

Reto Schleiniger

Klimapolitik, Zinssätze und Eigentumsrechte

Public Sector

School of Management and Law

**ZHAW Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften**

Klimapolitik, Zinssätze und Eigentumsrechte
Reto Schleiniger

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Public Sector
ISBN-13:

Alle Rechte vorbehalten
© Zürcher Hochschule für Angewandte 2010
Wissenschaften, Winterthur

Abstract

The Stern Review about the Economics of Climate Change once again launched a debate about the correct discount rate, particularly in the very long run. The present article proposes to strictly unravel the two aspects of efficiency and justice that are often mingled in the discount rate debate. Following Coase, it is suggested to first distribute the property rights of a natural climate between the generations. In a second step, compensating schemes to achieve efficiency are analysed. With such an approach, the discount rate boils down to the rate of the marginal product of capital and does not need to include normative claims.

1 Einleitung

Im Jahre 2005 gab die britische Regierung dem ehemaligen Chefökonom der Weltbank und jetzigem wirtschaftlichem Berater der Regierung Sir Nicolas Stern den Auftrag, die wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels zu untersuchen. Der knapp 700-seitige Bericht dazu ist 2007 in einem Buch mit dem Titel *The Economics of Climate Change, The Stern Review* erschienen.

Der Bericht bezeichnet den Klimawandel als „... *the greatest market failure the world has ever seen*“ (Stern, 2007, S. XVIII) und kommt zur zentralen Schlussfolgerung, dass die Nutzen einer baldigen und starken Reduktion der globalen Treibhausgasemissionen deutlich grösser sind als deren Kosten. Eine Klimapolitik, welche zu einer substantiellen Verminderung der globalen Emissionen in naher Zukunft führt, wird also im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse als ökonomisch sinnvoll empfohlen.

Ein Vergleich von Kosten und Nutzen der Klimapolitik wird dadurch erschwert, dass diese nicht gleichzeitig anfallen. Typischerweise ergeben sich die Kosten gegenwärtig oder in naher Zukunft, während der Nutzen teilweise erst in ferner Zukunft auftritt. Der

Grund dafür liegt in der langen Verweildauer von CO₂-Emissionen in der Atmosphäre, die mehrere Jahrhunderte betragen kann. Entsprechend hat das gegenwärtige Emissionsverhalten einen Einfluss auf das Klima und dessen Auswirkungen in der weit entfernten Zukunft.

Unter Ökonomen herrscht zwar Einigkeit darüber, dass zeitlich auseinander fallende Kosten und Nutzen über Diskontierung und damit über eine kleinere Gewichtung zukünftiger Auswirkungen vergleichbar gemacht werden sollen. Über die Höhe der Diskontrate gerade in der sehr langen Frist gehen die Meinungen aber stark auseinander. Der Stern Bericht hat die wissenschaftliche Debatte darüber einmal mehr angeregt, da seine Schlussfolgerungen entscheidend von der Höhe der gewählten Diskontrate abhängig sind.

Die Bedeutung der Diskontrate bei der Beurteilung von klimapolitischen Massnahmen ergibt sich durch die Potenzierung des Diskonteffekts über die Jahre hinweg und lässt sich illustrativ einfach zeigen. So führt die Diskontierung einer hundert Jahre in der Zukunft anfallenden Auswirkung mit einer jährlichen Rate von einem Prozent zu einem gegenwärtigen Wert von rund 37 Prozent des ursprünglichen Betrages, während bei einer Diskontrate von sieben Prozent gerade noch ein Promille des ursprünglichen Wertes resultiert. Jährliche Diskontraten, die sich um den Faktor sieben unterscheiden, führen also über hundert Jahre hinweg zu einer über dreihundertfachen Bewertungsdifferenz.

Im vorliegenden Artikel wird zum einen ein Überblick zur wissenschaftlichen Diskussion über die Diskontierung in der langen Frist gegeben. Zum anderen wird ein Vorschlag präsentiert, wie über die Festlegung der Eigentumsrechte zwischen den Generationen die Effizienz- und Gerechtigkeitsfrage voneinander getrennt werden können. Als Folge davon kann die Frage nach der richtigen Diskontrate auf die Produktivität langfristiger staatlicher Investitionen eingegrenzt werden.

Im nächsten Abschnitt wird konkret auf die Resultate des Stern Berichts und die Kritik dazu eingegangen. Abschnitt 3 erklärt den theoretischen Rahmen der Diskontsatzdebatte und zeigt, welche unterschiedlichen Positionen dabei eingenommen werden können. Abschnitt 4 erläutert an einem Beispiel, wie sich durch die Festlegung von Eigentumsrechten und einem hypothetischen Handel über Generationen hinweg Effizienz- und Gerechtigkeitsfragen trennen lassen. Abschnitt 5 präsentiert Empirie und Theorie zur Ertragsrate langfristiger Investitionen und in Abschnitt 6 werden Schlussfolgerungen aufgezeigt.

2 Die Kontroverse um den Stern Bericht

Der Stern Bericht ist weniger das Resultat eigenständiger Primärforschung, sondern viel mehr der Versuch, die bestehenden Forschungsergebnisse zu sichten und zu einer ökonomisch gehaltvollen Gesamtsicht zu verarbeiten. Auch stellt der Bericht keine eigentliche Kosten-Nutzen-Analyse mit entsprechend strukturierten Abschnitten dar. Dennoch basiert die Hauptaussage oder zumindest eine der Hauptaussagen des Berichts, dass eben die Nutzen einer sofortigen Klimapolitik deren Kosten deutlich übersteigen, auf einer solchen Analyse. Eine Kritik am Bericht zielt dann auch auf dessen wenig transparente Struktur. So findet etwa Weitzman wenig schmeichelhafte Worte, indem er über die auf dem so genannten PAGE¹ Modell basierenden Ergebnisse des Berichts schreibt: *“...but the exact connection between PAGE and Stern’s conclusion is elusive, frustrating and ultimately unsatisfactory for a professional economist who honestly wants to understand where the strong policy recommendations are coming from.”* (Weitzman 2007, S. 705). Dieser Kritik wird in mehreren Repliken der Autoren des Stern Berichts entgegengehalten, dass die

¹ PAGE steht für *policy analysis for greenhouse effect* und ist ein integriertes Modell zur Beurteilung von Klimapolitik.

Kosten-Nutzen-Analyse nur ein Teilaspekt der gesamten Untersuchung gewesen sei, dem zudem gerade im Vergleich zu den zentralen Themen Risiko und Ethik eine zu grosse Aufmerksamkeit zugekommen sei (Dietz et al. 2007 a und 2007b).

Nichtsdestotrotz wird auch im vorliegenden Artikel weiter auf die Resultate der Kosten-Nutzen-Analyse eingegangen, weil sie die Basis einer zentralen politischen Schlussfolgerung des Berichts darstellen.

In allen Varianten des business-as-usual Szenarios des Stern Berichts steigen die bezifferten Schäden als Folge des Klimawandels zwischen 2050 und 2200 deutlich an. Unter Berücksichtigung von nicht-marktlichen Auswirkungen erreichen sie im so genannten high-climate Fall im Jahre 2200 eine Höhe von 13.8 Prozent der globalen Wertschöpfung in diesem Jahr. Die Varianz des Ergebnisses ist dabei mit einem 95-Prozent Vertrauensintervall von rund 5 bis 35 Prozent wenig überraschend beträchtlich (Stern, 2007, S. 178).

Auf der anderen Seite weist Stern Kosten zur Reduktion der Treibhaus-gasemissionen auf 75 Prozent der heutigen Mengen bis 2050 in der Höhe von jährlich rund einem Prozent der laufenden globalen Produktion aus. Es wird geschätzt, dass diese Reduktion eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre von 550 ppm² ermöglicht und dass dadurch die globale Temperatur im Vergleich zum vorindustriellen Niveau nicht über zwei bis drei Grad ansteigt. Eine solche Begrenzung des Temperaturanstiegs wird gefordert, um einen Grossteil der erwähnten Klimaschäden zu vermeiden.

