

## Gegenwart versus Zukunft – Zur unsicheren Empirie der sozialen Diskontierungsrate

VON HEIKE LINK

*„Dreifach ist der Schritt der Zeit:  
Zögernd kommt die Zukunft herangezogen,  
Pfeilschnell ist das Jetzt entflohen,  
Ewig still steht die Vergangenheit.“*

(Friedrich Schiller, Sprüche des Konfuzius)

Für die Niederschrift dieses Aufsatzes gab es zwei Anstöße, die mit dem Namen Prof. Wielands verbunden sind. Zum einen haben wir im Begleitkreis der Wegekostenstudie zur Berechnung der Lkw-Maut immer wieder angeregt über Fragen der Verzinsung öffentlicher Investitionen diskutiert. Den zweiten Anstoß bildete eine Vortragseinladung an die TU Dresden im April 2016. Es lag deshalb nahe, eine überarbeitete und erweiterte Version dieses Vortrags in einem Sonderheft zu Ehren von Prof. Wieland zu publizieren.

### 1 Einleitung

Die Diskontierung von zukünftigen Kosten und Nutzen einer bestimmten Handlungsalternative, d. h. die Bewertung von Zeit und Geld, gehört zu den interessantesten und am meisten diskutierten Fragen in den Wirtschaftswissenschaften, der Psychologie und in der noch jungen Disziplin der Neuroökonomie. Ein erster verallgemeinerter ökonomischer Modellansatz geht auf Samuelson (1937) zurück, der die zeitlichen Präferenzen eines Individuums bei Konsumententscheidungen über mehrere Perioden hinweg mittels einer intertemporalen Nutzenfunktion abbildete. In seinem als Discounted Utility Modell bekannten Ansatz werden alle Entscheidungsmotive des Individuums in einem einzigen Parameter, der Diskontierungsrate ausgedrückt. Die daraus resultierende Formel des exponentiellen Diskontierens hat, wohl auch wegen ihrer Einfachheit und Ähnlichkeit zur allgemeinen Zinsformel, große Popularität erlangt und Eingang in die Kosten-Nutzen-Analyse gefunden.

---

*Anschrift der Verfasserin:*

Dr. Heike Link  
DIW Berlin  
Mohrenstr. 58  
10117 Berlin  
E-Mail: hlink@diw.de

Die Verwendung der exponentiellen Diskontierungsformel in der Kosten-Nutzen-Analyse öffentlicher Investitionen wird jedoch seit den 80er Jahren kontrovers diskutiert. Zum einen steht sie im Widerspruch zum beobachteten Verhalten, dass Individuen Ereignisse in ferner Zukunft anders bewerten als wenn sie gerade bevorstünden, und einmal gefasste Pläne im Zeitverlauf ändern oder womöglich ganz ad acta legen. Dieses Phänomen gegenwartsverzerrter bzw. zeitinkonsistenter Präferenzen, bei dem eine Person die nahe Zukunft stärker bewertet als die ferne Zukunft, führte zum Ansatz der hyperbolischen Diskontierung, bei der die Diskontierungsrate selbst eine Funktion der Zeit ist.

Neben dieser Kritik an der Annahme zeitkonsistenter Präferenzen hat insbesondere die Nachhaltigkeitsdebatte dazu geführt, die klassische exponentielle Diskontierung infrage zu stellen. So würden beispielsweise die erst in sehr ferner Zukunft eintretenden Nutzen von Maßnahmen gegen den Klimawandel, gegen Verluste an Biodiversität oder auch zur Beseitigung von nuklearem Müll bei exponentieller Diskontierung zu gering bewertet und entsprechende Projekte nicht realisiert werden. Aus dieser Problematik sind seit den Nuller Jahren in den Wirtschaftswissenschaften eine Vielzahl theoretischer und empirischer Arbeiten zu im Zeitverlauf sinkenden Diskontierungsraten entstanden.

Der vorliegende Beitrag behandelt zunächst in Kapitel 2 die grundsätzliche Vorgehensweise des Diskontierens und stellt die möglichen konzeptionellen Herangehensweisen vor. Kapitel 3 diskutiert ausführlicher das Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate und insbesondere die mit der Quantifizierung ihrer Parameter verbundenen Probleme. Außerdem werden die für Deutschland verfügbaren Schätzungen dargestellt. Kapitel 4 beschäftigt sich mit gegenwartsverzerrten Präferenzen und hyperbolischer Diskontierung. Kapitel 5 erläutert die Ansätze zur Bestimmung von im Zeitverlauf sinkenden Diskontierungsraten, die im Rahmen der Nachhaltigkeitsdebatte entwickelt wurden. Sie können auch für Investitionen im Verkehrsbereich eine wichtige Rolle spielen, da hier ebenfalls sehr langfristige Folgen von Investitionsentscheidungen auftreten können (Flächennutzung, externe Kosten). Kapitel 6 leitet Schlussfolgerungen ab.

## 2 Herangehensweisen zur Bestimmung der sozialen Diskontierungsrate

In der Kosten-Nutzen-Analyse fallen die (monetarisierten) Wirkungen eines Projektes zu unterschiedlichen Zeitpunkten und eventuell in den einzelnen Jahren in unterschiedlicher Höhe an. Um diese Nutzen und Kosten bzw. Zahlungsströme vergleichen zu können, müssen sie zeitlich homogenisiert, d.h. auf ein gemeinsames Jahr diskontiert werden. Aus Samuelson (1937) Discounted Utility Modell ergibt sich unter den Annahmen eines rationalen Entscheidungsträgers mit zeitlich konsistentem Verhalten, der Möglichkeit einer kardinalen Nutzenmessung und der Separabilität der Bewertung von Zeit und Geld folgende Formel für die Diskontierung eines Nutzenstroms  $U(c_t, \dots, c_T)$  aus dem Konsum eines Güterbündels  $c$  zum Zeitpunkt  $T$ :

$$U(c_t, \dots, c_T) = \sum_{\tau=0}^T \delta^\tau u(c_\tau) \quad (1)$$

Dabei ist  $\delta < 1$  ein zeitlich konstanter Faktor, dessen Anwendung zu zeitlich konsistenten und ökonomisch effizienten Konsumplänen führt.

Zur Bestimmung der sozialen Diskontierungsrate existieren in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur zwei grundsätzliche Herangehensweisen: Das Konzept der sozialen Opportunitätskostenrate  $r$ , und das Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate  $s$ . Beide Ansätze leiten sich aus volkswirtschaftlichen Erklärungsmodellen her, die die Entscheidung der Wirtschaftsakteure zwischen Konsumieren und Investieren intertemporal abbilden. Die soziale Opportunitätskostenrate ergibt sich aus der Investitionsseite des Modells und drückt aus, welche Rate of Return erzielt werden könnte, würde „heute“ auf eine Einheit Konsum verzichtet werden. Dieser Ansatz geht davon aus, dass bei konstantem öffentlichen Konsum die Generierung von Ressourcen für die Realisierung eines öffentlichen Projektes den privaten Konsum und/oder private Investitionen verdrängen. Die Ableitung eines Zinssatzes zur Diskontierung öffentlicher Investitionen mittels des Opportunitätskostenansatzes ist daher von Art und Verhältnis der angenommenen Verdrängung (privater Konsum oder private Investitionen) abhängig. Neben der Annahme zur Art der Verdrängung basiert der Opportunitätskostenansatz auf der Annahme idealer Märkte mit vollkommener Konkurrenz, in denen keine externen Effekte oder Unsicherheit vorliegen und keinerlei verzerrende Steuern und Abgaben erhoben werden.

Die soziale Zeitpräferenzrate hingegen spiegelt die Konsumseite des Modells wider und ist die Rate, mit der die Konsumenten den heutigen Konsum gegen den zukünftigen Konsum abwägen. Die Opportunitätskostenrate und die Zeitpräferenzrate sind quantitativ nur im Optimum der Volkswirtschaft identisch, wenn die Allokation der Konsummenge optimal zwischen „heute“ und „morgen“ erfolgt (für eine ausführlichere Darstellung vgl. Pearce und Nash, 1981). In der Realität ist jedoch typischerweise die Allokation zwischen heutigem und zukünftigem Konsum und damit zwischen Konsum und Investition aufgrund der Existenz von Steuern, externen Effekten, unvollständiger Information, Risikoprämien bei privaten Investitionen etc. nicht optimal (vgl. Baumol, 1969), so dass die Annahme  $r = s$  nicht erfüllt ist. Damit stellt sich das Problem, welches Konzept bei der Bestimmung der sozialen Diskontierungsrate verwendet werden sollte, da die Ergebnisse voneinander abweichen. Goulder und Williams (2012) kritisieren beispielsweise die Vermengung beider Konzepte in den gängigen Modellen zur Bewertung von Maßnahmen gegen den Klimawandel.

### 3 Die Ramsey-Gleichung zur Quantifizierung der sozialen Zeitpräferenzrate

Das Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate basiert auf einer utilitaristischen sozialen Wohlfahrtsfunktion und bildet die gesellschaftlichen Präferenzen mittels der Substitutionsrate zwischen heutigen und zukünftigen Konsum ab. Unter den Annahmen einer streng konkaven und iso-elastischen<sup>1</sup> Nutzenfunktion, einer konstanten Wachstumsrate des Konsums und der kardinalen Messbarkeit des Nutzens ist die soziale Zeitpräferenzrate definiert durch die so genannte Ramsey-Formel (Ramsey, 1928) als

$$s = p + \eta g t \quad (2)$$

wobei  $p$  die „pure“ Zeitpräferenzrate,  $\eta$  die Elastizität des Grenznutzens des Einkommens (bzw. des Konsums) und  $g$  das Pro-Kopf-Wachstum des Konsums darstellen. Für die Bestimmung eines Wertes für die soziale Zeitpräferenzrate ist die Quantifizierung der in Gleichung (2) enthaltenen Parameter  $p$ ,  $\eta$  und  $g$  erforderlich. Allerdings existiert bislang kein Konsens über eine einheitliche Methodik zur Bestimmung dieser Parameter (vgl. Arrow et al., 2013, S. 4).

#### 3.1 QUANTIFIZIERUNG DER REINEN ZEITPRÄFERENZRATE

Die reine Zeitpräferenzrate  $p$  wird im Hinblick auf das zu Grunde liegende Konzept und die sich daraus ergebenden Quantifizierungsprobleme kontrovers diskutiert. Zunächst ist anzumerken, dass  $p$  ein Parameter einer intergenerationellen gesellschaftlichen Wohlfahrtsfunktion ist und damit nicht mit einer individuellen Zeitpräferenzrate gleichgesetzt werden kann (Goulder und Williams, 2012, S. 7). Konzeptionell lassen sich zwei Phänomene unterscheiden, die zu einer (positiven) Zeitpräferenzrate führen: zum einen die individuelle Ungeduld (Myopia) und zum anderen das Untergangsrisiko der Menschheit. Eine klare analytisch quantitative Abgrenzung zwischen diesen beiden Phänomenen existiert in der Literatur nicht. Viele empirische Studien setzen aus ethischen Gründen die Ungeduldskomponente auf null (z. B. Cline, 1992; Stern, 2006) bzw. argumentieren, dass die Berücksichtigung einer individuellen Ungeduldskomponente in der sozialen Zeitpräferenzrate ein irrationales Entscheidungsverhalten in die Kosten-Nutzen-Analyse einbringen würde, die jedoch gerade eine rationale Entscheidungsfindung unterstützen soll (vgl. z. B. Kula, 1984). Demgegenüber weisen andere Autoren (z. B.

