}}\right) \\ &= \beta\cdot\frac{\hat{C}}{\hat{Y}}\left(1-\frac{H\hat{Q}}{H\hat{Q}+\gamma\hat{Y}}\right) \\ &= \beta w_C(1-w_Q) \end{aligned} \tag{A.45}$$

Um die letzte Gleichung zu zeigen, wird (A.44) verwendet:

$$\begin{aligned}\alpha - w_I &= \alpha - \frac{\delta}{\hat{y}} \\ &= \frac{\rho+\delta}{1-\theta}\cdot\frac{1}{\hat{y}} - \frac{\delta}{\hat{y}} \\ &= \frac{\rho+\theta\delta}{(1-\theta)\hat{y}} > 0 \end{aligned} \tag{A.46}$$

A.4 Gleichgewicht

Q als Stormgröße

Durch Einsetzten von (A.38), (A.40), (A.39 und (A.44) in (A.33) ergibt

$$\begin{aligned}\dot{\tilde{C}}(t) &= \rho\tilde{r}(t) \\ &= (\rho+\delta)\cdot\left[-(1-\alpha)\tilde{K}(t) - \frac{\hat{\theta}}{1-\hat{\theta}}\tilde{\theta}(t)\right] \\ &= -\alpha\hat{y}(1-\hat{\theta})(1-\alpha)\tilde{K}(t) - \alpha\hat{\theta}\hat{y}\tilde{\theta}(t) \\ &= -\alpha\hat{y}(1-\hat{\theta})(1-\alpha)\tilde{K}(t) - \alpha\hat{\theta}\hat{y}\left[\tilde{C}(t) - (1-w_Q)\alpha\tilde{K}(t) - w_Q\tilde{Q}(t)\right]\end{aligned}$$

Im Steady State gilt $\dot{\tilde{Q}}(t) = 0 \Leftrightarrow \tilde{Q}(t) = \varepsilon_G\tilde{G}(t) - \varepsilon_Y\tilde{Y}(t)$ und daraus folgt weiters:

$$\begin{aligned}\dot{\tilde{C}}(t) &= -\alpha\hat{y}(1-\hat{\theta})(1-\alpha)\tilde{K}(t) - \alpha\hat{\theta}\hat{y}\left[\tilde{C}(t) - (1-w_Q)\alpha\tilde{K}(t) - w_Q\left(\varepsilon_G\tilde{G}(t) - \varepsilon_Y\alpha\tilde{K}(t)\right)\right] \\ &= -\alpha\hat{y}\hat{\theta}\tilde{C}(t) - \alpha\hat{y}\left[(1-\alpha)(1-\hat{\theta}) - \alpha\hat{\theta}[(1-w_Q) - w_Q\varepsilon_Y)]\right]\tilde{K}(t) + \alpha\hat{\theta}\hat{y}w_Q\varepsilon_G\tilde{G}(t) \\ &= -\alpha\hat{y}\hat{\theta}\tilde{C}(t) - \alpha\hat{y}\left[(1-\alpha)(1-\hat{\theta}) - \alpha\hat{\theta}[1-w_Q(1+\varepsilon_Y)]\right]\tilde{K}(t) + \alpha\hat{\theta}\hat{y}w_Q\varepsilon_G\tilde{G}(t),\end{aligned}$$

was Gleichung (2.33) im Text entspricht.

Anhang B

Kapitel 3

B.1 Maximierungsproblem der Konsumenten

Im folgenden wird das individuelle Maximierungsproblem von der Form

$$u(c_{t+1}, g_{t+1}, E_{t+1}). \tag{B.1}$$

untern den Bedingungen

$$c_{t+1} = b_t(1 + r_{t+1}) + n_t(p_{t+1} + d_{t+1}), \tag{B.2}$$

$$w_t - z_t = b_t + n_t p_t \tag{B.3}$$

mit der Lagrange-Methode gelöst. Der Agent wählt ein Portfolio aus b_t Staatsanleihen und n_t Firmenaktien um seinen Nutzen (B.1) zu maximieren.

Zunächst wird b_t aus (B.3) ausgedrückt und in (B.2) eingesetzt, was das Problem auf ein Problem mit der einzigen Nebenbedingung

$$c_{t+1} = (w_t - z_t)(1 + r_{t+1}) + n_t[p_{t+1} + d_{t+1} - p_t(1 + r_{t+1})] \tag{B.4}$$

reduziert.

Die Langrangefunktion ist von der Gestalt

$$\mathcal{L} = u(c_{t+1}, g_{t+1}, E_{t+1}) + \lambda \cdot [(w_t - z_t)(1 + r_{t+1}) + n_t(p_{t+1} + d_{t+1} - p_t(1 + r_{t+1})) - c_{t+1}],$$

wobei $g_{t+1} = \gamma E_{t+1} n_t$.