Um nun die weiter in der Zukunft anfallende Nutzen mit den Kosten der Klimapolitik vergleichen zu können, werden im Stern Bericht die zukünftigen Auswirkungen mit einem jährlichen Diskontsatz von 1.4 Prozent abdiskontiert. Als Resultat ergibt sich,

² ppm steht für parts per million. Seit der vorindustriellen Zeit hat die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre von 280ppm auf heute 430ppm zugenommen.

dass eine sofortige Reduktion der Treibhausgasemissionen jährlich rund ein Prozent der globalen Produktion kostet, gleichzeitig aber abdiskontierte Schäden von jährlich rund 5 Prozent vermeidet, was zur erwähnten Schlussfolgerung führt, dass „...*the benefits of strong and early action far outweigh the economic cost of not acting.*“ (Stern, 2007, S. XV)

Die Plausibilität der Schlussfolgerung lässt sich im Übrigen auch ohne grosse Berechnung nachprüfen, indem man berücksichtigt, dass im Stern Bericht mit einem jährlichen Produktionswachstum von 1.3 Prozent gerechnet wird. Da die Schäden des Klimawandels in Prozent der jeweiligen globalen Produktion angegeben werden, ergibt sich bei einer Diskontrate von 1.4 Prozent schon dann ein positiver Kosten-Nutzen-Saldo, wenn der Prozentwert des zukünftigen Nutzens der Klimapolitik auch nur wenig über dem Prozentwert der gegenwärtigen Kosten liegt. Zur Erklärung sei die Diskontrate gleich der Wachstumsrate gesetzt. In diesem Fall wird ein break-even genau dann erreicht, wenn die heutigen Kosten, in Prozent der heutigen Produktion, gleich dem zukünftigen Nutzen, in Prozent der zukünftigen Produktion, entsprechen. Die Zunahme des Nutzens mit der Wachstumsrate wird dann durch die Diskontierung mit der gleich hohen Diskontrate gerade ausgeglichen.

Die Wahl der im Stern Bericht verwendeten Diskontrate von 1.4 Prozent wird im nächsten Abschnitt erläutert. Zuerst soll kurz auf die Kritik an der gewählten Rate eingegangen werden. An prominenter Stelle ist dabei William Nordhaus zu erwähnen, der sich wundert, warum der Stern Bericht zu so dramatisch anderen Schlussfolgerungen kommt, obwohl er die gleichen oder zumindest ähnliche Daten und Modelle verwendet wie Nordhaus selber. Der Grund dafür ist offensichtlich in der viel tieferen Diskontrate zu finden, welche zu einer deutlich stärkeren Gewichtung zukünftiger Auswirkungen führt. Nordhaus verwendet dagegen in seiner Analyse des Stern Berichts eine jährliche Diskontrate von 5.5 Prozent und kommt damit zum

Schluss, dass in der kurzen Frist nur eine bescheidene Reduktion der Treibhausgasemissionen angestrebt werden soll und erst mittel- und langfristig stärkere Emissionsminderungen erfolgen sollen. Er spricht in diesem Zusammenhang von einer Klimapolitikrampe, die auf tiefem Niveau beginnt und erst allmählich zu verschärften Regulierungen führt (Nordhaus, 2007).

Auch Dasgupta hinterfragt in einem Kommentar zum Stern Bericht die Wahl der Diskontrate (Dasgupta, 2006³). Er stört sich speziell an der darin enthaltenen geringen Ungleichheitsaversion zwischen den Generationen, die im nächsten Abschnitt noch genauer erörtert wird. Dadurch würden Einkommensänderungen zukünftiger Generationen auch dann relativ stark gewichtet, wenn diese viel reicher sind als die heutige Generation. Weiter vermisst Dasgupta im Stern Bericht eine Sensitivitätsanalyse in Bezug auf die Diskontrate, da über deren Höhe einerseits so kontrovers debattiert wird und andererseits ihr Einfluss auf die Ergebnisse so bedeutend ist.

Der starke Einfluss, welcher die Diskontrate auf die angemessene Klimapolitik ausübt, zeigt, dass die Diskussion über deren Höhe nicht nur graue Theorie, sondern von grosser praktischer Relevanz ist. Neu ist diese Diskussion nicht, und ihre Ergebnisse wurden 1982 bereits einmal in einem von Robert Lind herausgegebenen Band zusammengefasst. Die darin enthaltenen Empfehlungen waren v. a. methodischer Natur und galten zumindest für die nächsten fünfzehn Jahre als allgemein anerkannt. So schreiben Portney und Weyant in einem Übersichtsartikel zur Diskontierung, dass auf die Frage, welche Diskontraten zur Bestimmung des Gegenwartswertes zukünftiger Nutzen und Kosten verwendet werden soll, damals die kurze Standardantwort *see Lind* genügte (Portney und Weyant, 1999, S. 3).

³ Der Stern Bericht ist in Buchform 2007 erschienen. Die elektronische Version des Berichts war aber schon 2006 verfügbar.

Der einstige methodische Konsens löste sich allerdings Mitte der 90-er Jahre im Zusammenhang mit der Frage wieder auf, wie besonders langfristige Auswirkungen, die über 40 Jahre in die Zukunft hinaus reichen, behandelt werden sollen. Gerade in der Umweltpolitik spielen solche Fragen zunehmend eine wichtige Rolle. So hat neben dem Klimawandel auch die Lagerung von radioaktivem Abfall oder die Veränderung der Artenvielfalt offensichtlich nicht nur Auswirkungen auf heute lebende Personen, sondern auch auf Generationen in der fernen Zukunft.

Damit kommen aber zwingend Gerechtigkeitsaspekte mit ins Spiel, welche die Wahl der richtigen Diskontrate nicht vereinfachen. Bevor im übernächsten Abschnitt eine isolierte Behandlung der ethischen Frage vorgeschlagen wird, soll jedoch zunächst auf den theoretischen Rahmen der Diskontierung eingegangen werden.

3 Der theoretische Rahmen zur Diskontrate

Wenn man etwas über Zinssätze und Diskonraten erfahren will, so muss man sich dem Kreditmarkt zuwenden. Auf diesem Markt bieten auf der einen Seite Haushalte Kredite an und lassen sich dafür kompensieren, dass sie einen Konsumverzicht leisten bzw. den Konsum erst in der Zukunft bei Rückzahlung des Kredits tätigen können. Weil Haushalte für eine Verschiebung des Konsums in die Zukunft kompensiert werden müssen, ist ihnen der zukünftige Konsum offensichtlich weniger wert als der heutige. Die Rate, mit welcher sie den zukünftigen Konsum geringer schätzen, ist die Diskontrate oder genauer die Konsumdiskontrate.

Auf der anderen Seite des Marktes fragen Unternehmen Kredite für Investitionen nach. Sie sind bereit, dafür etwas zu bezahlen, weil oder falls die Investitionen so produktiv sind, dass sie zukünftig mehr Wert schaffen als sie heute kosten. Dieser Mehrwert wird als Grenzertragsrate des Kapitals bezeichnet.

Der Zinssatz ist nun als Preis für Kredite zu verstehen. Auf einem freien Kreditmarkt wird er sich so lange ändern bis die Konsumdiskontrate gleich der Grenzertragsrate des Kapitals entspricht und es gilt dann im Gleichgewicht:

$$\text{Grenzertragsrate Kapital} = \text{Zinssatz} = \text{Konsumdiskontrate} . \quad (1)$$

Alternativ kann die linke Seite der Gleichung auch als Rate verstanden werden, mit welcher Unternehmen die Produktion gegenwärtiger und zukünftiger Konsumgüter austauschen können (Grenzrate der Transformation), und die rechte Seite als Rate, mit welcher Haushalte den Konsum solcher Güter austauschen wollen (Grenzrate der Substitution).