---

<sup>1</sup> Bei einer iso-elastischen Nutzenfunktion variiert die Elastizität des Grenznutzens nicht mit dem Konsumniveau.

Arrow, 1995) darauf hin, dass eine Ungeduldskomponente von null dem beobachteten Sparverhalten widerspricht und zur paradoxen Situation führen würde, dass heutige Generationen ihren Konsum zu Gunsten der zukünftigen Generationen nahezu einstellen müssten. Dies würde dann auch für jede zukünftige Generation gelten, sobald sie zur gegenwärtigen wird. Die Autoren, die eine Ungeduldskomponente mit einem Wert größer null als gegeben ansehen und bei der Ermittlung der reinen Zeitpräferenzrate berücksichtigen, leiten Werte von 0,3% (Scott, 1989), 0 - 0,5% (OXERA, 2002) und 1% (Arrow, 1995) ab.

Für die zweite Komponente, das Untergangsrisiko der Menschheit, wird in der Literatur weniger über eine grundsätzliche Berücksichtigung, sondern über die Art und Weise der Quantifizierung diskutiert. Eine Möglichkeit besteht darin, diese Komponente empirisch aus Sterbetafeln abzuleiten (z. B. Kula, 1987; Pearce und Ulph, 1995; OXERA, 2002; Evans, 2006). Eine solche Schätzung basiert auf der Annahme, dass die Individuen die nächste Zeitperiode mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit nicht erleben werden und deshalb eine bestimmte Menge Konsum heute derselben Menge an Konsum in einem Jahr vorziehen. Damit kann die jährliche Sterblichkeitsrate als Approximation der reinen Zeitpräferenzrate dienen. Hierbei stellt sich allerdings die Frage, ob mit diesem Vorgehen nicht ein zu niedriger Wert ermittelt wird, da das aus Sterbetafeln abgeleitete Todesrisiko andere Risiken wie Naturkatastrophen, Kriege oder Seuchen nicht abbildet. Darüber hinaus ist zu kritisieren, dass altruistisches Verhalten (z. B. die Sorge der Individuen für ihre Nachkommen und für nahestehende Personen, aber auch für die Gesellschaft insgesamt) mit einem solchen Vorgehen nicht berücksichtigt. Ein weiteres Problem dieses Vorgehens besteht darin, dass mit Sterbetafeln das individuelle Sterberisiko abgebildet wird, die menschliche Gesellschaft jedoch im Gegensatz zu Individuen nicht sterblich ist. Newbery (1992) verwendet deshalb eine Schätzung für das Untergangsrisiko der Menschheit in 100 Jahren. Der Stern-Report (Stern, 2006) definiert dieses Risiko als Untergangsrisiko der Menschheit aufgrund von Meteoriteneinschlag, Nuklearkrieg oder dem Ausbruch verheerender Seuchen und setzt normativ einen Wert von 0,1.

### 3.2 QUANTIFIZIERUNG DER ZUKÜNFTIGEN WACHSTUMSRATE DES KONSUMS

Die zukünftige Wachstumsrate des Konsums  $g$  könnte grundsätzlich aus historischen Daten über die durchschnittliche reale Konsumententwicklung aus den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) prognostiziert werden<sup>2</sup>. Allerdings ist eine solche Langfristprognose mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, auf die z. B. Gollier (2002) mit

---

<sup>2</sup> Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass das Konsumwachstum in der Ramsey-Gleichung auch Veränderungen in der Freizeit sowie bei öffentlichen Gütern wie der Umweltqualität und der persönlichen Sicherheit beinhaltet und somit der Konsum in einem breiteren Sinne als in der VGR berücksichtigt werden müsste.

einer Erweiterung der Ramsey-Gleichung um einen Unsicherheitsterm reagierte (vgl. Kap. 5).

### 3.3 ELASTIZITÄT DES GRENZNUTZENS DES KONSUMS

Der am schwierigsten zu bestimmende Parameter der sozialen Zeitpräferenzrate ist die Elastizität des Grenznutzens des Konsums. Hierzu gibt es verschiedene Vorgehensweisen.

#### *Steuerprogressionsansatz*

Der Steuerprogressionsansatz basiert auf dem Argument, dass das Einkommenssteuersystem in demokratischen Staaten mit freien Wahlen die gesellschaftlichen Präferenzen hinsichtlich der Steuerbelastung und -gerechtigkeit widerspiegelt. So beruht das Einkommenssteuersystem in den meisten modernen Staaten auf dem Leistungsfähigkeitsprinzip, d. h. die zu zahlende Steuer soll für jedes Einkommen zum gleichen Nutzenverlust führen (sogenannter „equal sacrifice“-Ansatz, Opfertheorie). Das Prinzip des equal sacrifice impliziert, dass für jedes Einkommen  $Y$  die Gleichung

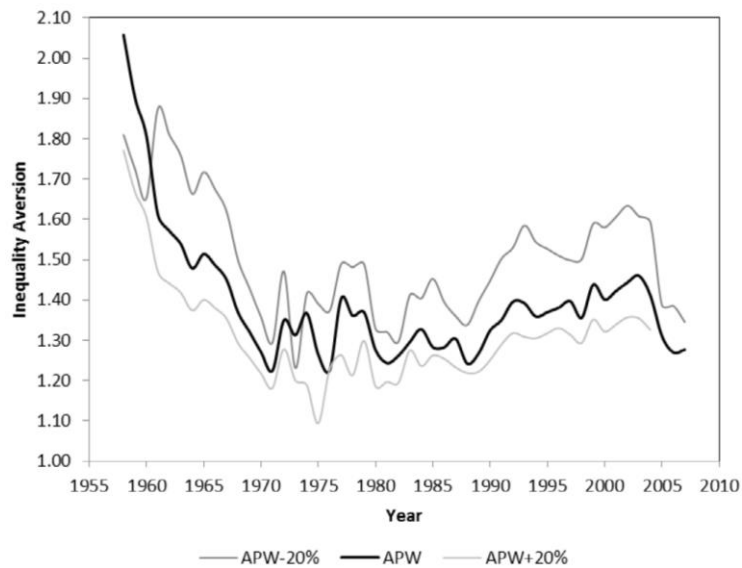
$$U(Y) - U(Y - T(Y)) = k \quad (3)$$

gilt, wobei  $U$  der Nutzen,  $T(Y)$  die Einkommenssteuerfunktion und  $k$  eine Konstante sind. Unter der Annahme einer iso-elastischen Nutzenfunktion  $U(Y) = (Y^{1-\eta} - 1)/(1 - \eta)$  ist die Elastizität des Grenznutzens des Konsums konstant und kann anhand des durchschnittlichen und des marginalen Steuersatzes für ein beliebiges Einkommen über die Gleichung

$$\eta = \frac{\ln\left(1 - \frac{\partial T(Y)}{\partial Y}\right)}{\ln\left(1 - \frac{\partial T(Y)}{Y}\right)} \quad (4)$$

bestimmt werden. Hierzu können entweder bestimmte Einkommensniveaus (meist die Durchschnittseinkommen) und die zugehörigen Steuersätze direkt eingesetzt werden, oder Gleichung (4) wird als lineare Regressionsgleichung abgeleitet und mittels der Steuersätze für die Einkommensklassen geschätzt. Die Unterschiede in den vorliegenden Schätzungen (Tabelle 1) ergeben sich aus der Berücksichtigung von Sozialversicherungsabgaben, der Bereinigung um Steuerfreibeträge und aus der Gewichtung der Schätzungen mit der Anzahl der Steuerpflichtigen in der jeweiligen Steuerkategorie. Die meisten Studien nutzen als Datenbasis die Steuersätze nur eines Beobachtungsjahres. Groom und Maddison (2013) verwenden allerdings für den Regressionsansatz einen Beobachtungszeitraum von zehn

Jahren und für den direkten Ansatz einen Zeitraum von fast 60 Jahren. Sie argumentieren, dass für die Analyse eines längeren Zeitraums zum einen die Veränderungen des Einkommenssteuersystems im Zeitverlauf sprechen, und zum anderen insbesondere für öffentliche Investitionen mit langer Lebensdauer ein langfristiger Ansatz zur Steuergerechtigkeit eher adäquat ist.



**Abbildung 1: Schätzung der Aversion gegen Ungleichheit bei  $\pm 20\%$  des Durchschnittseinkommens (Quelle: Groom und Maddison (2013), Appendix 2, S. 38.)**

Die in Tabelle 1 zusammengefassten Studien des Steuerprogressionsansatzes weisen eine relativ geringe Bandbreite für den gesuchten Parameter  $\eta$  auf, der zwischen 1,3 und 1,7 liegt. Groom und Maddison (2013) weisen jedoch einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Schätzungen für den gesuchten Parameter  $\eta$  bei einer Abweichung von  $\pm 20\%$  des Durchschnittseinkommens nach und stellen damit die dem Ansatz zu Grunde liegende Annahme der Unabhängigkeit der Elastizität des Grenznutzens des Konsums vom Einkommensniveau (iso-elastische Nutzenfunktion) in Frage (Abb. 1).

Studie	Land	Zeitraum	Ergebnis
<i>Steuerprogressionsansatz</i>			
Evans und Sezer (2004)	Australien	2001/02	1,72
	Frankreich	2001/02	1,28
	Deutschland	2001/02	1,42
	Japan	2001/02	1,37
	UK	2001/02	1,47

	USA	2001/02	1,43
Cowell und Gardiner (1999)	UK	1998/9 1999/0	1,43 1,41
Rapp Trans (2005)	Schweiz	2003	1,45
Evans (2008)	UK	2002/03	1,58*
Groom und Maddison (2013)	UK	1948 - 2010	1,57
Aristei und Perugini (2010) <sup>1)</sup>	UK	2006	1,68
	Frankreich	2006	1,27
	Deutschland	2006	1,44
<i>Ansatz intertemporalen Konsumentscheidungen</i>			
Kula (1987)	UK	1954 - 1976	0,70
	USA	1954 - 1976	1,89
	Kanada	1954 - 1976	1,56
Scott (1977)	UK	1951 - 1973	1,50
Selvanathan und Selvanathan (1993)	UK	1965 - 1981	2,58
	USA	1965 - 1981	2,53
	Kanada	1965 - 1981	1,80
	Schweiz	1965 - 1981	1,80
	Deutschland	1965 - 1981	1,62
	Frankreich	1965 - 1981	1,89
	Niederlande	1965 - 1981	1,21
Patterson und Pesaran (1992)	UK	1955 - 1989 (Quartalsdaten)	2,56
Blundell et al. (1994)	UK	1970 - 1986	0,90
Van Dahlen (1995)	UK	1830 - 1990	2,28
Berloffa (1997)	UK	1970 - 1986	2,76
Evans und Sezer (2002)	UK	1967 - 1997	1,64
Rapp Trans (2005)	Schweiz	1983 - 2003	1,50
Evans (2004)	UK	1965 - 2001	1,60
Groom und Maddison (2013)	UK	1975 - 2011 (Quartalsdaten)	1,52 - 1,57
		1964 - 2010 (Jahresdaten)	1,10 - 1,55
Chetty (2006)	Meta-Analyse von Studien zur Elastizität des Arbeitsangebots, unterschiedliche Zeiträume		< 2
Asplund (2017)	Meta-Analyse Schweden und USA		0,9 - 1,6



<i>Lebenszufriedenheitsansatz</i>			
Layard et al. (2008)	Deutschland <sup>2)</sup>	1994 - 2005	1.15 - 1.26
Gandelman und Fernandez-Murillo (2014)	Deutschland <sup>3)</sup>	Gallup World Poll, 2006	0.77
Häse und Obermeyer (2017)	Deutschland	1994-2013	1.19 - 1.43
*Ungewichteter Wert, ohne National Insurance Contributions. Der Wert für einen Single-Vollzeitbeschäftigten mit durchschnittlichem Einkommen liegt lt. Evans (2008) bei 1.06. - <sup>1)</sup> Die Studie weist Ergebnisse für insgesamt 26 europäische Länder aus, hier sind nur Länder dargestellt, für die es auch aus anderen Studien Vergleichsergebnisse gibt.- <sup>2)</sup> Die Studie weist Ergebnisse für insgesamt 6 Länder aus.- <sup>3)</sup> Die Studie weist Ergebnisse für insgesamt 75 Länder aus.			