Die Optimalitätsbedingungen erster Ordnung sind somit gegeben durch:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c_{t+1}} = u_{c_{t+1}} - \lambda = 0, \tag{B.5}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial n_t} = u_{g_{t+1}} \cdot \gamma E_{t+1} + \lambda[p_{t+1} + d_{t+1} - p_t(1 + r_{t+1})] = 0, \tag{B.6}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = (w_t - z_t)(1 + r_{t+1}) + n_t[p_{t+1} + d_{t+1} - p_t(1 + r_{t+1})] - c_{t+1} = 0. \tag{B.7}$$

Gleichung (B.7) gewährt, dass die Nebenbedingung (B.4) erfüllt ist. Aus (B.5) erhält man $\lambda = u_{c_{t+1}}$ und durch Einsetzen dieses Ergebnisses in (B.6) erhält man

$$\frac{u_{g_{t+1}}}{u_{c_{t+1}}} \cdot \gamma E_{t+1} = -p_{t+1} - d_{t+1} + p_t(1 + r_{t+1}). \tag{B.8}$$

Wir definieren $\Delta_{t+1} E_{t+1} \equiv \frac{u_{g_{t+1}}}{u_{c_{t+1}}} \cdot \gamma E_{t+1}$ und erhalten durch Umformung von (B.8):

$$p_t = \frac{p_{t+1} + d_{t+1} + \Delta_{t+1} E_{t+1}}{1 + r_{t+1}}, \tag{B.9}$$

was der Preisbildungsgleichung (3.7) im Text entspricht.

B.2 Maximierungsproblem der Firmen

Die optimale Investmentstrategie i_t^* zum Zeitpunkt t hängt von den Zustandsgrößen k_t und E_t ab. Für den Marktwert des Unternehmens $v_t^* = v^*(k_t, E_t)$ ergibt sich die Bellmanngleichung:

$$v_t^* = \frac{f(k_{t+1}) - w_{t+1} - (1 + r_{t+1}) i^*(k_t, E_t) + \Delta_{t+1} E_{t+1} + v_{t+1}^*}{1 + r_{t+1}}. \tag{B.10}$$

Dabei sind i_t und E_{t+1} wie folgt gegeben: Aus $k_{t+1} = (1 - \delta) k_t + i_t$ erhält man durch Umformen $i_t = k_{t+1} - (1 - \delta) k_t$ und aus $P_t = K_t$ folgt $E_{t+1} = (1 - \beta) E_t - (1 - \delta) k_t - i_t$.

Durch Ableiten der Wertfunktion (B.10) nach der Kontrollvariable i_t^* ergibt:

$$\frac{dv_t^*}{di_t^*} = \frac{1}{1 + r_{t+1}} \left[f'(k_{t+1}) - (1 + r_{t+1}) - \Delta_{t+1} + \frac{dv_{t+1}^*}{dk_{t+1}} - \frac{dv_{t+1}^*}{dE_{t+1}} \right] \stackrel{!}{=} 0 \tag{B.11}$$

Um dies zu lösen, leiten wir nun mit Hilfe des Einhüllendensatzes nach den Zustandsvariablen k_t und E_t ab:

$$\frac{dv_t^*}{dk_t} = \frac{1}{1+r_{t+1}}\left[f'(k_{t+1})(1-\delta) - \Delta_{t+1}(1-\delta) + \frac{dv_{t+1}^*}{dk_{t+1}}(1-\delta) - \frac{dv_{t+1}^*}{dE_{t+1}}(1-\delta)\right]$$

$$= \frac{(1-\delta)}{1+r_{t+1}}\left[f'(k_{t+1}) - \Delta_{t+1} + \frac{dv_{t+1}^*}{dk_{t+1}} - \frac{dv_{t+1}^*}{dE_{t+1}}\right], \tag{B.12}$$

$$\frac{dv_t^*}{dE_t} = \frac{1}{1+r_{t+1}}\left[\Delta_{t+1}(1-\beta) + \frac{dv_{t+1}^*}{dE_{t+1}}(1-\beta)\right]$$

$$= \frac{1-\beta}{1+r_{t+1}}\left[\Delta_{t+1} + \frac{dv_{t+1}^*}{dE_{t+1}}\right] \tag{B.13}$$

Durch Einsetzen von (B.12) in (B.11) ergibt sich:

$$\begin{aligned}\frac{dv_t^*}{di_t^*} &= \frac{1}{1+r_{t+1}} \cdot \left[f'(k_{t+1}) - (1+r_{t+1}) - \Delta_{t+1} + \frac{dv_{t+1}^*}{dk_{t+1}}\right.\\ &\quad \left. - \left(-\frac{1+r_{t+1}}{1-\delta}\frac{dv_t^*}{dk_t} + f'(k_{t+1}) - \Delta_{t+1} + \frac{dv_{t+1}^*}{dk_{t+1}}\right)\right]\\ &= \frac{1}{1+r_{t+1}} \cdot \left[-(1+r_{t+1}) + \frac{1+r_{t+1}}{1-\delta}\frac{dv_t^*}{dk_t}\right]\\ &= -1 + \frac{1}{1-\delta} \cdot \frac{dv_t^*}{dk_t} \stackrel{!}{=} 0\end{aligned}$$