Die obige Gleichung lässt sich nun im Rahmen eines optimalen Wachstumsmodells, das seit Ramsey 1928 als theoretische Grundlage der Diskussion herangezogen wird, weiter aufschlüsseln. So ergibt sich als Optimumbedingung der dynamischen Nutzenmaximierung für die Diskontrate, die in diesem Zusammenhang als soziale Diskontrate bezeichnet werden soll, um die dahinter stehende zentrale Optimierung hervorzuheben:

$$\text{soziale Diskontrate} = \rho + \Theta g . \quad (2)$$

Wobei mit ρ die so genannte Nutzendiskontrate oder auch reine Zeitpräferenzrate bezeichnet wird. Der Parameter Θ steht für die Elastizität des Grenznutzens in Bezug auf den Konsum⁴, und g ist die Wachstumsrate des Konsums. In dieser Darstellung kommt zum Ausdruck, dass zukünftige Ereignisse aus zwei Gründen abdiskontiert werden. Einmal, weil die Zukunft an sich als weniger wichtig bewertet wird als die Gegenwart. Dadurch kommt es zur reinen Nutzen-Diskontierung. Zusätzlich

⁴ In mathematischer Formulierung: $\Theta = -\frac{\partial U'/U'}{\partial C/C} = -\frac{\partial U'/\partial C}{U'/C} = -C \frac{U''}{U'}$

berücksichtigt der zweite Term auf der rechten Seite von (2) den Einfluss des Konsumniveaus auf den Grenznutzen. Eine positive Elastizität des Grenznutzens ist gleichbedeutend mit abnehmendem Grenznutzen. Wenn nun das zukünftige Konsumniveau aufgrund von Wachstum höher ist als das heutige, kommt es alleine wegen des abnehmenden Grenznutzens zu einer kleineren Gewichtung zukünftiger Ereignisse. Dieser Effekt ist umso stärker, je grösser das Wachstum und je grösser die Elastizität ist.

Über die Höhe von ρ und Θ lässt sich nun streiten. Das hat auch damit zu tun, dass nicht eindeutig festgelegt ist, welcher oder wessen Nutzen im Rahmen der dynamischen Optimierung überhaupt maximiert wird. Dazu gibt es zumindest drei verschiedene Auffassungen, die alle aus verschiedenen Gründen nicht unproblematisch sind.

In einem ersten utilitaristischen Ansatz, der auch von Ramsey vertreten wurde, wird eine Maximierung der Nutzen über verschiedene Individuen und Generationen hinweg vorgenommen. Gemäss Ramsey gibt es aus dieser Sicht keinen Grund für eine reine Zeitpräferenz. Ramsey begründet dies moralisch mit den viel zitierten Worten, eine Nutzen- oder reine Zeitdiskontierung sei „... *ethically indefensible and arises merely from the weakness of the imagination*“ (Ramsey, 1928, S. 543). Dennoch ist zu beachten, dass eine Diskontierung zukünftiger Ereignisse aufgrund des unterstellten abnehmenden Grenznutzens auch bei Ramsey durchaus möglich bleibt. Nur geschieht dies nicht, weil der Nutzen zukünftiger Individuen an sich geringer bewertet wird, sondern weil diese reicher sind und ihnen deswegen ein Euro mehr oder weniger nicht so viel bedeutet wie den heute lebenden Personen.

Das grundsätzliche und letztlich unlösbare Problem beim utilitaristischen Ansatz ist der interpersonelle Nutzenvergleich. Da Nutzen ein ordinales, aber kein kardinales Konzept darstellt, ist eine Aufsummierung über die Individuen eigentlich nicht möglich.

Der utilitaristische Ansatz behilft sich in der Regel mit der Annahme, dass alle Individuen die gleichen Nutzenfunktionen haben. Empirisch überprüfen lässt sich eine solche Annahme aber nicht.

In einer moderneren Form des Utilitarismus wird Θ nicht mehr als individuelle Elastizität des Grenznutzens wie in (2) dargestellt, sondern als Mass der Ungleichheitsaversion zwischen verschiedenen Individuen bzw. Generationen verstanden. In dieser Betrachtungsweise kommt den beiden Grössen ρ und Θ ein normativer Gehalt zu. Damit lässt sich nun auch zeigen, wie im Stern Bericht die Diskontrate von 1.4 Prozent zustande kommt. Sie setzt sich zusammen aus einer reinen Nutzendiskontrate von 0.1 Prozent, die damit begründet wird, dass eine bestimmte wenn auch kleine Wahrscheinlichkeit besteht, dass die Menschheit unabhängig vom Klimawandel in Zukunft gar nicht mehr besteht, dass sie also ausstirbt. Die restlichen 1.3 Prozent ergeben sich durch eine exogen angenommene Wachstumsrate von 1.3 Prozent und einer Elastizität Θ von eins. Dasgupta (2006) kritisiert wie bereits erwähnt eben diesen verwendeten Wert der Elastizität und die fehlenden Sensitivitätsanalysen. So würde eine Elastizität von zwei die Diskontrate bereits auf 2.7 Prozent erhöhen.

Aus Gleichung (2) lässt sich auch erkennen, dass bei einer gegebenen Wachstumsrate eine Dualität zwischen den beiden Parametern ρ und Θ besteht. Das bedeutet, dass eine bestimmte soziale Diskontrate aus einer unendlichen Anzahl von Kombinationen der beiden Parameter hervorgeht. Durch diese Beliebigkeit wird es allerdings schwierig, den beiden Grössen eine eigenständige ethische Bedeutung zuzumessen.

Eine dritte Möglichkeit, Gleichung (2) zu interpretieren, ergibt sich durch die Annahme eines unendlich lang lebenden repräsentativen Individuums. Eine gewisse

Realitätsnähe gewinnt dieses Modell durch die Überlegung, dass wir in unseren Kindern überleben, für welche wir durchaus Mitgefühl aufbringen. Eine Berücksichtigung zukünftiger Auswirkungen entspricht dann der Sorge um unsere Kinder und Kindeskinde. Trotzdem findet auch diese Betrachtung nicht uneingeschränkte Zustimmung. So bemerkt etwa Schelling nicht ohne Sarkasmus dazu: *“It is this willingness to model all humankind as a single agent that makes optimization models attractive, feasible, and inappropriate.”*(Schelling, 1995, S. 396)

Es stellt sich nun die Frage, inwiefern die Bedingung für ein dynamisches Optimum in der dezentralen Kreditmarktlösung abgebildet ist, so dass gilt:

$$\text{Grenzertragsrate Kapital} = \text{Zinssatz} = \text{Konsumdiskontrate} = \text{soziale Diskontrate} . \quad (3)$$

Bei Gültigkeit von (3) würden sich die meisten Fragen im Zusammenhang mit der Diskontierung wie von selbst beantworten, da es dann keine Rolle mehr spielt, von welcher Seite man das Problem angeht und der zu beobachtende Zinssatz die Antwort aller Fragen ist. So einfach kann die Lösung allerdings schon deswegen nicht sein, weil wie gesehen die dynamische Optimumbedingung von Ramsey unterschiedlich interpretiert werden kann und diese Interpretationen zu entsprechend unterschiedlichen Diskontraten führen können.

Ein Gleichheit zwischen der sozialen Diskontrate und der auf dem Kreditmarkt geäußerten Konsumdiskontrate ergibt sich nur dann, wenn die beiden Größen ρ und Θ als Präferenzparameter der Kreditanbieter verstanden werden. Dies ist aber bei den ersten beiden geschilderten Ansätzen zur Interpretation der Ramsey-Bedingungen nicht der Fall, und auch beim Ansatz des unendlich lang lebenden Individuums ist zumindest fraglich, ob dabei die Entscheidungen der aktuellen Marktteilnehmer abgebildet werden. Eine allgemeine Übereinstimmung zwischen sozialer Diskontrate und Konsumdiskontrate gibt es daher nicht. Der Hauptgrund dafür

liegt darin, dass in die dynamischen Optimumbedingungen normative Vorstellungen über intergenerative Gerechtigkeit in der sehr langen Frist einfließen, die im Verhalten der Marktteilnehmer vorsichtig gesagt nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Weiter lässt sich fragen, unter welchen Bedingungen die Konsumdiskontrate und die Grenzertragsrate des Kapitals in (3) übereinstimmen. In diesem Zusammenhang werden zumeist Steuern auf Kapitaleinkommen erwähnt, die dazu führen, dass der Bruttozinssatz und damit die Grenzertragsrate des Kapitals grösser sind als der Nettozinssatz bzw. die Konsumdiskontrate. Eine andere Marktverzerrung in Form von negativen Externalitäten von Investitionen wird von Dasgupta thematisiert. In diesem Fall liegt der soziale Grenzertrag des Kapitals unter dem privaten Grenzertrag. Bei Investitionen in energieintensive Aktivitäten geht Dasgupta sogar von einer negativen sozialen Grenzertragsrate aus (Dasgupta 2008). Entsprechend gross ist dann die Marktverzerrung.

Es gibt also mehrere triftige Gründe, warum Gleichung 3 keine oder nur eine sehr beschränkte Gültigkeit hat. Damit kann aber zur Bestimmung der Diskontrate nicht mehr einfach der Zinssatz gewählt werden.