**Tabelle 1: Studien zur Elastizität des Grenznutzens des Konsums, Quelle: Eigene Zusammenstellung.**

Die in Tabelle 1 dargestellten Schätzungen mittels Euler-Gleichung basieren entweder auf aggregierten Makrodaten zu Einkommen und Konsum aus der VGR oder auf Mikrodaten auf Haushaltsebene aus Zensus- oder Panel-Befragungen; die methodische Basis bilden Kointegrationsmodelle sowie Modelle mit Instrumentenvariablen. Die Unterschiede der aus den Euler-Gleichungen resultierenden Schätzungen für den Parameter  $\eta$  resultieren aus der Definition der Konsumvariable, die sich hinsichtlich der Berücksichtigung dauerhafter Güter, demographischer Veränderungen und sich im Zeitverlauf ändernder Konsumbedürfnisse der Haushalte unterscheiden. So berücksichtigen einige Studien neben den Konsumausgaben im engeren Sinne auch Freizeitausgaben, längerlebige Güter (z. B. Groom und Maddison, 2013) oder neben dem privaten auch den öffentlichen Konsum (z.B. Van Dahlen, 1995). Die als Referenzstudie geltende Arbeit von Blundell et al. (1994) zeigt, dass Analysen, die nur eine aggregierte Konsumvariable enthalten und demographische Variablen ignorieren, zu verzerrten Ergebnissen führen. Dementsprechend beziehen spätere Studien (beispielsweise Attanasio und Browning, 1995; Berloff, 1997) Haushaltscharakteristika und demographische Faktoren explizit in die Schätzung ein.

Groom und Maddison (2013) zeigen innerhalb eines Überblicks über Studien zur Euler-Gleichung für Großbritannien, dass die Verwendung von Mikro-Daten zu höheren Schätzergebnissen für die intertemporale Substitutionselastizität führen als die Nutzung von Makrodaten, wenngleich die Differenz nicht statistisch signifikant ist. Außerdem zeigen mit Ausnahme von Patterson und Pesaran (1992) alle Studien, dass die Euler-Gleichung strukturell instabil ist. Interessant ist außerdem das Ergebnis von Blundell et al. (1994), dass die Elastizität des Grenznutzens des Konsums nicht konstant ist, ein Ergebnis, das mit den aus dem Steuerprogressionsansatz resultierenden Schätzungen in Groom und Maddison (2013) korrespondiert.

Ein weiterer Ansatz, der ebenfalls auf der Annahme der additiven Separabilität der Nutzenfunktion beruht, ist die so genannte Frisch-Formel (Frisch, 1959)

$$\eta = \frac{K_i(1-w_i)K_i}{\varepsilon_{ii}}, \quad (6)$$

in der  $K_i$  die Einkommenselastizität und  $\varepsilon_{ii}$  die kompensierte Eigenelastizität der Nachfrage nach Gut  $i$  sowie  $w_i$  den entsprechenden Anteil der Ausgaben für Gut  $i$  am Einkommen des Haushalts repräsentieren. Die Frisch-Formel wird unter der Annahme, dass diese Gütergruppen additiv separabel sind, auf die Ausgaben der Haushalte für Nahrungsmittel und die restlichen Ausgaben angewendet. Es ist allerdings anzumerken, dass es für diese Annahme so gut wie keinen empirischen oder ökonometrischen Beleg gibt.

Die vorliegenden Studien zur Schätzung der Elastizität des Grenznutzens des Konsums mittels des Ansatzes der intertemporalen Konsumententscheidungen weisen im Vergleich zum Steuerprogressionsansatz eine höhere Bandbreite der Schätzergebnisse auf (Tab. 1).

#### **Schätzung mittels der Lohnelastizität des Arbeitsangebots**

Während der Ansatz der intertemporalen Konsumententscheidungen auf Lebenszyklusmodellen des intertemporalen Konsumierens und Sparens basiert, schlägt Chetty (2006) einen alternativen Ansatz vor, der – ebenfalls im Rahmen von Lebenszyklusmodellen – die Entscheidung zwischen Konsum und Freizeit durch die Reaktion des Arbeitsangebots (in Arbeitsstunden) auf Lohnänderungen abbildet. Mittels der Slutsky-Zerlegung des Arbeitsangebots identifiziert Chetty (2006) einen Einkommenseffekt, bei dem ein Lohnanstieg zu einer höheren Nachfrage nach Freizeit führt, sowie einen Substitutionseffekt, der zu einem Anstieg des relativen Grenzpreises für Freizeit und damit zu sinkender Freizeitnachfrage führt. Unter der Annahme, dass der Nutzen aus Freizeit unabhängig vom Konsum ist und es neben dem Lohneinkommen keine weiteren Einkommen gibt, diskutiert Chetty (2006) zunächst drei Fälle:

- $\eta = 1$ : Beide Effekte heben einander auf.
- $\eta < 1$ : Der Substitutionseffekt dominiert und die Freizeitnachfrage sinkt.
- $\eta > 1$ : Der Einkommenseffekt dominiert und die Freizeitnachfrage steigt.

Unter der Annahme, dass die Änderungen der Freizeitnachfrage durch Änderungen des Arbeitsangebotes bedingt sind, kann  $\eta$  über die Reaktion des Arbeitsangebotes auf Lohnänderungen geschätzt werden. Chetty (2006) leitet analytisch durch eine Meta-Analyse von 33 Studien zur Elastizität des Arbeitsangebots eine Obergrenze von  $\eta < 2$  her, wobei schließlich neben dem Arbeitseinkommen auch Nicht-Arbeitseinkommen berücksichtigt und Komplementarität zwischen Arbeit und Konsum angenommen wird.

Asplund (2017) bezieht in Chettys (2006) analytisches Modell zusätzlich die Möglichkeit ein, dass die Individuen zwischen Marktarbeit und Haushaltsarbeit substituieren können und leitet für zwei Spezialfälle

- keine Reaktion des Arbeitsangebotes auf Lohnänderung,
- Nutzen aus Freizeit und Konsum sind additiv,
- eine Mindestgröße für  $\eta$  her, die zwischen 0,9 und 1,6 liegt.

Im Vergleich zu den Ergebnissen des Ansatzes der intertemporalen Konsumententscheidungen liefern die Schätzungen mittels der Elastizität des Arbeitsangebotes niedrigere Werte für  $\eta$ .

### ***Lebenszufriedenheitsansatz***

Eine weitere Methode zur Ermittlung der Elastizität des Grenznutzens des Konsums basiert auf Befragungen von Individuen oder Haushalten zur subjektiven Lebenszufriedenheit. Mit diesem aus der sogenannten Glücksforschung stammenden Ansatz wird angenommen, dass die Lebenszufriedenheit mit dem Nutzen des Konsums korrespondiert und dass die Befragungsteilnehmer in der Lage sind, ihren Nutzen  $U_i$  bzw. ihre subjektive Lebenszufriedenheit  $H_i$  auf einer diskreten Skala anzugeben, so dass der Zusammenhang zwischen Lebenszufriedenheit und Nutzen für jedes Individuum mittels einer Transformationsfunktion  $H_i = g(U_i)$  beschrieben werden kann. Unter der Annahme einer ordinalen Beziehung zwischen  $H$  und  $U$  kann mit Hilfe eines ordinalen Regressionsmodells der gesuchte Schätzwert für die Elastizität des Grenznutzens des Konsums abgeleitet werden.

Layard et al. (2008) wenden diesen Ansatz auf sechs internationale Haushaltsbefragungen zur Lebenszufriedenheit an, wobei die Schätzergebnisse für die gesuchte Elastizität bei allen sechs Haushaltsbefragungen relativ nahe beieinanderliegen, jedoch zwischen verschiedenen Untergruppen der Bevölkerung (Geschlecht, Alter, Bildungsstand oder Familienstand) variieren. Gandelmann und Hernandez-Murillo (2014) schätzen auf Basis der Daten des Gallup World Poll für 2006 für 75 Länder die gesuchte Elastizität. Häse und Obermeyer (2017) untersuchen verschiedene Modelltypen für Deutschland. Die mit dem Lebenszufriedenheitsansatz erhaltenen Schätzungen (Tabelle 1) liefern im Vergleich zum Stererprogressionsansatz und zum Ansatz der intertemporalen Konsumententscheidungen niedrigere Werte.

## 3.4 DISKONTIERUNGSSÄTZE FÜR DEUTSCHLAND

Für Deutschland sind zur Ableitung des Diskontierungssatzes nur wenige ökonometrische Studien verfügbar (Tabelle 2). Die aus Evans und Sezer (2004) sowie aus Aristei und Perrugini (2010) mit dem Steuerprogressionsansatz ermittelten Werte für die Elastizität des Grenznutzens des Konsums liegen mit 1,43 und 1,44 nahe beieinander. Selvanathan und Selvanathan (1993) schätzen mit dem Ansatz der intertemporalen Konsumententscheidungen einen Wert von 1,62. Für den Lebenszufriedenheitsansatz liegen drei Studien vor, die von

0,77 bis 1,43 reichen (Layard et al., 2008; Gandelmann und Hernandez-Murillo, 2014; Häse und Obermeyer; 2017). Unter der Annahme einer reinen Zeitpräferenzrate von 0,1 und einer Wachstumsrate des Konsums von 1% würde sich aus diesen Schätzungen für die soziale Diskontierungsrate in Deutschland eine Bandbreite von 0,87 bis 1,72 ergeben, bei einer Wachstumsrate des Konsums von 2% eine Spanne von 1,64 bis 3,34.