Daraus erhalten wir

$$\frac{dv_t^*}{dk_t} = 1 - \delta. \tag{B.14}$$

Diese Ergebnis kann auch auf die nächste Periode $t+1$ angewandt werden und eingesetzt in (B.11) erhalten wir:

$$\begin{aligned}\frac{dv_{t+1}^*}{dE_{t+1}} &= f'(k_{t+1}) - (1+r_{t+1}) - \Delta_{t+1} + (1-\delta)\\ &= f'(k_{t+1}) - (r_{t+1}+\delta) - \Delta_{t+1}.\end{aligned} \tag{B.15}$$

Dieses Ergebnis gilt auch für den Zeitpunkt t. Einsetzten von (B.15) in (B.13) und Umformungen liefert die implizite Differenzengleichung (3.17) im Text:

$$f'(k_t) - (r_t + \delta) - \Delta_t = \frac{1-\beta}{1+r_{t+1}} \left[\Delta_{t+1} + f'(k_{t+1}) - (r_{t+1} + \delta) - \Delta_{t+1}\right]$$

$$\Leftrightarrow \frac{1-\beta}{1+r_{t+1}} \left[f'(k_{t+1}) - (r_{t+1} + \delta)\right] = f'(k_t) - (r_t + \delta) - \Delta_t \tag{B.16}$$

Weiters erhält man aus den notwendigen Bedingungen erster Ordnung der Profitmaximierung mit $F(K_t, L_t) = f(k_t)L_t$:

$$\begin{aligned} w_t &= \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial L_t} \\ &= f(k_t) + L \cdot f'(k_t) \left(-\frac{K}{L^2}\right) \\ &= f(k_t) - f'(k_t)k_t, \end{aligned} \tag{B.17}$$

welches Gleichung (3.18) im Text entspricht.

B.3 Gleichgewicht und Stabilität

Aus (3.23) folgt im Steady-State

$$\frac{1-\beta}{1+r}[f'(\hat{k}) - (r + \delta)] = f'(\hat{k}) - (r + \delta) - \hat{\Delta}$$

$$\Leftrightarrow \quad f'(\hat{k}) \cdot \left(\frac{1-\beta}{1+r} - 1\right) = (r + \delta) \cdot \left(\frac{1-\beta}{1+r} - 1\right) - \hat{\Delta}$$

$$\Leftrightarrow \quad f'(\hat{k}) = r + \delta + \frac{1+r}{r+\beta}\hat{\Delta}$$

und aus (3.27) erhalten wir

$$\begin{aligned} & \hat{E} = (1-\beta)\hat{E} - \hat{k} \\ \Leftrightarrow \quad & \hat{E} = -\frac{\hat{k}}{\beta}. \end{aligned}$$

Stabilität

Um die Stabilität des Systems zu untersuchen, werden die Gleichungen (3.23) und (3.27) um den Steady-State log-linearisiert.

Als erstes wird die Dynamik der Investitionsentscheidung, Gleichung (3.23), betrachtet. Diese ist gegeben durch

$$\frac{1-\beta}{1+r_{t+1}}[f'(k_{t+1}) - (r_{t+1}+\delta)] = f'(k_t) - (r_t+\delta) - \Delta_t. \tag{B.18}$$

Da die Zinsrate vom Staat fixiert wird, dh. $r_t = r \quad \forall t$, kann diese Gleichung umgeformt werden zu

$$\frac{1-\beta}{1+r_{t+1}} f'(k_{t+1}) = f'(k_t) - \Delta_t - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta). \tag{B.19}$$

Um diese Gleichung zu log-linearisieren wird sie zuerst logarithmiert und anschließend mit Hilfe der Taylorreihenentwicklung um den Steady-State approximiert. Die logarithmierte Gleichung ist gegeben durch:

$$\log\left(\frac{1-\beta}{1+r} f'(k_{t+1})\right) = \log\left(f'(k_t) - \Delta_t - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta)\right). \tag{B.20}$$

Die Tayloreihenentwicklung der linken Seite ergibt:

$$\begin{aligned}
\log\left(\frac{1-\beta}{1+r} f'(k_{t+1})\right) &\approx \log\left(\frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})\right) + \frac{\frac{1-\beta}{1+r} f''(\hat{k})}{\frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})}(k_{t+1} - \hat{k}) \\
&= \log\left(\frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})\right) + \underbrace{\frac{f''(\hat{k})\hat{k}}{f'(\hat{k})}}_{=:\varepsilon_{kl}} \underbrace{\frac{(k_{t+1}-\hat{k})}{\hat{k}}}_{=\tilde{k}_{t+1}} \\
&= \log\left(\frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})\right) + \varepsilon_{kl}\tilde{k}_{t+1}
\end{aligned} \tag{B.21}$$