Anhand der Gleichung 3 lassen sich auch die verschiedenen Standpunkte in der aktuellen Debatte über die Diskontierung in der langen Frist lokalisieren. Arrow et al. (1996) haben die beiden gegenüberliegenden Positionen in einem berühmten Übersichtsartikel zuhanden des *Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC* als präskriptiv bzw. deskriptiv bezeichnet. Der präskriptive Ansatz, der auch vom Stern Bericht verfolgt wird, geht von der rechten Seite von (3) aus und konzentriert sich auf normative Aspekte der intergenerativen Gerechtigkeit. In den meisten Anwendungen dieses Ansatzes wird eine sehr kleine Nutzendiskontrate nahe bei oder von Null verwendet. Bei den Wachstumsraten und der Elastizität kommen dagegen

unterschiedliche Werte zur Anwendung, was wegen der multiplikativen Verknüpfung der beiden Größen zu deutlichen Unterschieden der resultierenden Diskontrate führen kann.

Der deskriptive Ansatz geht dagegen von der linken Seite von (3) aus und versucht aus den Marktdaten die Grenzertragsrate des Kapitals abzuleiten. Wenig überraschend hat aber auch dieses Vorgehen unterschiedliche Werte zur Diskontierung hervorgebracht. Dennoch lässt sich sagen, dass der deskriptive Ansatz in der Regel tiefere Werte generiert als der präskriptive. Bezogen auf die Klimapolitik ergibt sich dann, dass mit einer deskriptiven Diskontierung wie sie etwa Nordhaus anwendet weniger Klimaschutz resultiert als bei der präskriptiven Diskontierung von Stern.

Ein gewichtiges Argument zugunsten des deskriptiven Ansatzes wird darin gesehen, dass er die Opportunitätskosten eines staatlichen Projektes wie es Klimapolitik darstellt berücksichtigt. Wenn also ein solches Projekt einen internen Zinssatz aufweist, der unter der Marktverzinsung liegt, dann bedeutet dies, dass alternative Investitionen rentabler wären oder mit anderen Worten die Opportunitätskosten des Projektes höher als deren Ertrag sind. Als Gegenargument dazu wird vorgebracht, dass in der politischen Praxis als Alternative oft nicht eine andere Investition zur Diskussion steht, sondern es nur um die Frage geht, ob eine bestimmte Investition getätigt wird oder nicht. Implizit wird also dabei angenommen, dass die Alternative zur Investition gegenwärtiger Konsum darstellt. Dieser kann dann über eine präskriptive Diskontierung mit zukünftigem Konsum verglichen werden. Wie stichhaltig eine solche Argumentation mit der Theorie des Zweitbesten ist, lässt wohl nur von Fall zu Fall klären⁵.

⁵ Zu einer umfassenden Analyse der Diskontierung in zweitbesten Situationen, vgl. Stiglitz (2003).

Wie dem auch sei, die Debatte zwischen dem deskriptiven und präskriptiven Ansatz wird voraussichtlich noch lange andauern, und eine Annäherung der beiden Positionen ist v. a. deswegen kaum zu erwarten, weil sich hier positive und normative Sichtweisen gegenüberstehen. Statt die beiden Positionen in einer einzig richtigen Diskontrate zu verschmelzen, kann man aber auch versuchen, sie voneinander zu trennen. Wie das am Beispiel der Klimapolitik gemacht werden kann, soll der nächste Abschnitt zeigen.

4 Eigentumsrechte und hypothetischer Handel

Die eingangs des vorliegenden Artikels erwähnte Aussage von Stern, dass der Klimawandel das grösste bisherige Marktversagen darstellt, bedeutet auch, dass ein enormes Effizienz- oder Allokationsproblem vorliegt. Treibhausgasemissionen haben negative Auswirkungen auf Dritte, welche keinen Einfluss auf die Emissionsmengen ausüben können. Das ist der klassische Fall einer negativen Externalität, welche dazu führt, dass zu viel emittiert wird.

Beim Klimawandel liegt aber auch ein Verteilungsproblem zwischen den Generationen vor, welches in der Diskussion um die Nachhaltigkeit anschaulich zum Ausdruck kommt. Dabei geht es ja um die Frage, welche oder wie viel Umweltressourcen die heute lebenden Generationen zukünftigen Generationen überlassen sollen⁶.

Mit einer Kosten-Nutzen-Analyse wird nun untersucht, ob die Kosten eines Projektes grösser oder kleiner als deren Nutzen sind. Wer die Kosten zu tragen hat und wer vom Nutzen profitiert, wird dabei nicht speziell betrachtet. Es handelt sich dabei also um eine eigentliche Effizienzanalyse, der genau genommen das so genannte Kompensationskriterium zugrunde liegt. Ein Projekt wird als positiv beurteilt, falls die

⁶ Schelling spitzt diese Frage in Bezug auf den Klimawandel noch zu, indem er ein Verteilungsproblem zwischen den heutigen Industrieländern und den Entwicklungsländern in der Zukunft postuliert. Dies weil Klimapolitik von den heutigen Industrieländern bezahlt werden muss, während davon in erster Linie die Entwicklungsländer in der Zukunft profitierten (Schelling, 1995, S. 399).

Gewinner des Projekts die Verlierer kompensieren könnten, oder mit anderen Worten, falls die Gewinner mehr gewinnen als die Verlierer verlieren. Da es dabei nicht tatsächlich zur Kompensation kommen muss, wird das Kompensationskriterium auch als potentiell Pareto-Kriterium bezeichnet. Wenn nun im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse zukünftige Auswirkungen abdiskontiert werden, so scheint es folgerichtig, dass man sich dabei auf das Effizienzkriterium beschränkt und einen deskriptiven Ansatz wählt.

Effizienz, v. a. in Form des potentiellen Pareto-Kriteriums, ist aber höchstens eine notwendige, nicht eine hinreichende Bedingung zur Rechtfertigung eines Projekts. Gerade wenn die Verteilung zwischen verschiedenen Generationen betroffen ist, werden zumindest in der politischen Diskussion Gerechtigkeitsfragen weit häufiger thematisiert als Effizienz. Daher ist es verlockend, bei der Diskontierung diese Aspekte einfließen zu lassen und einen präskriptiven Ansatz zu wählen. Damit entsteht allerdings die Gefahr, dass die Kosten-Nutzen-Analyse überladen wird, indem sie zu einem Instrument im Dienste der Effizienz und der Gerechtigkeit gemacht wird.

Wenn bei der Klimapolitik sowohl Allokations- wie auch Verteilungsfragen von Bedeutung sind, wenn also dabei sowohl Effizienz- wie auch Gerechtigkeitsziele verfolgt werden, dann verlangt die wirtschaftspolitische Regel von Tinbergen, dass man die beiden Bereiche getrennt angehen soll. Wie dies beim Vorliegen von Externalitäten erfolgen kann, weiss man spätestens seit dem bahnbrechenden Artikel von Coase im Jahre 1960. Dabei wird die Verteilungsfrage über die Zuteilung der Eigentumsrechte beantwortet, während das Effizienzziel über den Handel mit diesen Rechten erreicht werden kann.

Bezogen auf Klimapolitik bedeutet dies, dass zuerst eine Entscheidung darüber getroffen wird, wem die Rechte an einem naturbelassenen Klima gehören, den heutigen oder den zukünftigen Generationen. Das ist die ethische Frage, deren

Beantwortung an dieser Stelle nicht weiter thematisiert werden soll und kann. Davon zu trennen ist die Diskussion, wie bei gegebener Verteilung der Eigentumsrechte ein Handel über die Generationen hinweg aussehen würde. Das Problem dabei ist, dass über so viele Generationen hinweg keine oder nur sehr unvollständige Märkte bestehen. Daher ergibt sich die Frage, ob über den politischen Prozess ein solcher Handel nachgebildet werden kann, so dass durch eine Kompensation über Generationen hinweg das Effizienzziel erreicht werden kann. Der Vorteil einer solchen Betrachtungsweise liegt darin, dass beim zu wählenden Diskontsatz zur Kompensation nur noch Effizienzaspekte berücksichtigt werden müssen. Das heisst nicht, dass Verteilungsfragen keine Rolle spielen sollen, aber diese werden eben durch die vorgängige Festlegung der Eigentumsrechte miteinbezogen.