Die weiteren in Tabelle 2 angegebenen Quellen sind im Rahmen der Arbeiten zur Bundesverkehrswegeplanung bzw. in zahlreichen Wegekostenstudien verschiedener Institute entstanden. Im Gegensatz zu den Studien zur Elastizität des Grenznutzens des Konsums basieren sie nicht auf empirisch-ökonomischen Arbeiten. Kotz et al. (1987) leiten unter der Annahme einer optimalen Allokation zwischen Investitionen und Konsum mittels eines intertemporalen Modells für  $r = s$  eine Größenordnung von 2% bis 3% ab<sup>3</sup>. Beckers et al. (2009) ermitteln durch Einsetzen plausibler Werte für die relevanten Parameter (Steuersätze, Wachstumsrate des Konsums, Elastizität des Grenznutzens des Konsums etc.) mit dem Opportunitätskostenansatz einen Wert von 2% und mit dem Ansatz der sozialen Zeitpräferenzrate einen Wert von 1,97%. Der aktuelle Bundesverkehrswegeplan 2015 verwendet darauf aufbauend, eine Diskontierungsrate von 1,7%. Link et al. (2009) folgen der Konvention der deutschen Wegekosten-Enquete und legen, basierend auf dem Opportunitätskostenansatz einen realen Zinssatz von 2,5% als Diskontierungsrate in der Wegekostenstudie für 2007 zugrunde<sup>4</sup>. Die Wegekostenstudie von Alfen et al. (2014) präferiert ebenfalls den Opportunitätskostenansatz und leitet aus einer Prognose der durchschnittlichen Umlaufrendite von Bundesanleihen mittlerer Laufzeit einen realen Zinssatz von 1,1% ab.

Studie	Methode	Daten und Annahmen	Ergebnis
<i>Schätzungen für die für die Elastizität des Grenznutzens des Konsums <math>\eta</math></i>			
Evans und Sezer (2004)	Steuerprogression	OECD-Daten	1,4
Selvanathan und Selvanathan (1993)	Intertemporale Konsumententscheidungen	OECD-Daten	1,62
Layard et al. (2008)	Lebenszufriedenheitsansatz	SOEP-Daten	1,26 (0,9 - 1,63)
Aristei und Perugini (2010) <sup>1)</sup>	Steuerprogression	2006	1,44
Gandelman und Fernandez-Murillo (2014)	Lebenszufriedenheitsansatz	Gallup World Poll, 2006	0,77

<sup>3</sup> Der obere Schätzwert von 3% war bis zum vorletzten BVWP 2003 der maßgebliche Zinssatz für die Bewertungsmethodik der BVWP.

<sup>4</sup> Sie wurde aus dem langjährigen Durchschnitt der Renditen für Anleihen der öffentlichen Hand, vermindert um die durchschnittliche jährliche Preissteigerungsrate für Verkehrswegeinvestitionen, errechnet.

Häse und Obermeyer (2017)	Lebenszufriedenheitsansatz	1994 – 2013	1,19 – 1,43
<i>Angenommene Werte für die soziale Diskontierungsrate</i>			
Kotz et al. (1987)	Intertemporale Wohlfahrtsfunktion	Optimale Allokation zwischen Konsum und Investitionen	$2,0 < r < 3,0$ $r = p = 3,0$
Prograns und IWW (2007)	Opportunitätskostenansatz	Keine Angabe	$r = 5,5$ (nominal)
Beckers et al. (2009)	Opportunitätskostenansatz Einsetzen plausibler Werte	$t_s, t_d = 0$ ; $0,25 < t_u < 0,35$ $1,3 < i < 3,5$ $0,6 < \lambda < 0,8$	$1,4 < r < 3,0$ $r = 2,0$
Beckers et al. (2009)	Soziale Zeitpräferenzrate Einsetzen plausibler Werte	$1,0 < g < 2,0$ $1,0 < \eta < 1,5$ $\delta = 0,1$	$1,1 < p < 3,1$ $p = 1,97$
Link et al. (2009)	Opportunitätskostenansatz	langjähriger historischer Durchschnitt der Renditen für Anleihen der öffentlichen Hand	$r = 2,5$
Alfen et al. (2014)	Opportunitätskostenansatz	Prognose der durchschnittlichen Umlaufrendite von Bundesanleihen mittlerer Laufzeit	$r = 1,1$

**Tabelle 2: Diskontierungssätze für Deutschland, Quelle: Eigene Zusammenstellung.**

#### 4 Zeitinkonsistenz und hyperbolisches Diskontieren

Die exponentielle Diskontierungsformel geht davon aus, dass sich eine Entscheidung zwischen zwei verschiedenen Optionen nicht ändert, wenn man diese beiden Optionen um die gleiche Zeitspanne verschiebt. Diese Annahme zeitkonsistenter Präferenzen steht jedoch im Widerspruch zum beobachteten Verhalten, dass Individuen Ereignisse in ferner Zukunft anders bewerten als wenn sie gerade bevorstünden, und einmal gefasste Pläne im Zeitverlauf ändern oder womöglich ganz ad acta legen. Das Phänomen gegenwartsverzerrter Präferenzen, bei dem eine Person die nahe Zukunft stärker bewertet als die ferne Zukunft, bzw. verallgemeinert die Existenz von zeitinkonsistenten Präferenzen, führte zum Ansatz der hyperbolischen sowie quasi-hyperbolischen Diskontierung, bei der die Diskontierungsrate selbst eine Funktion der Zeit ist. So zeigen zahlreiche experimentelle Studien wie zum Beispiel Thaler (1981), Kirby (1997), Laibson (1997), Benhabib et al. (2004) und Cameron und Gerdes (2005), dass Individuen hyperbolisch diskontieren, d.h. eine höhere Diskontierungsrate für die nähere Zukunft und eine niedrigere für die entfernte Zukunft verwenden. In den letzten Jahren konnten im

Rahmen der Neuroökonomie anhand von Messungen der Hirnaktivität von Versuchspersonen zudem nachgewiesen werden, dass beim Diskontieren bestimmte Hirnareale wie der ventromediale präfrontale Kortex und das Striatum aktiv sind, wenngleich es innerhalb dieser Disziplin noch einen Dissens darüber gibt, ob ein einziges System oder zwei getrennte Systeme für das hyperbolische Diskontieren verantwortlich sind. Eine Darstellung dieser Forschungsrichtung würde den vorliegenden Beitrag sprengen; der interessierte Leser sei beispielsweise auf McClure et al. (2004), Kable und Glimcher (2007) und Gregoriuos-Pippas et al. (2009) verwiesen.

In der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur wurde die Anwendung des hyperbolischen Diskontierens durch Arbeiten von Phelps und Pollack (1968) zum intergenerationellen Altruismus, Akerlof (1991) zum Phänomen des Aufschiebens, Ainslie (1992) zum Suchtverhalten, und Loewenstein und Prelec (1992) sowie Laibson (1997) zur Analyse von Sparen und Konsum inspiriert. In den meisten Studien hat sich die von Laibson (1997) vorgeschlagene quasi-hyperbolische Diskontierungsfunktion durchgesetzt, die eine Approximation der hyperbolischen Diskontierungsfunktion darstellt und analytisch leichter handhabbar ist. Die Diskontierung eines Nutzenstroms  $U(c_t, \dots, c_T)$  ergibt sich danach als

$$U(c_t, \dots, c_T) = \delta^t u(c_t) + \beta \sum_{\tau=t+1}^T \delta^\tau u(c_\tau) \quad (7)$$

mit  $0 \leq \beta < 1$  und  $0 < \delta < 1$ , wobei der Nutzenstrom der aktuellen Periode  $t$  mit dem Faktor  $\delta^t$  und die Nutzenströme aller folgenden Perioden mit einem um  $\beta < 1$  verminderten exponentiellen Faktor  $\delta^\tau$  multipliziert werden. Für  $\beta = 0$  ergibt sich die bekannte exponentielle Diskontierungsformel, für  $\beta < 1$  ein „Gegenwartsbias“, d. h. eine stärkere Bewertung des gegenwärtigen Konsums. O’Donoghue und Rabin (1999) bezeichnen hyperbolische Präferenzen auch als  $(\beta, \delta)$  Präferenzen. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass hyperbolisches Diskontieren zwar zeitinkonsistentes, jedoch nicht zwangsläufig irrationales Verhalten widerspiegelt. Zudem kann das Problem fehlender Zeitkonsistenz von Entscheidungen durch Maßnahmen der Selbstbindung sowohl auf individueller als auch auf politisch-gesellschaftlicher Ebene gelöst werden.

Karp (2005) verwendet das quasi-hyperbolische Diskontieren in einem theoretischen Modell zur Diskontierung von Maßnahmen gegen den Klimawandel. Ein empirischer Nachweis des quasi-hyperbolischen Diskontierens findet sich zum Beispiel in Viscusi und Huber (2006) bei der Bewertung von Kosten zur Verbesserung der Wasserqualität von Gewässern in den USA. Hepburn (2004) zeigt, dass „naives“ hyperbolisches Diskontieren beispielsweise beim Bewirtschaften einer natürlichen, reproduzierbaren Ressource wie dem nordatlantischen Kabeljau und der peruanischen Sardelle zur völligen Erschöpfung dieser Ressource führen kann. Die Ursache hierfür liegt wiederum in der Zeitinkonsistenz des „naiven“ Planers begründet, die ein informierter Planer mittels geeigneter Regulierungs- und Selbstbindungsmaßnahmen zu berücksichtigen weiß.

## 5 Im Zeitverlauf sinkende Diskontierungsraten

Die traditionell in der Kosten-Nutzen-Analyse für öffentliche Investitionen verwendete exponentielle Diskontierungsformel führt bei Entscheidungen, die einen sehr langen Zeithorizont betreffen, dazu, dass in ferner und sehr ferner Zukunft auftretende Kosten und Nutzen zu stark abgewertet werden und die Entscheidungssituation verzerrt wird. Dieses Problem ist insbesondere im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion relevant. Prominente Beispiele hierfür sind Maßnahmen gegen den Klimawandel und gegen Verluste an Biodiversität, Investitionen zur Beseitigung von nuklearem Müll oder auch die Folgekosten von Projekten bzw. Entscheidungen wie z. B. dem Kohleabbau<sup>5</sup>. Dementsprechend wurde seit den 80er Jahren insbesondere innerhalb der Ökologiebewegung und im Zusammenhang mit der Diskussion um die Generationengerechtigkeit grundsätzliche Kritik am Konzept der Diskontierung geübt (vgl. z. B. Birnbacher, 1989; Schelling, 1995), teilweise die Diskontierung grundsätzlich in Frage gestellt (Lesser und Zerbe, 1995; Schelling, 1995) und vorgeschlagen, Gerechtigkeitsaspekte in der Kosten-Nutzen-Analyse zu berücksichtigen. Dem steht jedoch das Argument gegenüber, dass die Kosten-Nutzen-Analyse ein Instrument für die (auf einheitlichen Kriterien beruhende, nachvollziehbare und transparente) Auswahl und Priorisierung effizienter Projekte darstellt, in denen Gerechtigkeitsaspekte zunächst keine Rolle spielen. Zudem müssten die Parameter der Diskontierungsrate normativ gesetzt werden und unterliegen damit ethisch-moralischen Bewertungen, für die möglicherweise weder ein wissenschaftlicher noch ein demokratischer Konsens existiert.