Bevor die rechte Seite mit Hilfe der Taylorreihenentwicklung um den Steady-State approximiert wird, werden die partiellen Ableitungen von Δ_t nach k_t, k_{t+1} und E_t gebildet:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Delta_t}{\partial k_t} &= -\gamma u_{g_t} \frac{u_{c_t c_t}}{u_{c_t}^2}(f'(\hat{k}_t) - \delta) \\
&= -\Delta_t \underbrace{\frac{u_{c_t c_t} c_t}{u_{c_t}}}_{=:\sigma_c} \frac{1}{c_t}(f'(\hat{k}_t) - \delta) \\
&= -\Delta_t \sigma_c \frac{1}{c_t}(f'(\hat{k}_t) - \delta)
\end{aligned} \tag{B.22}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Delta_t}{\partial k_{t+1}} &= -\gamma u_{g_t} \frac{u_{c_t c_t}}{u_{c_t}^2}(-1) \\ &= \Delta_t \sigma_c \frac{1}{c_t}\end{aligned} \tag{B.23}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Delta_t}{\partial E_t} &= \gamma \frac{u_{g_t g_t}}{u_{c_t}} \gamma n_{t-1} \\ &= \gamma \frac{u_{g_t g_t}}{u_{c_t}} \frac{1}{E_t} \underbrace{E_t \gamma n_{t-1}}_{=g_t} \\ &= \gamma \frac{u_{g_t}}{u_{c_t}} \underbrace{\frac{u_{g_t g_t} g_t}{u_{g_t}}}_{=:\sigma_g} \frac{1}{E_t} \\ &= \Delta_t \sigma_g \frac{1}{E_t}\end{aligned} \tag{B.24}$$

Die Taylorreihenentwicklung der rechten Seite um den Steady-State ergibt nun:

$$\begin{aligned}\log\left(f'(k_t) - \Delta_t - \frac{t+\beta}{1+r}(r+\delta)\right) \approx \log&\left(f'(\hat{k}) - \hat{\Delta} - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta)\right) \\ &+ \frac{f'(\hat{k}) + \hat{\Delta}\sigma_c \frac{1}{\hat{c}}(f'(\hat{k}) - \delta)}{f'(\hat{k}) - \hat{\Delta} - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta)} \hat{k} \; \frac{k_t - \hat{k}}{\hat{k}} \\ &- \frac{\hat{\Delta}\sigma_c \frac{\hat{k}}{\hat{c}}}{f'(\hat{k}) - \hat{\Delta} - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta)} \frac{k_{t+1} - \hat{k}}{\hat{k}} \\ &- \frac{\hat{\Delta}\sigma_g}{f'(\hat{k}) - \hat{\Delta} - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta)} \frac{E_{t+1} - \hat{E}}{\hat{E}}.\end{aligned} \tag{B.25}$$

Nach Gleichung (B.19) ausgewertet am Steady-State gilt $f'(\hat{k}) - \hat{\Delta} - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta) = \frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})$. Weiteres gilt $(k_t - \hat{k})/\hat{k} = \tilde{k}_t$, $(k_{t+1} - \hat{k})/\hat{k} = \tilde{k}_{t+1}$ und $(E_t - \hat{E})/\hat{k} = \tilde{E}_t$.

Daher kann (B.25) angeschrieben werden als

$$\begin{aligned}\log\left(f'(k_t) - \Delta_t - \frac{t+\beta}{1+r}(r+\delta)\right) \approx \log&\left(f'(\hat{k}) - \hat{\Delta} - \frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta)\right) \\ &+ \frac{f'(\hat{k}) + \hat{\Delta}\sigma_c \frac{1}{\hat{c}}(f'(\hat{k}) - \delta)}{\frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})} \hat{k} \; \tilde{k}_t \\ &- \frac{\hat{\Delta}\sigma_c \frac{\hat{k}}{\hat{c}}}{\frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})} \tilde{k}_{t+1} - \frac{\hat{\Delta}\sigma_g}{\frac{1-\beta}{1+r} f'(\hat{k})} \tilde{E}_t.\end{aligned} \tag{B.26}$$

Fasst man nun das Ergebnis aus (B.21) und (B.26) zusammen, erhält man die Taylorreihenentwicklung von Gleichung (B.20):

$$\begin{aligned}\log\left(\frac{1-\beta}{1+r}f'(\hat{k})\right)+\varepsilon_{kl}\tilde{k}_{t+1} = \log\left(f'(\hat{k})-\hat{\Delta}-\frac{r+\beta}{1+r}(r+\delta)\right)\\ +\frac{f'(\hat{k})+\hat{\Delta}\sigma_c\frac{1}{\hat{c}}(f'(\hat{k})-\delta)}{\frac{1-\beta}{1+r}f'(\hat{k})}\hat{k}\ \tilde{k}_t\\ -\frac{\hat{\Delta}\sigma_c\frac{\hat{k}}{\hat{c}}}{\frac{1-\beta}{1+r}f'(\hat{k})}\tilde{k}_{t+1}-\frac{\hat{\Delta}\sigma_g}{\frac{1-\beta}{1+r}f'(\hat{k})}\tilde{E}_t.\end{aligned} \tag{B.27}$$