Bevor nachstehend ein ausführliches Zahlenbeispiel dieses zweistufige Vorgehen illustrieren soll, wird zuerst noch die Frage erörtert, wie Kompensationen über Generationen hinweg möglich sind.

Eine Kompensation zukünftiger Generationen durch heutige Generationen ist über produktive Investitionen offensichtlich realisierbar. Eine Investition bedeutet ja Konsumverzicht in der Gegenwart während die Erträge der Investition zukünftig zum Konsum zur Verfügung stehen.

Derselbe Vorgang in die andere Richtung ist allerdings nicht denkbar. Zukünftige Generationen können keine Investitionen zugunsten ihrer Vorfahren tätigen. Die Unmöglichkeit realer Transfer von der Zukunft in die Gegenwart hat sich dann auch in der rund 25 Jahre nach dem zweiten Weltkrieg vorherrschenden Auffassung niedergeschlagen, dass Staatsschulden keine zukünftige Last darstellten, da man sich das Defizit ja selber schulde.

Mit Buchanan hat sich dann aber der Gedanke durchgesetzt, dass wenn auch reale Werte nicht von der Zukunft in die Gegenwart transferiert werden können, dennoch

eine Verschiebung der Steuerlast in die Zukunft möglich ist. Der entscheidende Punkt dabei ist, dass zwischen Steuerzahler und Kreditgeber ein Unterschied besteht, indem letzterer den Kredit freiwillig gewährt und deshalb nicht von Last gesprochen werden kann. Wörtlich schreibt Buchanan 1958 dazu: *“If an individual freely chooses to purchase a government bond, he is, presumably, moving to a preferred position on his utility surface by so doing. ... The economy, considered as the sum of individual economic units within it, undergoes no sacrifice or burden when debt is created.”*(Zitiert aus Tempelman, 2007, S. 437)

Indem sich der Staat verschuldet und diese Schulden erst durch zukünftige Steuerzahler beglichen werden, wird also eine Kompensation heutiger Generationen durch zukünftige ermöglicht⁷.

Noch deutlicher wird die Möglichkeit der Transfermöglichkeiten über Generationen hinweg, wenn im Ausgangspunkt sowohl staatliche Investitionen wie auch eine öffentliche Verschuldung bereits bestehen. In diesem Fall sind die Kompensationen in die beiden Richtungen symmetrisch. Ein vorwärts gerichteter Transfer kann dann über mehr Investitionen oder weniger Verschuldung, ein rückwärts gerichteter Transfer über weniger Investitionen oder mehr Verschuldung erfolgen.

Natürlich ist damit die Frage nach der Höhe des zu verwendenden Diskontsatzes noch nicht geklärt. Dies soll erst im nächsten Abschnitt erörtert werden. Zuerst folgt ein Zahlenbeispiel zur Illustration des skizzierten Vorgehens.

Im Beispiel werden nur ein gegenwärtiger und ein zukünftiger Zeitpunkt mit jeweils einer Generation betrachtet, obwohl beim Klimaproblem nicht die Kosten eines gegenwärtigen Zeitpunkts dem Ertrag eines zukünftigen Zeitpunkts, sondern vielmehr

⁷ Buchanan hat diese Sicht der staatlichen Verschuldung nicht im Rahmen der Diskontierungsdiskussion entwickelt. Bei ihm stand vielmehr die polit-ökonomische Sichtweise im Vordergrund, dass aufgrund dieser Lastverschiebung heutige Generationen systematisch Staatsdefizite aufbauen.

ein näher in der Gegenwart liegender Kostenpfad einem weiter in der Zukunft liegenden Ertragspfad gegenüberstehen. Es wäre also realistischer, eine gegenwärtige mit mehreren zukünftigen Generationen zu vergleichen, da sich die heutigen Handlungen auf mehrere zukünftige Generationen auswirken. Vereinfacht werden aber diese zukünftigen Generationen zu einer zusammengefasst und die heutige Situation mit den Auswirkungen in hundert Jahren verglichen.

Die Kosten der Klimapolitik zur Begrenzung der Emissionen sowie die Kosten der Folgen einer business-as-usual Szenarios werden überschlagsmässig von Stern übernommen (Stern, 2007, S. 187), indem mit zukünftigen Klimaschäden in der Höhe von zwei bis zehn Prozent der zukünftigen Produktion gerechnet wird. Zudem wird beispielhaft eine Diskontrate von drei Prozent verwendet.

Im ersten in Tabelle 1 dargestellten Fall mit tiefen zukünftigen Schäden von zwei Prozent der laufenden Produktion stehen dann heutige - auf 100 normierte - Kosten der Klimapolitik zukünftigen - nicht abdiskontierten - Nutzen von 728 gegenüber⁸. Der Gegenwartswert der Klimapolitik ist unter Verwendung der 3-prozentigen Diskontrate in diesem Fall mit -62 negativ und das Kriterium der Kosten-Nutzen-Analyse ist nicht erfüllt. Mit anderen Worten ist Klimapolitik in diesem Fall nicht effizient.

Bezüglich der Eigentumsrechte ist eine weitere Fallunterscheidung zu treffen. Falls die Eigentumsrechte bei der heutigen Generation liegen, dann ist die Sache erledigt. Die heutige Generation betreibt keine Klimapolitik und zahlt auch keine Kompensation. Falls aber die Rechte bei der zukünftigen Generation liegen, dann muss die heutige Generation eine Kompensation zahlen. Die Kompensation in Form einer alternativen

⁸ 728 sind zwei Prozent der Produktion in 100 Jahren. Diese Produktion ergibt sich unter Berücksichtigung einer Wachstumsrate von 1.3 Prozent und einem Ausgangswert, der 100 mal den normierten Kosten entspricht, d.h. $728=0.02*100/0.01*1.013^{100}$.

Investition muss mindestens 38 betragen, da damit bei einer Ertragsrate von drei Prozent die Kosten von 728 in hundert Jahren gerade kompensiert werden können.

Tabelle 1: Inzidenz ohne Klimapolitik bei tiefen Klimaschäden

	ER bei heutiger Generation		ER bei zukünftiger Generation	
	Gen. heute	Gen. morgen	Gen. heute	Gen. morgen
Kosten keine Klimapol.	0	-728	0	-728
Kompensation	-	-	-38	728
total	0	-728	-38	0
Kosten Klimapolitik	-100	0	-100	0
Kompensation	+100	-1'921	-	-
total	0	-1'921	-100	0

Aus der Tabelle 1 ist aus der dritten Zeile auch ersichtlich, dass die Inzidenz je nach Verteilung der Eigentumsrechte natürlich ganz verschieden ist, obwohl gemäss Coase-Theorem die Allokation insofern die gleiche ist, weil in beiden Fällen keine Klimapolitik betrieben wird. Liegen die Eigentumsrechte bei der heutigen Generation, trägt die zukünftige Generation einen Schaden in der Höhe von 728. Falls die Rechte aber bei der zukünftigen Generation liegen, so zahlt die heutige die Kompensation in der Höhe von 38.

Dass im Beispiel von tiefen Klimaschäden keine Klimapolitik die effiziente Strategie ist, zeigt sich im Vergleich mit unteren Hälfte von Tabelle 1. Klimapolitik würde die heutige Generation 100 kosten. Falls die Eigentumsrechte bei ihr liegen, müsste die zukünftige Generation eine Kompensation von 1'921 leisten. Dies ist aber mehr als die Schäden keiner Klimapolitik in der Höhe von 728. Und auch falls die Eigentumsrechte der zukünftigen Generation zugeteilt werden, ist eine Transferzahlung von 38 günstiger als die Kosten der Klimapolitik von 100.

Keine Klimapolitik ist also gegenüber Klimapolitik Pareto-superior, da dabei jeweils eine Generation besser gestellt ist, ohne dass die andere schlechter gestellt ist.

Im zweiten in Tabelle 2 dargestellten Fall mit hohen Schäden als Folge des Klimawandels in der Höhe von zehn Prozent der laufenden Produktion ergeben sich zukünftige Kosten von 3'639⁹. Der Gegenwartswert der Klimapolitik ist nun positiv und beträgt 89. Entsprechend lohnt sich in diesem Fall Klimapolitik. Liegen nun die Eigentumsrechte bei der zukünftigen Generation, dann investiert die heutige Generation in Klimapolitik ohne dafür kompensiert zu werden. Liegen die Rechte bei der heutigen Generation, muss diese von der zukünftigen für ihre Klimapolitik kompensiert werden. Dies ist etwa dadurch denkbar, dass sich die heutige Generation in der Höhe von 100 verschuldet, die Kosten der Klimapolitik also über Kredite finanziert. Bei einem Diskontsatz von drei Prozent bedeutet dies für die Zukunft eine Last von 1'921.