Neben dem politisch-praktischen Problem einer zu starken Abwertung von weit in der Zukunft liegenden Kosten und Nutzen steht die Anwendung des exponentiellen Diskontierens mit einer zeitlich konstanten Diskontierungsrate im Widerspruch zum in der Realität bzw. in Experimenten beobachteten hyperbolischen Diskontierungsverhalten (Kapitel 4). Aus diesem Widerspruch zwischen der verhaltensökonomischen Erklärung des beobachteten hyperbolischen Diskontierens von Individuen und der aus dem Discounted Utility Modell abgeleiteten exponentiellen Diskontierungsformel, die im Zeitverlauf konstant und zeitkonsistent ist, resultierten einige Arbeiten zur Verbindung beider Konzepte. Ausgehend von dem Argument, dass eine soziale Diskontierungsrate, die zur Entscheidung über öffentliche Investitionen verwendet wird, die individuellen Präferenzen der Bevölkerung abbilden sollte, beschäftigten sich Gollier und Zeckhauser (2005), Jackson und Yariv (2012), Heal und Milner (2013) sowie Milner und Heal (2014) mit der Aggregation heterogener intertemporaler Präferenzen von Individuen zu einer sozialen Diskontierungsrate. Dennoch haben sich die dort beschriebenen Erklärungsansätze nicht durchgesetzt. So kritisieren z. B. Henderson und Bateman (1995), dass die hyperbolische

---

<sup>5</sup> So fallen zum Beispiel aufgrund der durch den Kohleabbau bedingten Absenkung des Ruhrgebietes „ewige“ Pumpkosten an.

Diskontierung als Ansatz zur Beschreibung zeitinkonsistenten Verhaltens ungeeignet für ein Modell der rationalen politischen Entscheidungsfindung sei<sup>6</sup>. Groom und Hepburn (2017) weisen zudem darauf hin, dass die verhaltensökonomischen Modelle für kürzere Zeiträume des Entscheidungsverhaltens wie Tage, Wochen oder bestenfalls 1 bis 2 Jahre abgeleitet wurden, nicht aber für Dekaden oder gar Jahrhunderte.

Die ökonomische Forschung und Politikberatung hat seit den neunziger Jahren auf die Kritik an der exponentiellen Diskontierungsformel mit zahlreichen theoretischen und empirischen Arbeiten zu im Zeitverlauf sinkenden Diskontierungsraten reagiert, die im Folgenden dargestellt werden sollen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um zwei zunächst voneinander unabhängig entwickelte Denkansätze: die von Christian Gollier (Toulouse School of Economics) entwickelte stochastische Erweiterung der Ramsey-Gleichung, und der vom Harvard-Ökonomen Martin Weitzman entwickelte Ansatz des erwarteten Gegenwartwertes unter Zugrundelegung der Gammaverteilung.

### 5.1 STOCHASTISCHE ERWEITERUNG DER RAMSEY-GLEICHUNG

Ausgangspunkt für Erweiterungen der Ramsey-Formel war zunächst die Unsicherheit über die zukünftige Wachstumsrate des Konsums  $g$ , insbesondere bei sehr langem Zeithorizont. Die Modellierung dieser Unsicherheit basiert auf der Annahme, dass Konsumschocks unabhängig und identisch normalverteilt mit bekannten Mittelwert  $\mu_g$  und Varianz  $\sigma_g^2$  sind, und ergänzt die Ramsey-Gleichung um einen dritten Term, der als Unsicherheits- oder Vorsorgeterm interpretiert wird (Gollier, 2002; Mankiw, 1981):

$$p = \delta + \eta \mu_g - 0.5 \eta^2 \sigma_g^2 \quad . \quad (8)$$

Er drückt die Unsicherheit über die Wachstumsrate des zukünftigen Konsums aus und würde den Planer veranlassen, durch höheres Sparen in der Gegenwart Vorsorge zu treffen. Die Größe dieses Terms ist von der Art der betrachteten Konsumschocks abhängig und variiert von Land zu Land. So schätzt Kocherlokata (1996), basierend auf Daten zum Konsumverhalten in den USA von 1889 - 1978, für die Parameter  $\mu$  und  $\sigma$  Werte von 1,8% und 3,6%, was unter der Annahme von  $\delta = 0$  und  $\eta = 2$  (Gollier, 2008) zu einem Vorsorgetermen von 0,26% und einer Diskontierungsrate von 3,34% anstelle von 3,6% in der originalen Ramsey-Formel führen würde. Gollier (2011) findet insbesondere für Entwicklungsländer wesentlich höhere Vorsorgeterme. Wenn die Konsumschocks durch Katastrophen ausgelöst werden (zum Beispiel große Depression, Bio-Terrorismus, Mega-

---

<sup>6</sup> Wie an anderer Stelle bereits ausgeführt, ist hyperbolisches Diskontieren allerdings nicht zwangsläufig als Ausdruck fehlender Rationalität anzusehen.



Viren), ergeben sich nach Pindyck und Wang (2013) höhere Unsicherheits- bzw. Vorsorgeterme in der Größenordnung von 1,2 bis 1,6.

Während die Erweiterung der Ramsey-Gleichung um einen Vorsorge- bzw. Unsicherheitsterm zu einer zwar niedrigeren, aber dennoch konstanten Diskontierungsrate führt, leitet Gollier (2008) unter den Annahmen einer CRRA-Nutzenfunktion (d. h. einer iso-elastischen Nutzenfunktion) sowie zeitlich positiv korrelierter Konsumschocks eine im Zeitverlauf sinkende Diskontierungsrate her. So kann die Wachstumsrate des Konsums  $\ln(c_t/c_{t-1}) \equiv x_t$  unter der Annahme, dass die Konsumschocks einem autoregressiven Prozess erster Ordnung (AR (1) - Prozess) folgen, wie folgt modelliert werden:

$$x_t = \varphi x_{t-1} + (1 - \varphi)\mu + u_t. \quad (9)$$

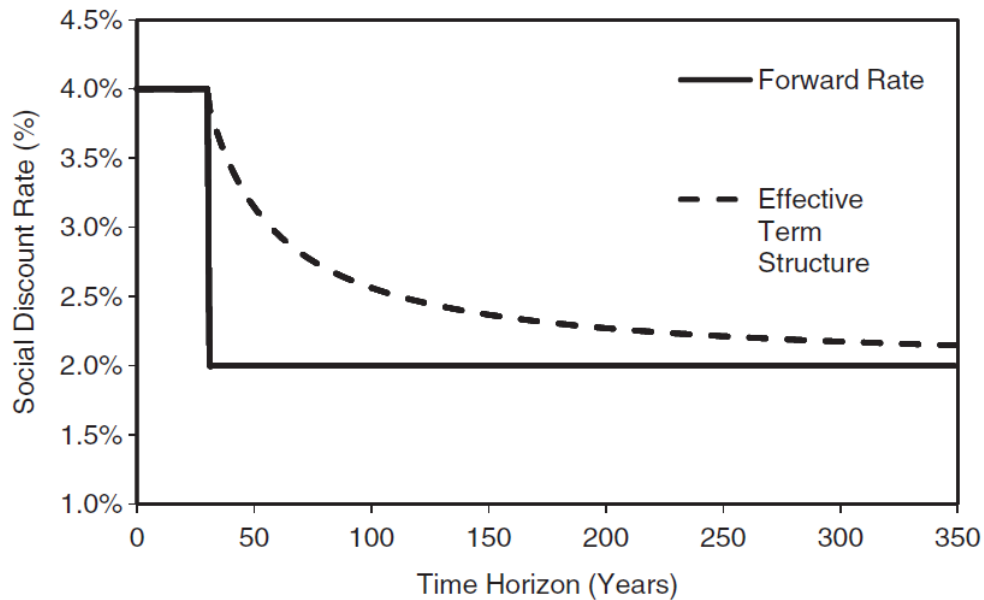
Unter der Bedingung, dass  $0 < \varphi < 1$ , ergibt sich eine sinkende Diskontierungsrate, wobei für unendliches  $t$  der Vorsorgeterm mit dem Faktor  $(1 - \varphi)^2$  multipliziert wird. Gollier (2008) leitet für  $\varphi = 0,3$  eine moderat sinkende Diskontierungsrate ab. Ceccetti et al. (2000) erhalten bei Zugrundelegung eines Regime-Switching Prozesses in einem positiven Wachstumsregime eine sicherheits-äquivalente Diskontierungsrate von 4,3% in der Gegenwart und 3,4% nach 100 Jahren. Für den – der Realität am besten entsprechenden – Fall von Unsicherheit hinsichtlich der zukünftigen Wachstumsrate des Konsums, d. h. für den Fall, dass  $\mu_g$  und  $\sigma_g$  unbekannt sind, ergeben sich ebenfalls im Zeitverlauf sinkende Diskontierungsraten. So betrachtet Gollier (2008) den Fall, dass die Wachstumsrate des Konsums in logarithmierter Form einem Random-Walk folgt und die durchschnittliche Wachstumsrate von einem Parameter  $\theta$  abhängt, d. h.  $\mu_g = \mu_g(\theta)$ . Die sicherheitsäquivalente Diskontierungsrate ist dann durch

$$R_t = \delta + \eta M_t \quad (10)$$

gegeben, wobei  $M_t$  wie folgt definiert ist:

$$\exp(-\eta t M_t) = E_\theta \exp[-(\eta t \mu_g(\theta) - 0.5 \eta \sigma_g^2)] \quad (11)$$

Aufgrund der Jensenschen Ungleichung sinken  $M_t$  und  $R_t$  über die Zeit. Abb. 2 zeigt den Verlauf der Diskontierungsrate  $R_t$  für die Parameter  $\delta = 0$ ,  $\eta = 2$  und  $\sigma_g = 3,6\%$  sowie gleichverteiltem  $\mu_g$  mit 1% bzw. 3%. Die sicherheitsäquivalente Diskontierungsrate beträgt bei Wahl dieser Parameter 3,8% heute und 2% nach 300 Jahren.

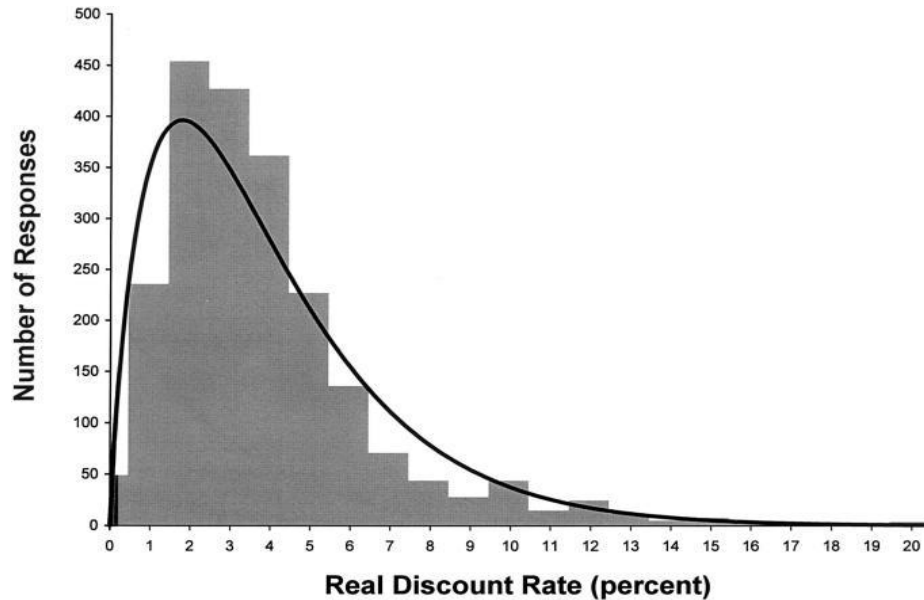


**Abbildung 2: Im Zeitverlauf sinkende soziale Diskontierungsrate in Frankreich, Quelle: Lebegue (2005).<sup>7</sup>**

## 5.2 DER ERWARTETE GEGENWARTSWERT ALS ALTERNATIVER ANSATZ

Die Ramsey-Gleichung sowohl in ihrer ursprünglichen als auch in ihrer erweiterten Form kann keinen unmittelbaren empirischen Verlauf für die sicherheitsäquivalente Diskontierungsrate liefern, sondern muss parametrisiert werden. Parallel zu den Arbeiten von Gollier an der Erweiterung der Ramsey-Formel entwickelte Weitzman einen Modellierungsansatz, mit dem die Diskontierungsrate direkt empirisch bestimmt werden kann. Ausgangspunkt für den von Weitzman vorgeschlagenen Ansatz des erwarteten Nettogegenwartswertes ist das „klassische“ Diskontieren, bei dem zukünftigen Nutzen auf ihren Gegenwartswert über die Rendite langfristiger öffentlicher Anleihen  $r$  bei sehr langen Zeithorizont diskontiert werden. Berücksichtigt man dabei die Unsicherheit über den zukünftigen Verlauf der Rate of Return langfristiger öffentlicher Anleihen mittels einer (stationären) Wahrscheinlichkeitsverteilung, so ergibt sich eine im Zeitverlauf sinkende Diskontierungsrate.