Unter Verwendung von Gleichung (B.20) ausgewertet im Steady-State und durch Umformung ergibt sich schließlich die log-linearisierte Gleichung

$$\left(-\frac{1-\beta}{1+r}f'(\hat{k})\varepsilon_{kl}-\hat{\Delta}\sigma_c\frac{\hat{k}}{\hat{c}}\right)\tilde{k}_{t+1}=\left(-\frac{f'(\hat{k})\hat{k}}{f'(\hat{k})}\ f'(\hat{k})-\hat{\Delta}\sigma_c\frac{\hat{k}}{\hat{c}}(f'(\hat{k})-\delta)\right)\tilde{k}_t-\hat{\Delta}\sigma_g\tilde{E}_t. \tag{B.28}$$

Nun betrachten wir die Dynamik der Umweltqualität, Gleichung (3.27). Diese ist gegeben durch:

$$E_{t+1}=(1-\beta)E_t-k_{t+1}. \tag{B.29}$$

Logarithmieren der Gleichung führt zu:

$$\log(E_{t+1})=\log\left[(1-\beta)E_t-k_{t+1}\right]. \tag{B.30}$$

Approximation mit Hilfe der Taylorreihenentwicklung um den Steady-State ergibt weiters:

$$\log(\hat{E})+\frac{1}{\hat{E}}(E_{t+1}-\hat{E})=\log\left[(1-\beta)\hat{E}-\hat{k}\right]+\frac{1-\beta}{(1-\beta)\hat{E}-\hat{k}}(E_t-\hat{E})-\frac{1}{(1-\beta)\hat{E}-\hat{k}}(k_{t+1}-\hat{k})$$

Da gilt, dass $(1-\beta)\hat{E}-\hat{k}=\hat{E}$ und $\log\left[(1-\beta)\hat{E}-\hat{k}\right]=\log(\hat{E})$ folgt

$$\underbrace{\frac{E_{t+1}-\hat{E}}{\hat{E}}}_{=\tilde{E}_{t+1}}=(1-\beta)\underbrace{\frac{E_t-\hat{E}}{\hat{E}}}_{=\tilde{E}_t}-\frac{\hat{k}}{\hat{E}}\underbrace{\frac{(k_{t+1}-\hat{k})}{\hat{k}}}_{\tilde{k}_{t+1}}$$

und schließlich erhält man die log-linearisierte Gleichung

$$\hat{E}\tilde{E}_{t+1} + \hat{k}\tilde{k}_{t+1} = (1-\beta)\hat{E}\tilde{E}_t. \tag{B.31}$$

Zusammenfassen von (B.28) und (B.31) ergibt das log-linearisierte System (3.30) im Text.

B.4 Soziale Planwirtschaft

Der soziale Planer maximiert

$$\max_{\{c_t\}_{t=0}^{\infty}} \sum_{t=0}^{\infty} (1+R)^{-t} u(c_t, g_t, E_t) \tag{B.32}$$

unter

$$c_t = f(k_t) - (1-\delta)k_t - k_{t+1} \tag{B.33}$$
$$E_t = (1-\beta)E_{t-1} - k_t \tag{B.34}$$
$$n_t = 0 \tag{B.35}$$

und den Anfangsbedingungen k_{-1} und E_{-1}. Die Lagrangefunktion in der *current-value* Form ist gegeben durch

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = \sum_{t=0}^{\infty} (1+R)^{-t} \Big\{ & u(c_t, E_t) \\ & \mu_{t+1}[f(k_t) + (1-\delta)k_t - c_t - k_{t+1}] \\ & \nu_t[(1-\beta)E_{t-1} - k_t - E_t] \Big\} \end{aligned} \tag{B.36}$$

Die optimalen Bedingungen erster Ordnung sind gegeben durch

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c_t} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad u_{c_t}(c_t, E_t) = \mu_{t+1} \tag{B.37}$$
$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial k_t} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \mu_{t+1}[f'(k_t) + (1-\delta)] - (1+R)\mu_t = \nu_t \tag{B.38}$$
$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial E_t} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1-\beta}{1+R}\nu_{t+1} = -u_{E_t}(c_t, E_t) + \nu_t \tag{B.39}$$

Subsitution von (B.38) in (B.39) liefert:

$$\frac{1-\beta}{1+R}\Big[\mu_{t+2}[f'(k_{t+1}) + (1-\delta)] - (1+R)\mu_{t+1}\Big] = -u_E(c_t, E_t) + \mu_{t+1}[f'(k_t) + (1-\delta)] - (1+R)\mu_t$$

Durch Division dieser Gleichung durch μ_{t+1} erhalten wir weiters:

$$\frac{1-\beta}{1+R}\left[\frac{\mu_{t+2}}{\mu_{t+1}}[f'(k_{t+1})+(1-\delta)]-(1+R)\mu_{t+1}\right]=-\frac{u_E(c_t,E_t)}{\mu_{t+1}}+f'(k_t)+(1-\delta)-(1+R)\frac{\mu_t}{\mu_{t+1}} \tag{B.40}$$