Tabelle 2: Inzidenz mit Klimapolitik bei hohen Klimaschäden

	ER bei heutiger Generation		ER bei zukünftiger Generation	
	Gen heute	Gen. morgen	Gen. heute	Gen. morgen
Kosten Klimapolitik	-100	-	-100	0
Kompensation	+100	-1'921	-	-
total	0	-1'921	-100	0
Kosten keine Klimapol.	0	-3'639	0	-3'639
Kompensation	-	-	-189	+3'639
total	0	-3'639	-189	0

Der Vergleich mit der unteren Hälfte von Tabelle 2 zeigt, dass im Falle von hohen Schäden des Klimawandels nun Klimapolitik gegenüber keiner entsprechenden Politik Pareto-superior ist.

⁹ $3'639 = 0.1 * 100 / 0.01 * 1.013^{100}$

Durch die Trennung der Allokations- und Verteilungsfrage über die Zuweisung von Eigentumsrechten zwischen den Generationen und einen anschliessenden hypothetischen Handel damit finden im Beispiel Diskontraten an zwei Stellen Verwendung. Mit tiefen Klimaschäden und Eigentumsrechten bei den zukünftigen Generationen wird als Diskontrate die Ertragsrate der langfristigen staatlichen Investitionen verwendet, indem bestimmt wird, ob zukünftige Generationen durch alternative Investitionen für die Klimaschäden kompensiert werden können. Mit hohen Klimaschäden und Eigentumsrechten bei der heutigen Generation, entspricht die Diskontrate dem Zinssatz einer langfristigen Verschuldung des Staates.

An dieser Stelle ergibt sich die Frage, ob wie am Beispiel angewandt bei einer Verschuldung mit dem gleichen Diskontsatz wie bei einer Investition gerechnet werden soll. Während im ersten Fall eigentlich der Kreditzins der öffentlichen Hand zugrunde liegt, ist es im zweiten Fall die Ertragsrate der Investition. Allerdings sollten bei einer rationalen Investitionspolitik des Staates die beiden Werte gleich gross sein, da andernfalls Investitionen und Verschuldung angepasst werden müssten bis diese im Gleichgewicht sind. Nun ist in der politischen Praxis nicht zu erwarten, dass die von der Effizienz gebotenen Anpassungen auch tatsächlich durchgeführt werden. Beim vorgestellten Beispiel geht es aber um grundsätzliche Überlegungen und deshalb werden Aspekte des Zweitbesten nicht weiter berücksichtigt. Es wird daher von der Annahme ausgegangen, dass zwischen der langfristigen Ertragsrate und dem entsprechenden Kreditzinssatz kein Unterschied besteht¹⁰.

Es zeigt sich also, dass durch die Trennung der Allokations- von der Verteilungsfrage der Diskontsatz nur noch deskriptive Elemente enthält und damit die Gefahr einer Überladung des Konzepts mit präskriptiven Elementen entfällt, weil Gerechtigkeits-

¹⁰ Falls zur Kompensation der heutigen Generation anstelle einer Verschuldung bestehende langfristige Investitionen reduziert werden, dann ergibt sich als Diskontrate direkt die Ertragsrate der Investitionen.

Überlegungen nun explizit und unabhängig vom Diskontsatz durch die Verteilung der Eigentumsrechte berücksichtigt werden.

Was verbleibt ist die Frage nach der Höhe und dem Verlauf der Grenzertragsrate langfristiger Investitionen.

5 Die Ertragsrate von Investitionen in der langen Frist

Die Empirie zur Höhe der Ertragsrate von Investitionen zeigt einen Fächer von Ergebnissen mit geradezu beeindruckender Spannweite. Nordhaus präsentiert verschiedene Resultate von ex post Berechnungen mit sehr hohen realen Ertragsraten. So weist er etwa eine jährliche Rate von 26 Prozent für Investitionen in Grundschulausbildung in Entwicklungsländer aus (Nordhaus, 1999, S. 148). Der Wert ist allerdings nicht riskobereinigt. Das Standard-Vorgehen zur Berücksichtigung von Risiko im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen ist aber, unsichere Kosten und Nutzen in Sicherheitsäquivalenten anzugeben und diese dann mit risikofreien Diskontsätzen miteinander zu vergleichen. Praktisch risikolose Anlagen bietet etwa die britische Regierung mit inflationsgebundenen Staatsanleihen (*index-linked treasury gilt*) an. Im Jahr 2005 wurde dabei eine Anleihe mit der weltweit bisher grössten Laufzeit von 50 Jahren zu einem festen Jahreszins von 1.25 Prozent aufgelegt. Die Anleihe konnte über dem Nominalwert platziert werden, so dass ein effektiver Realzinssatz von 1.1 Prozent resultierte.

Die grosse Varianz der beobachteten Zinssätze zeigt, welche grosse Unsicherheit für eine ex ante Abschätzung der Diskontraten in der langen Frist besteht. Neben der Unsicherheit bezüglich der zu bewertenden zukünftigen Auswirkungen besteht also zusätzlich eine Ungewissheit über den korrekten Zinssatz. Weitzman schreibt dazu: „*Behind the far-distant-future interest rate is the long run productivity of capital which depends on a host of factors unknowable at the present time.*“ (Weitzman, 1998, S.

203). Aus dieser Unsicherheit hat sich eine von Weitzman initiierte theoretische Diskussion entwickelt, welcher langfristige Zinssatz ex ante bei einer grundsätzlich ungewissen fernen Zukunft gewählt werden soll. Als Resultat dieser Diskussion hat sich herausgeschält, dass der Zinssatz mit zunehmender Zeitspanne abnimmt und gegen den tiefsten möglichen Wert konvergiert. Die Erklärungen dazu sind teilweise recht technisch und werden hier nur in gekürzter Form wiedergegeben.

Das ursprüngliche Argument von Weitzman war ein mathematisches. Er wies darauf hin, dass bei einer stochastischen Diskontierung nicht der Erwartungswert bezüglich des Diskontsatzes, sondern bezüglich des so genannten Diskontfaktors von Bedeutung ist. Als Beispiel sei dazu ein zukünftiger Wert von eins mit den zwei gleich wahrscheinlichen Sätzen von einem und sieben Prozent über die Zeit t abdiskontiert. Als Erwartungswert E ergibt sich dann

$$E = 0.5 \cdot \frac{1}{(1+0.07)^t} + 0.5 \cdot \frac{1}{(1+0.01)^t} \quad (4)$$

Die beiden Brüche in Gleichung 4 bezeichnen nun die Diskontfaktoren, über deren Erwartungswert der abdiskontierte Wert bestimmt wird. Man erkennt nun, dass mit zunehmender Zeitspanne der erste Diskontfaktor mit dem höheren Diskontsatz im Vergleich zum zweiten Faktor immer unbedeutender wird. Bei genügend grossem t verbleibt praktisch nur noch der Diskontfaktor mit dem tiefen Diskontsatz. Das ist die Erklärung für Weitzmans Resultat, dass der sicherheitsäquivalente Zinssatz gegen den tiefsten möglichen Wert konvergiert.

Newell und Pizer haben unter Verwendung von Weitzmans Überlegungen einen Verlauf der zukünftigen sicherheitsäquivalenten Zinssätze aufgrund von beobachteten Zinsschwankungen langfristiger US amerikanischer Schatzanleihen geschätzt. Für das von ihnen favorisierte random-walk Modell, bei dem sich Veränderungen permanent auswirken, schätzen sie sicherheitsäquivalente Diskontraten, die von vier

Prozent auf zwei Prozent nach hundert Jahren, auf ein Prozent nach zweihundert Jahren und auf ein halbes Prozent nach dreihundert Jahren fallen (Newell und Pizer, 2003, S. 52).

Zu einem ganz anderen theoretischen Ergebnis als Weitzman ist allerdings Gollier gekommen. Er hat mit derselben mathematischen Begründung darauf hingewiesen, dass wenn anstelle eines Gegenwartwertes ein Zukunftswert berechnet wird, nicht die tiefste, sondern die höchste mögliche Diskontrate mit zunehmender Zeitdauer dominiert. Das ist einsichtig, wenn man bedenkt, dass zur Berechnung des Zukunftswertes nicht mehr Diskontsätze wie in (4), sondern deren Kehrwert verwendet wird. Entsprechend bekommt der Term mit dem höheren Zinssatz mit steigendem t eine immer grössere Bedeutung.