<sup>7</sup> Anmerkung: Die Forward Rate ist die Rate, mit der die Kosten und Nutzen des Jahres  $t + 1$  auf das Jahr  $t$  diskontiert werden. Die Effective Term Structure ist die Rate zur Diskontierung von  $t$  zurück auf  $t = 0$ .



**Abbildung 3: Gammaverteilung für die langfristige Diskontierungsrate für klimapolitische Maßnahmen, Quelle: Weitzman (2001).**

Weitzman (1998, 2001) beschreibt die Unsicherheit bezüglich  $r$  mittels einer Gammaverteilung mit dem Mittelwert  $\mu$  und der Varianz  $\sigma^2$  und leitet für die sicherheitsäquivalente Diskontierungsrate die Gleichung

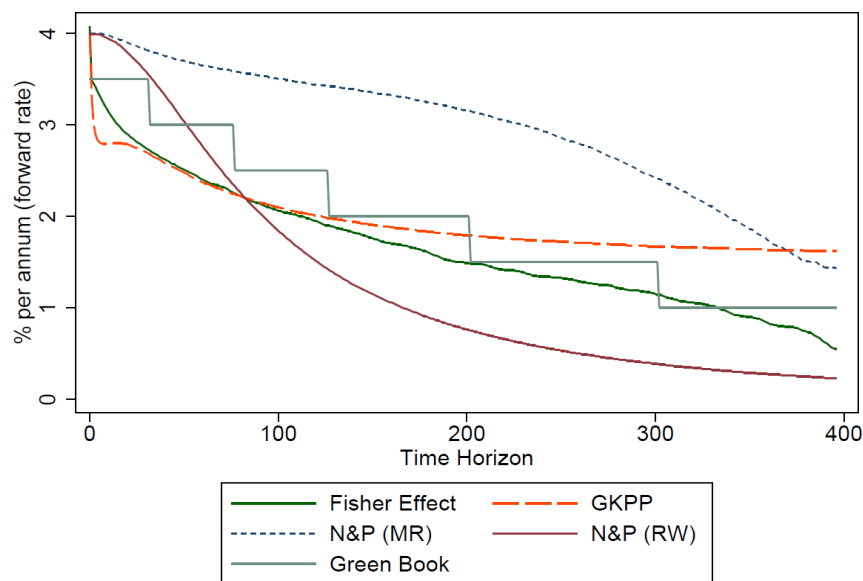
$$R_t = \mu / [1 + t \sigma^2 / \mu] \quad (12)$$

ab. Die verwendete Gammaverteilung wurde dabei empirisch über eine Befragung von mehr als 2000 PhD-Ökonomen und 50 Top-Ökonomen<sup>8</sup> hinsichtlich ihrer als angemessen

---

<sup>8</sup> Zu den 50 befragten Top-Volkswirten gehörten: Akerlof, Arrow, Atkinson, Barro, Baumol, Becker, Bradford, Campbell, Card, Cline, Diamond, Dixit, Dreze, Feldstein, Fischer, Gordon, Hall, Harberger, Hausman, Jorgenson, Kotlikoff, Kreps, Krugman, Laffont, Leland, Lucas, Maler, Malkiel, Manne, McFadden, Merton, Mirrlees, Murphy, Nordhaus, Pestieau, Portney, Porterba, Ross, Sandmo, Schelling, Schmalensee, Scholes, Sen, Shiller, Shoven, Solow, Stiglitz, Summers, Tobin, Viscusi.

eingeschätzten Diskontierungsrate für die Kosten und Nutzen von Maßnahmen gegen den Klimawandel ermittelt. Die Antworten waren gamma-verteilt in einer Spanne von -3% bis +27% sowie einem Mittelwert von  $\mu = 3,96$  und einer Varianz von  $\sigma^2 = 2,94$  (vgl. Abbildung 3). Die daraus abgeleitete Diskontierungsrate würde stufenweise von 4% in der unmittelbaren Zukunft (innerhalb von 1 bis 5 Jahren), 3% innerhalb von 6 bis 25 Jahren, 2% innerhalb von 26 bis 75 Jahren auf 1% innerhalb von 76 bis 300 Jahren fallen und für die weit entfernte Zukunft (mehr als 300 Jahre) schließlich 0% betragen.



**Abbildung 4: Beispiele für empirisch ermittelte Verläufe sozialer Diskontierungsraten, Quelle: Freeman et al. (2015).<sup>9</sup>**

Die in Weitzmans Gammaverteilung der Expertenschätzungen abgebildete Unsicherheit ist allerdings laut Weitzman (2001) weniger als Unsicherheit über die zukünftige Zinsentwicklung, sondern eher als Heterogenität der Expertenmeinungen im Hinblick auf die normativ-ethische Bewertung zu interpretieren.

<sup>9</sup> Anmerkungen: GKPP: State space Modell aus Groom et al. (2007). Fisher Effect: Kointegrationsmodell mit Fisher-Effekt aus Freeman et al. (2015). N&P (MR): Mean-Reverting Modell aus Newell and Pizer (2003). N&P (RW): Random-walk Modell aus Newell and Pizer (2003).

Studie	Datenbasis	Diskontierungsrate (%)					Kosten pro t CO <sub>2</sub> **	Abweichung zu konstanter Diskontierung
		Heute	100 Jahre	200 Jahre	300 Jahre	400 Jahre		
<b>Newell und Pizer (2003)</b> Konstant 4% Random Walk Modell Mean-Reverting Modell*	USA 1798 - 1999	4	4	4	4	4	5,74	
		4	2	1	0,5	< 0,5	10,44	82%
		4	3,5	3,1	2	1	6,52	14%
<b>Groom et al. (2007)</b> Konstant 4% Random Walk Modell Mean-Reverting Modell IGARCH Modell Regime-Switching Modell State Space Modell*	USA 1798 - 1999						5,74	
		4,0	2,17	0,94	0,56	0,34	10,32	80%
		4,0	3,51	3,16	2,43	1,41	6,43	12%
		4,0	3,42	1,62	0,23	0,04	6,37	11%
		4,0	4,09	3,31	1,83	0,70	5,22	-9%
		4,0	2,10	1,79	1,67	1,61	14,44	152%
<b>Gollier et al. (2008)</b> Regime-Switching Modelle für:								
	Frankreich 1746 - 2006	4,8	3,6	2,7	1,7	1,1		
	Japan 1870 - 2006	4,5	3,1	2,6	2,1	1,4		
	Südafrika 1860 - 2006	3,9	3,5	3,1	2,7	2,4		
	Indien 1800 - 2006	4,5	3,8	3,1	1,8	0,8		

<b>Hepburn et al. (2009)</b>								
Regime-Switching Modelle für:								
Australien	1856 - 2004	3,5	3,38	3,2	2,87	1,03	15,50	130%
Kanada	1844 - 2004	3,5	2,79	2,56	2,37	2,16	17,30	150%
Deutschland	1804 - 2004	3,5	3,5	3,14	1,98	1,02	8,90	31%
UK	1802 - 2004	3,5	3,42	3,10	2,42	0,99	9,50	39%
** Die angegebenen Werte sind den entsprechenden Studien entnommen und basieren auf unterschiedlichen Währungen/Preisbasen wie folgt: Newell und Pizer (2003) sowie Groom et al. (2007) in US\$ auf Preisbasis 1989. Hepburn et al. (2006) in £ auf Preisbasis 2005. Keine vergleichbaren Angaben in Gollier et al. (2008).								

**Tabelle 3: Empirische Verläufe von Diskontierungsraten basierend auf univariaten Zeitreihenmodellen, Quellen: Eigene Zusammenstellung, basierend auf Newell und Pizer (2003), Groom et al. (2007), Gollier et al. (2008), Hepburn et al. (2006).**

### 5.3 EMPIRISCHE ARBEITEN ZU SINKENDEN DISKONTIERUNGSRATEN UND PRAKTISCHE RELEVANZ

Die vorliegenden empirischen Schätzungen von im Zeitverlauf sinkenden Diskontierungsraten basieren auf der Annahme, dass  $r_t$  durch die Entwicklung der Rate of Return von risikolosen Staatsanleihen approximiert werden kann. Grundsätzlich könnte deren langfristige Entwicklung entweder durch die Modellierung möglichst aller relevanten Einflussfaktoren oder durch univariate Zeitreihenmodelle geschätzt werden. Aufgrund der für die Modellierung aller relevanten Einflussgrößen erforderlichen Annahmen und den erheblichen empirischen Problemen hat sich die Nutzung univariater Zeitreihenmodelle durchgesetzt. Sie basieren auf Daten zur Entwicklung der realen Marktzinsen risikoloser Staatsanleihen<sup>10</sup>.

Beispielhaft sind einige der daraus resultierenden Verläufe von empirisch ermittelten Diskontierungsraten in Tabelle 3 und Abbildung 4 dargestellt. Aus ihnen wird die Modellabhängigkeit des Verlaufs der sozialen Diskontierungsrate gut ersichtlich: So sinkt beispielsweise im State Space Modell von Grom et al. (2007) die Diskontierungsrate in den ersten 100 Jahren am schnellsten, weist aber nach 400 Jahren den höchsten Wert der

<sup>10</sup> Gollier et al. (2008) argumentieren, dass die Verwendung von Marktzinsen zwar durchaus problematisch, die Alternative einer Verwendung der Schattenpreise des Kapitals jedoch nicht praktikabel sei. Zudem würde die aus Schattenpreisen abgeleitete Diskontierungsrate relativ nahe bei einer aus den Zinsen risikoloser öffentlicher Anleihen abgeleiteten Diskontierungsrate liegen.

geschätzten Modelle auf. Das auf den gleichen Daten basierende Mean Reverting Modell von Newell und Pizer (2003) ergibt im Vergleich dazu zunächst ein weniger starkes Sinken der Diskontierungsrate, jedoch nach 400 Jahren einen niedrigeren Wert als das State Space Modell von Groom et al. (2007). Freeman et al. (2015) zeigen außerdem die Abhängigkeit der Diskontierungsrate von der Berücksichtigung der Inflation in den verwendeten Zinsreihen. So ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse in Newell und Pizer (2003) sowie Groom et al. (2007) auf Zinsdaten der USA basieren, die aufgrund fehlender Informationen für die Zeit vor 1950 nicht deflationiert wurden, d. h. die verwendete Zeitreihe besteht bis 1950 aus nominalen und ab 1959 aus realen Zins-Daten. Freeman et al. (2015) schätzen deshalb ein Zeitreihenmodell mit Kointegration zwischen der nominalen Zinsentwicklung und der Inflationsentwicklung mittels des Fisher-Effekts. Die daraus resultierende Diskontierungsrate sinkt stärker als die mit den jeweils präferierten Modellen von Newell und Pizer (2003) und Groom et al. (2007).