Um das Ergebnis (3.37) im Text zu erhalten, setzten wir (B.37) in (B.40) und definieren $(1+\rho_{t+1})=(1+R)\frac{u_{c_t}}{u_{c_{t+1}}}$:

$$\begin{aligned}
&\frac{1-\beta}{1+R}\cdot\frac{u_{c_{t+2}}}{u_{c_{t+1}}}[f'(k_{t+1})+(1-\delta)]-(1-\beta)=-\frac{u_E(c_t,E_t)}{u_{c_t}}+f'(k_t)+(1-\delta)-(1+R)\frac{u_{c_{t-1}}}{u_{c_t}}\\
\Leftrightarrow\quad &\frac{1-\beta}{1+\rho_{t+1}}\left[f'(k_{t+1})+1-\delta-1-\rho_{t+1}\right]=-\frac{u_E(c_t,E_t)}{u_{c_t}}+f'(k_t)+1-\delta-1-\rho_t\\
\Leftrightarrow\quad &\frac{1-\beta}{1+\rho_{t+1}}\left[f'(k_{t+1})-(\delta+\rho_{t+1})\right]=-\frac{u_E(c_t,E_t)}{u_{c_t}}+f'(k_t)-(\delta+\rho_t)
\end{aligned}$$

Steady-State-Effizienz

$$\begin{aligned}
&\frac{du}{d\hat{k}}=u_{\hat{c}}[f'(\hat{k})-\delta]-\frac{1}{\beta}u_{\hat{E}}=0\\
&\Leftrightarrow u_{\hat{c}}[f'(\hat{k})-\delta]=\frac{1}{\beta}u_{\hat{E}}\\
&\Leftrightarrow f'(\hat{k})=\frac{1}{\beta}\frac{u_{\hat{E}}}{u_{\hat{c}}}+\delta
\end{aligned} \tag{B.41}$$

Gleichung (B.41) entspricht Gleichung (3.39) im Text.

Anhang C

Kapitel 4

C.1 Der optimale Portfoliobestand

Die Nutzenfunktion für einen neutrale Investor ist gegeben durch

$$\begin{aligned} U_n &= x_{nA}\mu_C + (x_{nU} + x_{nR})\mu_P \\ &\quad - \frac{x_{nA}^2\sigma_C^2 + (x_{nU} + x_{nR})^2\sigma_P^2 + 2x_{nA}(x_{nU} + x_{nR})\sigma_{CP}}{2\tau} \\ &\quad - (x_{nA} - \omega_{nA})P_A - (x_{nU} - \omega_{nU})P_U - (x_{nR} - \omega_{nR})P_R \end{aligned} \tag{C.1}$$

Neutrale Investoren I_n wählen für ihr Portfolio x_{nA} und x_{nU} um ihren Nutzen U_n zu maximieren und setzten im Optimum $x_{nR} = 0$.

Die Optimalitätsbedingungen erster Ordnung sind gegeben durch:

$$\frac{\partial U_n}{\partial x_{nA}} = \mu_C - P_A - \frac{2x_{nA}\sigma_C^2 + 2(x_{nU} + x_{nR})\sigma_{CP}}{2\tau} = 0$$

und

$$\frac{\partial U_n}{\partial x_{nU}} = \mu_P - P_U - \frac{2(x_{nU} + x_{nR})\sigma_P^2 + 2x_{nA}\sigma_{CP}}{2\tau} = 0.$$

Da gilt, dass $x_{nR} = 0$ und durch Umformung erhält man:

$$x_{nA}\sigma_C^2 + x_{nU}\sigma_{CP} - \tau(\mu_C - P_A) = 0 \tag{C.2}$$

$$x_{nU}\sigma_P^2 + x_{nA}\sigma_{CP} - \tau(\mu_P - P_U) = 0 \tag{C.3}$$

Aus (C.2) bzw. (C.3) ergibt sich für x_{nA}

$$x_{nA} \overset{(C.2)}{=} \frac{\tau(\mu_C - P_A) - x_{nU}\sigma_{CP}}{\sigma_C^2} \tag{C.4}$$

$$\overset{(C.3)}{=} \frac{\tau(\mu_P - P_U) - x_{nU}\sigma_P}{\sigma_{CP}} \tag{C.5}$$

und einsetzten von (C.4) in (C.3) liefert

$$\begin{aligned} & x_{nU}\sigma_P^2 + \frac{\tau\sigma_{CP}(\mu_C - P_A) - x_{nU}\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2} - \tau(\mu_P - P_U) = 0 \\ \Leftrightarrow \quad & x_{nU}\left(\sigma_P^2 - \frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2}\right) = \frac{\tau}{\sigma_C^2}\left[(\mu_P - P_U)\sigma_C^2 - \sigma_{CP}(\mu_C - P_A)\right]. \end{aligned}$$