Da a priori nicht gesagt werden kann, ob der Gegenwarts- oder der Zukunftswert die richtige Grundlage für Investitionsentscheidungen darstellt, ergab sich durch den Einwand von Gollier ein Widerspruch, der als Weitzman-Gollier-Puzzle bezeichnet wurde. Weitzman und Gollier haben dieses Rätsel dann auch zusammen gelöst¹¹. Indem sie die Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Ertragsrate des Kapitals in eine dynamische Optimierung einbetten und dadurch neu Risikoaversion berücksichtigen, können sie zeigen, dass der sicherheitsäquivalente Zinssatz unabhängig von der Verwendung des Gegenwarts- oder Zukunftswertes mit zunehmender Zeitdauer abnimmt und gegen den tiefsten Wert konvergiert. Ihre Schlussfolgerung ist dann auch eindeutig: „... *there exists a rigorous generic argument that the future should be discounted at a declining rate that approaches asymptotically its lowest possible value.*“ (Gollier und Weitzman, 2009, S. 3) Die Erklärung dafür ist, dass unter der von ihnen gewählten Annahme von permanenten Schocks auf die Ertragsrate des

¹¹ Ähnliche Lösungsvorschläge finden sich allerdings schon bei Buchholz und Schumacher (2008) sowie bei Howarth (2003).

Kapitals, die Unsicherheit beständig zunimmt. Bei Risikoaversion bekommen aber dadurch die tiefen Werte eine zunehmend grössere Bedeutung, so dass vorsichtige Individuen mit zunehmend tieferen sicherheitsäquivalenten Ertragsraten rechnen.

6 Schlussfolgerungen

In der wissenschaftliche Debatte über die Diskontrate in der sehr langen Frist gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Positionen, die Arrow et al. (1996) als deskriptiv und präskriptiv bezeichnet haben. Während sich die deskriptive Sichtweise an der Produktivität des Kapitals und damit an den Opportunitätskosten von staatlichen Investitionen orientiert, stehen bei der präskriptiven Betrachtung normative Aspekte und damit Verteilungsfragen zwischen den Generationen im Vordergrund.

Der vorliegende Artikel postuliert, dass eine Vermengung von Allokations- und Verteilungsfragen problematisch ist und dagegen eine saubere Trennung der beiden Aspekte im Sinne von Coase das Problem nach der Bestimmung der richtigen Diskontrate zumindest vereinfacht. Weil dabei Gerechtigkeitsfragen über die Festlegung der Eigentumsrechte an einem naturbelassenen Klima zwischen den Generationen geklärt werden, kann man sich bei der Diskontierung auf Effizienz Aspekte konzentrieren. Das bedeutet nicht, dass Gerechtigkeitsüberlegungen gegenüber Effizienzfragen weniger Gewicht haben sollen, sondern nur, dass sie getrennt voneinander angegangen werden sollten.

Bei dieser zweistufigen Herangehensweise zur Bewertung von zukünftigen Auswirkungen verbleibt dann bei der Diskontierung die Frage nach der Höhe der Ertragsrate von Investitionen in der langen Frist. Falls die Eigentumsrechte zukünftigen Generationen zugeteilt werden, geht es also darum, zu klären, ob anstelle von Klimapolitik eine alternative langfristige Investition nicht höhere Erträge abwerfen würde und so eine Kompensation der zukünftigen Generationen für zu tragende

Klimaschäden nicht effizienter wäre. Unter Berücksichtigung der immanenten Unsicherheit bezüglich langfristiger Ertragsraten und von Risikoaversion ergibt sich eine mit der betrachteten Zeitspanne abnehmende sicherheitsäquivalente Diskontrate. Es ist bemerkenswert, dass auch viele empirische Studien zu individuellen Diskontraten eine mit der Zeitspanne abnehmende Rate feststellen. So ziehen etwa viele befragte Personen einen Betrag von 100 Euro heute einem Betrag von 110 Euro in einem Jahr vor, während sie jedoch 110 Euro in elf Jahren gegenüber 100 Euro in zehn Jahren bevorzugen. Da bei mit der Zeit abnehmenden Diskontraten der Verlauf des Diskontfaktors in Abhängigkeit von der Zeit approximativ durch eine Hyperbel dargestellt werden kann¹², spricht man in diesem Zusammenhang auch von hyperbolischer Diskontierung und von hyperbolischen Präferenzen, während konstante Diskontraten zu einer exponentiellen Diskontierung führen.

Wenn auch die Empirie zu Diskontraten, die auf individuellen Präferenzen basieren, und die Theorie über sehr langfristige Ertragsraten des Kapitals zu qualitativ ähnlichen Ergebnissen gelangen, so sind die Gründe dafür sehr unterschiedlich. So ist etwa eine Erklärung für abnehmende individuelle Diskontraten die abnehmende Gewichtung gleich langer Zeitintervalle¹³, während bei der Ertragsrate wie erwähnt die Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Kapitalproduktivität im Vordergrund steht.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass bei einer auf Präferenzen beruhenden hyperbolischen Diskontierung das Problem der Zeitinkonsistenz auftreten kann. Das Problem ergibt sich dann, wenn Individuen zukünftige Ereignisse nur aufgrund des Fortschreitens der Zeit anders bewerten. Dies kann dazu führen, dass sie Entscheidungen trotz unveränderter Präferenzen rückgängig machen, nur weil sie sich

¹² Die einfachste Funktion für den Diskontsatz ist der reziproke Wert der Zeit $1/t$.

¹³ So führt bei der hyperbolischen Diskontierung in der einfachsten Form beispielsweise eine Verdoppelung der betrachteten Zeit zu einer Halbierung des Diskontsatzes. In Bezug auf den Diskontsatz wird also die übernächste Dekade gleich stark gewichtet wie das übernächste Jahrhundert.

an einem anderen Zeitpunkt befinden¹⁴. Ihre Präferenzen sind dann nicht zeitkonsistent. Wenn sich abnehmende Diskontraten jedoch aufgrund von unsicheren zukünftigen Ertragsraten ergeben, dann kommt es nicht zu Inkonsistenz, weil die Bewertung zukünftiger Ereignisse in diesem Fall aufgrund neuer Informationen verändert wird und nicht einfach, weil man sich in einem anderen Zeitpunkt befindet.

Ein kritischer Aspekt der in diesem Artikel skizzierten Vorgehensweise ist die Kompensation zukünftiger Generationen durch alternative Investitionen. Eine solche Kompensation kommt dann zum Tragen, wenn die Eigentumsrechte an einem naturbelassenen Klima den zukünftigen Generationen zugesprochen werden und gleichzeitig der interne Zinssatz von Klimapolitik kleiner als die Ertragsrate von alternativen langfristigen Investitionen ist. Die so genannte give-them-cash-not-the-project Strategie geht, wie es bei einer Kosten-Nutzen-Analyse die Regel ist, davon aus, dass die Schäden des Klimawandels mit Geld bzw. mit dem Ertrag eines anderen Projektes aufgewogen werden können. Es gibt aber auch unter Umweltökonomem durchaus die Meinung, dass gewisse grundlegende Leistungen des Ökosystems nicht substituiert und daher auch nicht geldmässig bewertet werden können oder sollen. Pearce spricht in diesem Zusammenhang von kritischem Naturkapital (*critical natural assets*), wobei er keine abschliessende Liste solcher Leistungen präsentiert und auf die kontroverse Debatte über die als kritisch einzustufenden ökologischen Leistungen verweist (Pearce und Özdemiroglu, 1997). Die klimaregulierende Funktion der Atmosphäre gilt aber als Kandidat solcher kritischer Leistungen. Würde man sich darauf einigen, dass der natürlich bestehende Treibhauseffekt kritisches Naturkapital

¹⁴ Hansen (2006) weist darauf hin, dass im Falle von Klimapolitik, bei der zuerst Kosten anfallen und der Ertrag erst später auftritt auch bei hyperbolischer Diskontierung der Entscheid zur Klimapolitik nicht rückgängig gemacht würde, da die Politik im Zeitablauf aufgrund der bereits getätigten Aufwendungen immer rentabler wird.

darstellt, dann erübrigt sich eine Kosten-Nutzen-Analyse von Klimapolitik; ausser die Kosten der Klimapolitik wären selber inakzeptabel hoch.