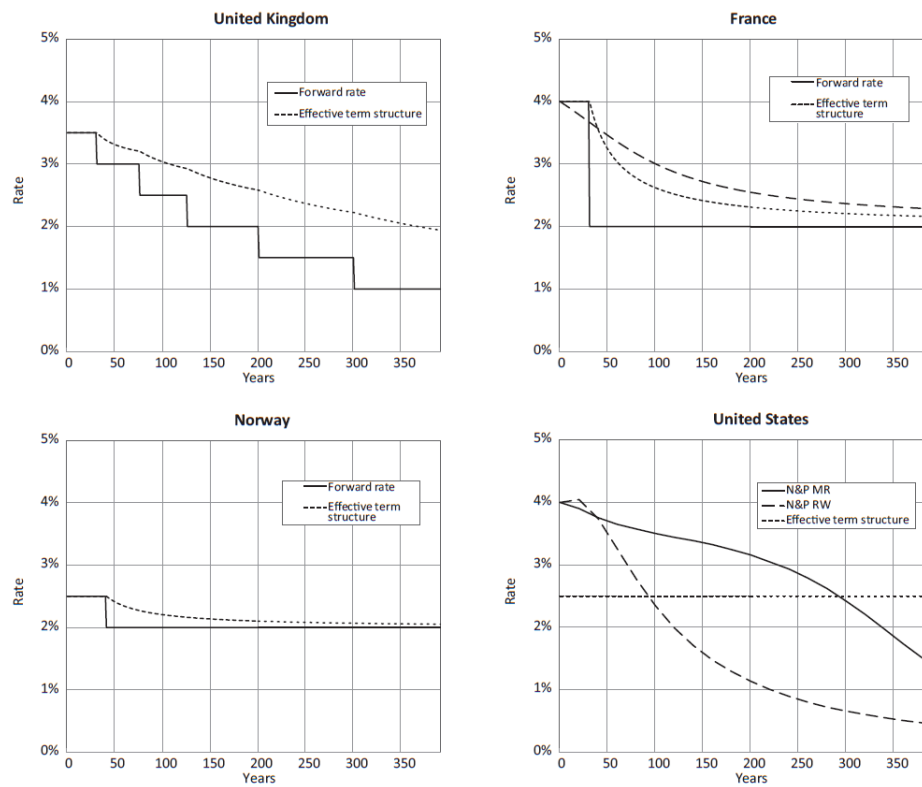
#### 5.4 KONSEQUENZEN SINKENDER DISKONTIERUNGSRATEN UND PRAKTISCHE ANWENDUNG

Die Verwendung einer im Zeitverlauf sinkenden Diskontierungsrate führt zu beträchtlichen quantitativen Auswirkungen im Vergleich zum zeitlich konstanten, exponentiellen Diskontieren. Ein Vergleich des Wertes je Tonne CO<sub>2</sub> mit konstanter und zeitlich sinkender Diskontierungsrate in Tabelle 3 zeigt z. B. für die auf den gleichen Daten basierenden, jeweils präferierten Modelle von Newell und Pizer (2003) und Groom et al. (2007) Abweichungen von 14% bis 152%. Die Abweichungen der mit sinkenden Diskontierungsraten ermittelten Werte je Tonne CO<sub>2</sub> in Hepburn et al. (2009) reichen von 31% für Deutschland bis zu 50% für Kanada.

Sinkende Diskontierungsraten sind inzwischen in einigen Ländern Bestandteil der offiziellen Empfehlungen zur Kosten-Nutzen-Analyse öffentlicher Projekte. Abbildung 5 zeigt für einige Länder den Verlauf der vorgeschlagenen bzw. implementierten Diskontierungsrate. So wird in Großbritannien seit 2003 eine Diskontierungsrate von 3,5% für kürzere Zeithorizonte und eine stufenweise von 3,5% auf 1% fallende Rate für den Langfristbereich angewendet. In Frankreich basiert die aktuelle Empfehlung der Kosten-Nutzen-Analyse auf drei Gutachten, die seit 2005 erstellt worden. Lebegue (2005) empfahl für risikofreie Projekte eine Diskontierungsrate von 4%, die nach 30 Jahren auf 2% sinkt. Gollier (2011) erweiterte diese Empfehlung um die Betrachtung risikobehafteter Projekte und schlug für solche Projekte eine Risikoprämie von mehr als 4% vor. Quinet (2013) empfahl, basierend auf Gollier (2011) etwas geringere Risikoaufschläge. Im Ergebnis der geführten akademischen und politischen Diskussion wendet Frankreich nunmehr eine Diskontierungsrate von 2,5% für risikolose Projekte und einen Risikoaufschlag von 2% für risikobehaftete Projekte an, der ab 2070 auf 3% ansteigt.

Eine 2011 vom norwegischen Finanzministerium eingesetzte Expertenkommission schlug für die Kosten-Nutzen-Analyse in Norwegen eine sinkende Diskontierungsrate für risikofreie Projekte von 2,5% für die ersten 30 Jahre und 2% nach 30 Jahren vor, die

inzwischen Eingang in die offiziellen Empfehlungen der Kosten-Nutzen-Analyse gefunden hat. In den Niederlanden erfolgte in den Jahren 2014 und 2015 eine turnusmäßige Überprüfung der Empfehlungen für die offizielle Kosten-Nutzen-Analyse, aus der prinzipiell eine Befürwortung für eine im Zeitverlauf sinkende Diskontierung Rate hervorging. Diese Empfehlung wurde allerdings nicht umgesetzt, da der Realzins zu diesem Zeitpunkt bereits 0% betrug und ein Sinken der Diskontierungsrate in den Negativbereich als problematisch angesehen wurde. Stattdessen wurde eine konstante Diskontierungsrate von 3% für alle öffentlichen Projekte als eine systematische Risikoprämie vorgeschlagen und erwogen, ein sogenanntes duales Diskontieren einzuführen, bei dem unterschiedliche Diskontierungsraten für unterschiedliche Projektarten verwendet werden. In den USA fand ebenfalls eine wissenschaftliche und politisch praktische Diskussion zur Anwendung einer sinkenden Diskontierungsrate statt; bislang wird jedoch nach wie vor eine konstante Diskontierungsrate angewendet.



**Abbildung 5: Im Zeitverlauf sinkende Diskontierungsraten in Großbritannien, Frankreich, Norwegen und den USA (Quelle: Groom und Hepburn (2017)).**



## 6 Schlussfolgerungen

Die Problematik der sozialen Diskontierungsrate gehört zu den ökonomischen Themen, die den Weg vom theoretischen Konstrukt in die praktische Anwendung in der Politik geschafft haben. Beginnend mit dem auf Samuelsons Discounted Utility Modell basierenden exponentiellen Diskontieren über die verhaltensökonomischen Erklärungsansätze des hyperbolischen Diskontierens bis hin zu den theoretischen und empirischen Studien zur Anwendung von zeitlich sinkenden Diskontierungsraten sind eine Vielzahl theoretischer, methodischer und empirischer Arbeiten entstanden. Dennoch ist festzustellen, dass insbesondere für die empirische Untersetzung der sozialen Diskontierungsrate nach wie vor große Lücken existieren, so zum Beispiel in der Bestimmung der wesentlichen Parameter der Ramsey-Gleichung sowohl für den konstanten Fall als auch für ihre stochastische Erweiterung. Gleiches gilt für die Ableitung von sinkenden Diskontierungsraten zur Bewertung von sehr langfristigen Projektwirkungen.

Für Deutschland existieren, trotz einer Tradition der Kosten-Nutzen-Analyse in der Bundesverkehrswegeplanung, nur wenige Untersuchungen zur konzeptionellen und empirischen Ableitung einer sozialen Diskontierungsrate. Dies ist nicht nur vor dem Hintergrund der Investitionsplanung im Bundesverkehrswegeplan, sondern auch im Rahmen der seit der Finanzkrise aufgekommenen Diskussion über die Verzinsung des Straßenkapitals in den Wegekostenrechnungen zur Bestimmung der Maut auf Autobahnen und Bundesstraßen erstaunlich. Auch die Vorreiterrolle, die Deutschland so gerne in der Nachhaltigkeitsdebatte und bei der Energiewende für sich in Anspruch nimmt, hat sich bislang in keinerlei wissenschaftlichen Arbeiten zur Thematik von im Zeitverlauf sinkenden Diskontierungsraten niedergeschlagen. Aus diesen Defiziten ergeben sich die Anforderung und auch das Potenzial für die weitere Forschung in der deutschen verkehrsökonomischen Community.

---

## Literatur

- Ainslee, G. (1992), *Picoeconomics: The Strategic Interaction of Successive Motivational States Within the Person*, Cambridge University Press,
- Akerlof, G. A. (1991), Procrastination and Obedience, *American Economic Review*, 81(2), 1-19.
- Alfen, Aviso, IVM (2014), Berechnung der Wegekosten für das Bundesfernstraßennetz sowie der externen Kosten nach Maßgabe der Richtlinie 1999/62/EG für die Jahre 2013-2017. Gutachten im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, Weimar, Leipzig, Aachen, Münster.
- Arstei, D., C. Perugini (2010), Preferences for Redistribution and Inequality in Well-being across Europe, *Journal of Policy Modeling*, 32, Nr. 2, 176–195.
- Arrow, K., Cropper, M., Gollier, C., Groom, B., Heal, G., Newell, R., Nordhaus W. D., Pindyck, R. S., Pizer, W.A., Portney, P.R., Sterner, T., Tol, R.S.J., Weitzman, M.L. (2013), How should Benefits and Costs be discounted in an inter-generational Context? *University of Sussex Economics Department Working Paper Series*, No. 56-2013.
- Arrow, K., Cropper, M., Gollier, C., Groom, B., Heal, G., Newell, R., Nordhaus W. D., Pindyck, R. S., Pizer, W.A., Portney, P.R., Sterner, T., Tol, R.S.J., Weitzman, M.L. (2014), Should governments Use a Declining Discount Rate in Project Analysis? *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(2), 145-163.
- Arrow, K. (1995), Intergenerational Equity and the Rate of Discount in Long-term Social Investment, IEA World Congress, Tunis, Tunesien, December 1995.
- Asplund, D. (2017), Household Production and the Elasticity of Marginal Utility of Consumption, *The B.E. Journal of Economic analysis & Policy*, 2017, 20160265. DOI, 10.1515/bejeap-2016-0265.
- Attanasio, O., Browning, M. (1995), Consumption over the Life Cycle and over the Business Cycle, *American Economic Review* 85(5), 1118-1137.
- Baumol, W. J. (1969), On the Social Rate of Discount, *American Economic Review* 59 (5), 930.
- Benhabib, J., Bisin, A., Schotter, A. (2010), Present-bias, Hyperbolic Discounting, and Fixed Costs, *Games and Behavior* 69(2), 205-223.
- Beckers, T., Klatt, J. P., Corneo, G., Mühlkamp, H. (2009), Zeitliche Homogenisierung und Berücksichtigung von Risiko im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Gutachten im Auftrage des Bundesrechnungshofes, Berlin, Speyer.