Mit $\phi := \sigma_P^2\sigma_C^2 - \sigma_{CP}^2$ erhalten wir

$$x_{nU}^* = \frac{\tau}{\phi}\left[(\mu_P - P_U)\sigma_C^2 - \sigma_{CP}(\mu_C - P_A)\right]. \tag{C.6}$$

Rückeinsetzen dieses Ergebnisses in (C.5) ergibt

$$x_{nA} = \frac{\tau}{\sigma_{CP}}(\mu_C - P_U) - \frac{\sigma_P^2}{\sigma_{CP}}\frac{\tau}{\phi}\left[(\mu_P - P_U)\sigma_C^2 - \sigma_{CP}(\mu_C - P_A)\right]$$

$$= (\mu_C - P_U)\left[\frac{\tau}{\sigma_{CP}} - \frac{\tau\sigma_P^2\sigma_C^2}{\sigma_{CP}\phi}\right] + \frac{\tau}{\phi}\sigma_P^2(\mu_C - P_A)$$

und daraus erhalten wir

$$x_{nA}^* = \frac{\tau}{\phi}\left[(\mu_C - P_A)\sigma_P^2 - \sigma_{CP}(\mu_P - P_U)\right]. \tag{C.7}$$

Analog lässt sich der optimale Portfoliobestand x_{gA}^* und x_{gR}^* eines grünen Investors I_g herleiten.

C.2 Die Anzahl der reformierten Firmen N_R

Durch Einsetzten der gleichgewichtigen Preise P_R und P_U in die Gleichung $P_R = P_U + K$ und Umformung nach N_R erhält man den Ausdruck (4.14):

$$\begin{aligned}
& P_R = P_U + K \\
\Leftrightarrow \quad & \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + N_U\frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2} + N_R\sigma_P^2 + N_R\frac{I_n}{I_g}\frac{\phi}{\sigma_C^2}\right] = \\
& \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + N_U\sigma_P^2 + N_U\frac{I_g}{I_n}\frac{\phi}{\sigma_C^2} + N_R\frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2}\right] + K
\end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow \quad N_R \cdot \underbrace{\left[\sigma_P^2 + \frac{I_n}{I_g}\frac{\phi}{\sigma_C^2} - \frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2}\right]}_{(*)} = N_U \cdot \underbrace{\left[\sigma_P^2 + \frac{I_g}{I_n}\frac{\phi}{\sigma_C^2} - \frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2}\right]}_{(**)} + KI\tau \tag{C.8}$$

$$\begin{aligned}
(*) &= \frac{I_g\sigma_P^2\sigma_C^2 + I_n(\sigma_P^2\sigma_C^2 - \sigma_{CP}^2) - I_g\sigma_{CP}^2}{I_g\sigma_C^2} \\
&= \frac{(I_g + I_n)\sigma_P^2\sigma_C^2 - (I_n + I_g)\sigma_{CP}^2}{I_g\sigma_C^2} = \frac{I\phi}{I_g\sigma_C^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(**) &= \frac{I_n\sigma_P^2\sigma_C^2 + I_g(\sigma_P^2\sigma_C^2 - \sigma_{CP}^2) - I_n\sigma_{CP}^2}{I_n\sigma_C^2} \\
&= \frac{(I_g + I_n)\sigma_P^2\sigma_C^2 - (I_n + I_g)\sigma_{CP}^2}{I_n\sigma_C^2} = \frac{I\phi}{I_n\sigma_C^2}
\end{aligned}$$

Durch Einsetzen von $(*)$ und $(**)$ in (C.8) und da gilt, dass $N_U = N - N_C - N_R$, folgt weiter

$$\begin{aligned}
& N_R \cdot \frac{I\phi}{I_g\sigma_C^2} = (N - N_C - N_R) \cdot \frac{I\phi}{I_n\sigma_C^2} + KI\tau \\
\Leftrightarrow \quad & N_R \cdot \left(\frac{I\phi}{I_g\sigma_C^2} + \frac{I\phi}{I_n\sigma_C^2}\right) = (N - N_C) \cdot \frac{I\phi}{I_n\sigma_C^2} + KI\tau \\
\Leftrightarrow \quad & N_R \cdot \left(\frac{I^2\phi}{I_gI_n\sigma_C^2}\right) = (N - N_C) \cdot \frac{I\phi}{I_n\sigma_C^2} + KI\tau \\
\Leftrightarrow \quad & N_R = (N - N_C) \cdot \frac{I_g}{I} + K\tau\frac{I_gI_n\sigma_C^2}{I\phi} \\
\Leftrightarrow \quad & N_R = \frac{I_g}{I}\left(N - N_c + KI_n\tau\frac{\sigma_C^2}{\phi}\right)
\end{aligned} \tag{C.9}$$

Da gilt, dass $N_R \geq 0$, erhlaten wir Ausdruck (4.14) im Text.