Weitzman nimmt die Idee des kritischen Naturkapitals in einer stochastischen Form auf, indem er darauf verweist, dass die Wahrscheinlichkeit katastrophaler Schäden in einem business-as-usual Szenario nicht vernachlässigbar ist. So schätzt das *Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC* in diesem Szenario die Wahrscheinlichkeit eines Temperaturanstiegs um sechs Grad Celsius in hundert Jahren auf drei Prozent. Damit würde zumindest die Spezies Mensch eine terra incognita betreten, da zur Zeit ihres Bestehens nie solche Temperaturen vorherrschten. Theoretisch ist es möglich, solche katastrophalen Ereignisse in sicherheitsäquivalente Bewertungen einfließen zu lassen. Alternativ kann man aber auch wie Dietz et al. in ihrer Rechtfertigung zu den Schlussfolgerungen des Stern Berichts fragen, „... *whether paying an insurance premium of around 1% of GDP over much of this century is worthwhile to reduce the risks and uncertainties described.*“ (Dietz et al. 2007b, S. 238). Bei dieser Sichtweise tritt die Bedeutung der Kosten-Nutzen-Analyse und des richtigen Diskontsatzes zumindest in den Hintergrund, weil wegen fundamentaler Unsicherheiten bzw. der Möglichkeit des Eintreffens von katastrophalen Ereignissen eine Quantifizierung der Auswirkungen nur mit grosser Vorsicht und einer gewissen Skepsis gewagt wird.

Literatur

- Arrow, Kenneth J. und Robert C. Lind (1970), Uncertainty and the Evaluation of Public Investment Decision 60(3), 364-378.
- Arrow Kenneth J. et al. (1996), Intertemporal Equity, Discounting, and Economic Efficiency, in: IPCC, Economic and Social Dimensions of Climate Change.
- Atkinson, Giles und Susana Mourato (2008), Environmental Cost-Benefit Analysis, Annual Review of Environmental Resources 33/3, 317-344.
- Boardman, Anthony E. et al. (2005), Cost-Benefit Analysis Concepts and Practice. Pearson/Prentice Hall, 3. Edition.
- Bradford, David F. (1999), On the Use of Benefit-Cost Reasoning in Choosing Policy toward Global Climate Change, in: Portney, Paul R. und John P. Weyant (eds.), Discounting and Intergenerational Equity, Resources for the Future, Washington DC.
- Buchholz Wolfgang und Jan Schumacher (2008), Discounting the Long-Distant Future: A Simple Explanation for the Weitzman-Gollier-Puzzle, CES Working Paper 2357.
- Coase, Ronald H. (1960), The problem of social cost., Journal of Law and Economics 3, 1-44.
- Dasgupta, Partha et al. (1999), Intergenerational Equity, Social Discount Rates and Global Warming, in: Portney, Paul und John Weyant (eds.), Discounting and Intergenerational Equity, Resources for the Future, Washington D. C.
- Dasgupta, Partha (2005), Three Conceptions of Intergenerational Justice, in Lillehammer, H. and Mellor, D. H. (eds.), Ramsey's Legacy, Oxford, Clarendon Press.
- Dasgupta, Partha (2006), Comments on the Stern Review's Economics of Climate Change, Paper prepared for a seminar on the Stern Review's Economics of Climate Change on November 8, 2006.
- Dasgupta, Partha (2008), Discounting Climate Change, Journal of Risk and Uncertainty 37, 141-169
- De Canio, Stephen J. und Paul Niemann (2006), Equity Effects of Alternative Assignments of Global Environmental Rights, Ecological Economics 56, 546-559.
- Dietz, Simon et al. (2007a), Reflections on the Stern Review (1), World Economics Vol. 8 No. 1, 121-168.

- Dietz, Simon et al. (2007b), Right for the Right Reasons, A Final Rejoinder on the Stern Review, *World Economics* Vol. 8 No. 2, 229-258.
- Frederick et al. (2002), Time Discounting and Time Preference: A Critical Review, *Journal of Economic Literature* Vol. XL, 351-401.
- Frederick, Shane (2006), Valuing Future Live and Future Lives: A Framework for Understanding Discounting, *Journal of Economic Psychology* 27, 667-680.
- Gollier, Christian (2004), Maximising the Expected Net Future Value as an Alternative Strategy to Gamma Discounting, *Finance Research Letters* 1, 85-89.
- Gollier, Christian und Martin L. Weitzman (2009), How Should the Distant Future be Discounted when Discount Rates are Uncertain?
- Hansen, Anders Chr. (2006), Do Declining Discount Rates Lead to Inconsistent Economic Advice?, *Ecological Economics* 60, 138-144.
- Heal, Geoffrey (2007), Discounting: A Review of the Basic Economics, *The University of Chicago Law Review*, S. 59-77.
- Hepburn, Cameron und Ben Groom (2007), Gamma Discounting and Expected Net Future Value, *Journal of Environmental Economics and Management* Vol. 53 Issue 1, 99-109.
- Howarth, Richard B. (2003), Discounting and Sustainability: Towards Reconciliation, *International Journal of Sustainable Development* Vol. 6 No. 1, 87-97.
- Lind, Robert C., (ed.) (1982), *Discounting for Time and Risk in Energy Policy*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Lind, Robert C. (1995), Intergenerational Equity, Discounting, and the Role of Cost-Benefit Analysis in Evaluating Global Climate Policy, *Energy Policy* Vol. 23 No. 4/5, 379-389.
- Newell, Richard und William Pizer (2003), Discounting the Distant Future: How much do Uncertain Rates Increase Valuations?, *Journal of Environmental Economics and Management* Vol. 46 Issue 1, 52-71.
- Newell, Richard und William Pizer (2004), Uncertain Discount Rates in Climate Policy Analysis, *Energy Policy*, 32, 519-529.

- Nordhaus, William D. (1999), Discounting and Public Policies that Affect the Distant Future, in: Portney, Paul R. und John P. Weyant (eds.), *Discounting and Intergenerational Equity*, Resources for the Future, Washington DC.
- Nordhaus, William D. (2007), The Stern Review on the Economics of Climate Change, *Journal of Economic Literature* 45(3), 686-702.
- Pearce, David und Ece Özdemiroglu (1997), *Integrating the Economy and the Environment*, Commonwealth Secretariat.
- Pearce, David et al. (2006), *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, OECD.
- Portney, Paul R. und John P. Weyant (1999), Introduction, in: Portney, Paul R. und John P. Weyant (eds.), *Discounting and Intergenerational Equity*, Resources for the Future, Washington DC.
- Ramsey, Frank P. (1928), A Mathematical Theory of Saving, *The Economic Journal*, Vol. 38, No. 152, 543-559.
- Rothenberg, Jerome (1999), Intergenerational Ethics, Efficiency, and Commitment, in: Portney, Paul R. und John P. Weyant (eds.), *Discounting and Intergenerational Equity*, Resources for the Future, Washington DC.
- Schelling, Thomas C. (1995), Intergenerational Discounting, *Energy Policy*, Vol. 23, No 4/5, 395-401.
- Stern, Nicholas (2007), *The Economics of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stern, Thomas und U. Martin Persson (2007), An even Stern Review: Introducing Relative Prices into the Discount Debate, *Resources for the Future*, Discussion Paper 07-37.
- Stiglitz, Joseph E. (2003), Discount Rates: The Rate of Discount for Benefit-Cost Analysis and the Theory of the Second Best, in: Layard, Richard und Stephen Glaister (eds.), *Cost-Benefit Analysis*, Cambridge University Press, 2. Edition.
- Tempelman, Jerry, H. (2007), James M. Buchanan on Public-Debt Finance, *The Independent Review* Vol. XI No. 3, 435-449.
- Weitzman, Martin L. (1998), Why the Far-Distant Future Should be Discounted at its Lowest Possible Rate, *Journal of Environmental Economics and Management* 36, 201-208.

Weitzman, Martin L. (2001), Gamma Discounting, American Economic Review Vol. 91 No. 1, 260-271.

Weitzman, Martin L. (2007), A Review of The Stern Review on the Economics of Climate Change, Journal of Economic Literature Vol. XLV, 703-724.