- Berloff G. (1997), Temporary and Permanent Changes in Consumption Growth, *The Economic Journal* 107, 345-358.
- Blundell, R., Browning, M., Meghir, C. (1994), Consumer Demand and the Life-Cycle Allocation of Household Expenditures, *Review of Economic Studies* 61 (1), 57–80.
- Birnbacher, D. (1989), Intergenerationelle Verantwortung oder, Dürfen wir die Zukunft der Menschheit diskontieren?, In, Kümmel, R. J. und Klawitter (Hrsg.), Umweltschutz und Marktwirtschaft aus der Sicht unterschiedlicher Disziplinen. Würzburg 1989, 101-115.
- Cameron, T. A., Gerdes, G.R. (2005), Individual Subjective Discounting, Form, Context, Format and Noise, Working Paper, University of Oregon.
- Cecchetti, S.G., Lam, P.S., Mark, N. C. (2000), Asset Pricing With Distorted Beliefs, Are Equity Returns too Good to be True?, *American Economic Review* 90(4), 787-805.
- Chetty, R. (2006), A New Method of Estimating Risk Aversion, *American Economic Review* 96(5), 1821-1834.
- Cline, W. (1992), The Economics of Global Warming, Institute for International Economics, Washington D.C.
- Cowell, F. A., Gardiner, K. (1999), Welfare Weights, STICERD, London School of Economics.
- Evans D. J. (2004), The Elevated Status of the Elasticity of Marginal Utility, *Applied Economics Letters*, 11, 443-447.
- Evans, D., Sezer, H. (2004), Social Discount Rates for Six Major Countries, *Applied Economics Letters*, 11, 557-560.
- Evans D. J., Sezer, H. (2002), A Time Preference Measure of the Social Discount Rate for the UK, *Applied Economics* 34, 1925-1934.
- Evans D. J. (2008), The Marginal Social Valuation of Income for the UK, *Journal of Economic Studies* 35(1), 26-43.
- Freeman, M. C., Groom, B., Paopoulou, E., Pantelidis, T. (2015), Declining Discount Rates and the Fisher Effect, Inflated past, Discounted Future?, *Discussion Paper* No 1/2015, University of Macedonia, Department of Economics.
- Frisch, R. (1959), A Complete Scheme for Computing all Direct and Cross Demand Elasticities in a Model with many Sectors, *Econometrica* 27, 177-196
- Gandelman, N. & R. Hernandez-Murillo (2015), Risk Aversion at the Country Level, *Working Paper 2014-005B*, Federal Reserve Bank of St. Louis - Research Division.
- Gollier, C. (2002), Time Horizon and the Discount Rate. *Journal of Economic Theory* 107, 463-473.

- Gollier, C. (2008), Discounting with Fat-tailed Economic Growth, *Journal of Risk and Uncertainty* 37, 171-186.
- Gollier, C. (2011), On the Understanding of the Precautionary Effect in Discounting, *Geneva Risk and Insurance Review* 36, 171-186.
- Gollier, C., Zeckhauser, R. (2005), Aggregation of heterogeneous Time Preferences, *Journal of Political Economy* 113, 878- 896.
- Gollier, C., P. Koundouri & T. Pantelidis (2008), Declining Discount Rates, Economic Justifications and Implications for long-run Policy, *Economic Policy* 23(56).
- Goulder, L.H., Williams, R. (2012), The Choice of Discount Rate for Climate Change Policy Evaluation, *Climate Change Economics* 3(4), 1-18.
- Gregorius-Pippas, L., Tobler, P.N., Shultz, W. (2009), Short-term Intertemporal Discounting of Reward Value in Human Ventral Striatum, *Journal of Neurophysiology*, 101(3), 1507-1523.
- Groom, B., Madison, D. (2013), Non-identical Quadruplets, Four new estimates of the elasticity of marginal utility for the UK, Centre for Climate Change Economics and Policy, *Working Paper* No. 141.
- Groom, B., Koundouri, P., Panopoulou, K., & Pantelides, T. (2007), Discounting the distant Future, How much does Model Selection affect the certainty equivalent Discount Rate?, *Journal of Applied Econometrics*, 22 (3).
- Häse, S., Obermeyer, A. (2017), Empirische Ermittlung der Grenznutzenelastizität als Einflussfaktor der sozialen Diskontrate – Anwendung des Lebenszufriedenheitsansatzes, Vortrag auf der Konferenz für Verkehrsökonomik und –politik, Berlin, 30. Juni 2017.
- Heal, G., and Millner, A. (2013), Discounting under Disagreement, National Bureau of Economic Research, *NBER Working Paper Series, Working Paper No. 18999*.
- Henderson, N., Bateman, I. (1995), Empirical and public Choice Evidence for hyperbolic social Discount Rates and the Implications for intergenerational Discounting, *Environmental and Resource Economics*, 5(4), 413-423.
- Hepburn, C., P. (2004), Hyperbolic Discounting and Resource Collapse, Royal Economic Society Annual Conference, No. 103, 2004. <http://repec.org/res2004/Hepburn.pdf>.
- Hepburn, C., P. Koundouri, E. Panopoulou and T. Pantelidis (2009), Social Discounting under Uncertainty, A cross-country comparison, *Journal of Environmental Economics and Management* 57(2),140- 150.
- Hepburn, C., Groom, B. (2017), Looking Back at Social Discount Rates, Effect of Papers, Presentations and Personalities on Policy, *Review of Environmental Economics and Policy* 11(2), 336-356.

- Jackson, M. O., Yarif, L. (2015), Collective dynamic Choice, The Necessity of Time Inconsistency, *American Economic Journal, Microeconomics* 7(4), 150-178.
- Kable, J. W., Glimcher, P. W. (2007), The Neural Correlates of Subjective during Intertemporal Choice, *Nature Neuroscience* 10, 1625-1633.
- Karp, L. (2005), Global Warming and Hyperbolic Discounting, *Journal of Public Economics* 89(2005), 261-282.
- Kirby, K. N. (1997), Bidding on the Future, Evidence against normative Discounting of delayed Rewards, *Journal of Experimental Psychology, General*, 126, 54-70.
- Kocherlakota, N. R. (1996), The Equity Premium – It's still a Puzzle, *Journal of Economic Literature*, 34(1), 42-71.
- Kotz, R., Müller, P., Rothengatter, W. (1987), Entwicklung eines Verfahrens für dynamische Investitionsplanung und Ermittlung des bei der Fortschreibung der BVWP anzuwendenden Zinssatzes, Gutachten im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Universität Ulm, Ulm.
- Kula, E. (1984), Derivation of Social Time Preference Rates for the United States and Canada, *The Quarterly Journal of Economics*, November 1984, 872-882.
- Kula, E. (1987), Social Interest Rate for Public Sector Appraisal in the United Kingdom, the United States and Canada, *Project Appraisal* 2 (3), 169-174.
- Laibson, D. (1997), Golden Eggs and hyperbolic Discounting, *Quarterly Journal of Economics*, 112, 443-77.
- Layard, R., Nickell, S., Mayraz, G. (2008), The marginal Utility of Income, *Journal of Public Economics*, 92, 1846-1857.
- Lesser, J., Zerbe, R. (1995), What Can Economic Analysis Contribute to the Sustainability Debate?, *Contemporary Economic Policy* 13(3), 88-100.
- Link, H., Kalinowska, K., Kunert, U., Radke, S. (2009), Wegekosten und Wegekostendeckung des Straßen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 2007, *Politikberatung kompakt*, 53, DIW Berlin.
- Mankiv, N. G. (1981), The Permanent Income Hypothesis and the Real Interest Rate, *Economics Letters* 7(4), 307-311.
- McClure, S.M., Laibson, D.I., Loewenstein, G., Cohen, J. D. (2004), Separate Systems for Immediate and Delayed Monetary Rewards, *Science* Vol. 306, Issue 5495, 503-507.
- Milner, A., Heal, G. (2014), Resolving Intertemporal Conflicts, Economics vs. Politics, CESifo Area Conference on Energy and Climate Economics, 17-18 October 2014.
- Newbery, D. (1992), Long-term Discount Rates for the Forrest Enterprise, Paper commissioned by the Department of Forestry, Forestry Commission, Edinburgh.

- Newell, R. G., Pizer, W. A. (2003), Discounting the Distant Future, How Much Do Uncertain Rates Increase Valuations?, *Journal of Environmental Economics and Management* 46(1), 52-71.
- Oxera (2002), The Selection of a Social Time Preference Rate to be Used in Long-Term Discounting, Oxera ltd, Oxford. <http://www.oxera.com/Publications/Reports/2002/>
- Patterson K. D., Pesaran, B. (1992), The Intertemporal Elasticity of Substitution of Consumption in the United States and United Kingdom, *Review of Economics and Statistics* XXIV(4), 573-584
- Pearce, D. W., Nash, C. A. (1981), The social Appraisal of Projects. A Text in Cost-benefit Analysis, Macmillian Press, London - Basingstoke.
- Prognos, IWW (2002), Wegekostenrechnung für das Bundesfernstraßennetz unter Berücksichtigung der Vorbereitung einer streckenbezogenen Autobahnnutzungsgebühr, FE-Nr. 96.693/2001, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin.
- Pindyck, R.S., Wang, N. (2013), The Economic and Policy Consequences of Catastrophes, *American Economic Journal, Economic Policy* 5(4), 306-339.
- Ramsey, F. P. (1928), A mathematical Theory of Saving, *Economic Journal*, 38, 548-559.
- Rapp Trans (2005), Diskontsatz in Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr, Forschungsprojekt VSS 2003/201 im Auftrag des schweizerischen Verbandes der Straßen strich und Verkehrsfachleute (VSS) Zürich.
- Samuelson, P. (1937), A Note on Measurement of Utility, *Review of Economic Studies* 4(2), 155-161.
- Scott, M. (1977), The Test Rate of Discount and Changes in Base Level Income in the United Kingdom, *The Economic Journal* 87(346), 219-241.
- Schelling, T. (1995), Intergenerational Discounting, *Energy Policy* 23, 395- 401.
- Selvanathan, S., Selvanathan E. A. (1993), A Cross-Country Analysis of Consumption Patterns, *Applied Economics* 25, 1245-1259.
- Stern, N. (2006), The Economics of Climate Change, The Stern Review. Abgerufen im Internet am 14. 10. 2014 unter [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm).
- Van Dalen, H. (1995), Intertemporal Substitution in War and Peace, Evidence from the United Kingdom, 1830-1990, *Journal of Macroeconomics* 17(3), 447-469.
- Viscusi, W. K., Huber, J. (2006), Hyperbolic Discounting of Public Goods, *Discussion Paper* No. 543, 2/2006, Harvard University.

Weitzman, M. 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, M. L. (2001), Gamma Discounting, *American Economic Review* 91, 261-271.