C.3 Aktienpreis für reformierte Firmen P_R

Der gleichgewichtige Aktienpreis für reformierte Firmen ist gegeben durch

$$P_R = \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + N_U\frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2} + N_R\sigma_P^2 + N_R\frac{I_n}{I_g}\frac{\phi}{\sigma_C^2}\right]. \tag{C.10}$$

Verwendung von $N_U = N - N_C - N_R$ und umformen liefert

$$P_R = \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + (N-N_C)\frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2} + N_R\underbrace{\left(\sigma_P^2 + \frac{I_n}{I_g}\frac{\phi}{\sigma_C^2} - \frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2}\right)}_{\overset{(*)}{=}\frac{I\phi}{I_g\sigma_C^2}}\right].$$

Einsetzen des Ausdrucks von N_R in Gleichung (4.14) im Text (bzw. (C.9) im Appendix) ergibt weiters

$$P_R = \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + (N-N_C)\frac{\sigma_{CP}^2}{\sigma_C^2} + \frac{I_g}{I}\left(N - N_c + KI_n\tau\frac{\sigma_C^2}{\phi}\right)\cdot\frac{I\phi}{I_g\sigma_C^2}\right].$$

Durch Zusammenfassen und weiteres Umformen erhält man schließlich

$$P_R = \mu_P - \frac{1}{I\tau}\left[N_C\sigma_{CP} + (N-N_C)\sigma_P^2 - KI_n\tau\right], \tag{C.11}$$

was Ausdruck (4.16) im Text entspricht.

Literaturverzeichnis

[1] J. Andreoni. Giving with impure altruism: Applications to charity and ricardian equivalence. *The Journal of Political Economy*, 97(6):1447, 1989.

[2] J. Andreoni. Impure altruism and donations to public goods: A theory of warm-glow giving. *The Economic Journal*, 100(401):464–477, 1990.

[3] M. Bagnoli and S. G. Watts. Selling to socially responsible consumers: competition and the private provision of public goods. *Journal of Economics & Management Strategy*, 12(3):419–445, 2003.

[4] R. J. Barro. Are government bonds net wealth? *University of Chicago Press*, 1974.

[5] R. Bauer, K. Koedijk, and R. Otten. International evidence on ethical mutual fund performance and investment style. *Journal of Banking & Finance*, 29 (7):1751–1767, 2005.

[6] W. J. Baumol and S. A. B. Blackman. *Perfect markets and easy virtue: Business ethics and the invisible hand*. Blackwell Cambridge, MA, 1991.

[7] G. Becker. A theory of social interactions, 1974.

[8] L. Dam. *Corporate social responsibility and Financial Markets*. PhD thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 2008.

[9] L. Dam. Socially responsible investment in an environmental overlapping generations model. *Resource and Energy Economics*, 33(4):1015–1027, 2011.

[10] L. Dam and B. J. Heijdra. The environmental and macroeconomic effects of socially responsible investment. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 35(9):1424–1434, 2011.

[11] J. Derwall, N. Guenster, R. Bauer, and K. Koedijk. The eco-efficiency premium puzzle. *Financial Analysts Journal*, pages 51–63, 2005.

[12] C. Fombrun and M. Shanley. What's in a name? reputation building and corporate strategy. *Academy of management Journal*, 33(2):233–258, 1990.

[13] M. Fridman. The social responsibility of business is to increase its profits. *The New York Time Magazine*, 13 September 1970.

[14] C. C. Geczy, R. F. Stambaugh, and D. Levin. Investing in socially responsible mutual funds. *Working Paper, Wharton School*, 2006.

[15] R. Heinkel, A. Kraus, and J. Zechner. The effect of green investment on corporate behavior. *Journal of financial and quantitative analysis*, 36(04):431–449, 2001.

[16] A. John and R. Pecchenino. An overlapping generations model of growth and the environment. *The Economic Journal*, pages 1393–1410, 1994.

[17] L. Kruschwitz and A. Löffler. Ein neuer zugang zum konzept des discounted cashflow. *Journal für Betriebswirtschaft*, 55(1):21–36, 2005.

[18] A. McWilliams and D. Siegel. Corporate social responsibility: A theory of the firm perspective. *Academy of management review*, 26(1):117–127, 2001.

[19] L. Renneboog, J. Ter Horst, and C. Zhang. Socially responsible investments: Institutional aspects, performance, and investor behavior. *Journal of Banking & Finance*, 32(9):1723–1742, 2008.

[20] L. Renneboog, J. Ter Horst, and C. Zhang. The price of ethics and stakeholder governance: The performance of socially responsible mutual funds. *Journal of Corporate Finance*, 14(3):302–322, 2008.

[21] A. Shleifer. Does competition destroy ethical behavior? Technical report, National Bureau of Economic Research, 2004.

[22] S. J. Turnovsky. The effects of taxes and dividend policy on capital accumulation and macroeconomic behavior. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 14(3): 491–521, 1990.

[23] J. Zietz. Log-linearizing around the steady state: A guide with examples. *Available at SSRN 951753*, 2006.