

Wissenschaft im Überblick

Wolfgang Buchholz* und Peter Heindl

Ökonomische Herausforderungen des Klimawandels

DOI 10.1515/pwp-2015-0027

Zusammenfassung: In diesem Überblicksartikel befassen sich Wolfgang Buchholz und Peter Heindl mit zentralen Themen einer „Ökonomik des Klimawandels“. Sie skizzieren zunächst ein idealtypisches Szenario, innerhalb dessen ökonomische Ansätze zur Bewältigung des Klimaproblems zu erörtern sind. Anschließend betrachten sie verschiedene ökonomische Probleme, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel und dessen Bewältigung auftreten. Dazu gehören die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen, die Auswahl geeigneter klimapolitischer Instrumente und die Ermöglichung von Koordination und Kooperation in der Bereitstellung öffentlicher Güter. Abschließend reißen sie noch einige offene Fragen und ungelöste Probleme an.

JEL-Klassifikation: Q54, H41

Schlüsselwörter: Klimaökonomik, Diskontierung, Instrumentenwahl, Klimapolitik

1 Die besonderen Fragen der Klimaökonomik

Es ist mittlerweile mehr als 25 Jahre her, dass das Problem des von Menschen verursachten Treibhauseffekts in das Bewusstsein der Weltöffentlichkeit getreten ist. Seitdem haben sich Themen, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel und dessen Bekämpfung stehen, zu zentralen Gegenständen der Umweltökonomik entwickelt.¹ Der Blick

in das Inhaltsverzeichnis einschlägiger umweltökonomischer Zeitschriften bestätigt eindrücklich den hohen Stellenwert, den die Klimaökonomik mittlerweile erlangt hat.

Das Leitmotiv in diesem Literaturüberblick² ist die Frage, durch welche Besonderheiten sich die Klimaökonomik vom Standardparadigma der Umweltökonomik abhebt, wie es sich seit Pigous (1912) „Wealth and Welfare“ herausgebildet hat. In der Tradition Pigous werden Umweltschäden als negative externe Effekte begriffen, die im Laissez-Faire Wohlfahrtseinbußen verursachen und zu deren Vermeidung Internalisierungsmaßnahmen erforderlich sind. Schon Pigou selbst hat die Korrektur eines solchen „Marktversagens“ als Aufgabe des Staates angesehen, der die Verursacher der Umweltschädigung durch Sanktionen und monetäre Anreize zu umweltkonformerem Verhalten zu bewegen habe. Dieser Ansatz ist heute in allen umweltökonomischen Lehrbüchern präsent.³ Die Notwendigkeit einer solchen staatlichen Verhaltenssteuerung ist im Zusammenhang mit dem Klimaproblem sogar in besonderem Maße gegeben.⁴ Denn Verhandlungen zwischen Verursachern und Geschädigten im Sinne von Coase (1960) scheiden als Internalisierungsstrategie aus, weil man mit den künftigen Generationen als Hauptgruppe der vom Klimawandel Betroffenen nicht sprechen kann.

Doch auf welche spezifischen Herausforderungen jenseits des Pigou-Szenarios treffen Umweltökonomik und Umweltpolitik durch das Klimaproblem? Wie ist mit der Zeitdiskontierung und den „Katastrophenrisiken“ des Klimawandels umzugehen? Welche klimapolitischen Instrumente kommen in Frage, eine Kohlendioxid-Steuer, Emissionszertifikate oder – zumindest ergänzend – Subventionen und Auflagen? Und wie lässt sich die zur Bewältigung des Klimaproblems notwendige globale zwischen-

¹ Vgl. als frühe Beiträge Nordhaus (1977, 1991) sowie Pearce (1991) und Cline (1992); im deutschen Sprachraum Cansier (1991) sowie Althammer und Buchholz (1993).

***Kontaktperson: Wolfgang Buchholz**, Universität Regensburg, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universitätsstraße 31, D-93040 Regensburg, E-Mail: wolfgang.buchholz@ur.de
Peter Heindl, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Forschungsbereich Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement, L7 1, 68161 Mannheim, E-Mail: heindl@zew.de

² Überblicke über die Fragestellungen und den Stand der Klimaökonomik finden sich insbesondere im Sammelband von Weimann (2009), bei Aldy et al. (2010), Nordhaus (2013), IPCC (2014) und Stern (2015).

³ Einführungen in die Umweltökonomie finden sich z. B. bei Endres (2013) sowie Fess und Seeliger (2013).

⁴ Bei Stern (2007, S. 40) gilt der Klimawandel als „the greatest market failure the world has ever seen“.

staatliche Kooperation gewährleisten? Auf diese Fragen soll dieser Aufsatz einige vorläufige Antworten geben, erzählt als Geschichte von einem globalen Umweltpolitiker, dem in Anspielung auf den zweiten Vornamen von Pigou der Name „Cecil“ gegeben sei.⁵

2 Ein idealtypisches Referenzszenario

Wie ginge Cecil in der Bekämpfung des Klimawandels vor, wenn die idealisierten Bedingungen des einfachen Lehrbuchmodells erfüllt wären? Er hat zwei Aufgaben zu lösen: Im ersten Schritt muss er das optimale Ziel der Klimapolitik bestimmen, und im zweiten Schritt muss er die dazu geeigneten umweltpolitischen Instrumente wählen. Um das optimale Ziel der Klimapolitik festzulegen, bedient sich Cecil der gängigen Methodik der Kosten-Nutzen-Analyse⁶ und versucht, die mit Klimawandel bzw. Klimaschutz verbundenen Nutzen und Kosten monetär zu bewerten. Die Aufgaben, die sich dabei stellen, sind schon auf rein technischer Ebene um einiges anspruchsvoller und aufwendiger als bei „normalen“ Umweltproblemen: Die zu berücksichtigenden naturwissenschaftlichen und ökonomischen Zusammenhänge sind wesentlich komplexer und der Zeithorizont ist länger.

Der hohe Komplexitätsgrad der Bewertung ist allein schon durch die verwickelten naturwissenschaftlichen Zusammenhänge bedingt: Innerhalb verschiedener Ökosysteme kommt es im Zuge des Klimawandels zu erheblichen Rückkopplungseffekten, die das Ausmaß der Erderwärmung und damit auch der Klimaschäden erheblich beeinflussen. Beispielsweise kann die Erderwärmung damit einhergehen, dass Permafrostböden auftauen und große Mengen des Treibhausgases Methan freisetzen, was dann zu einer weiteren Verschärfung des Klimaproblems beiträgt.⁷ Um solche Rückkopplungseffekte berücksichtigen zu können, muss Cecil seine ökonomischen Modelle um naturwissenschaftliche Modellkomponenten ergänzen, welche die Auswirkungen alternativer Emissionsniveaus

auf die diversen ökologischen und geophysikalischen Systeme und die dabei auftretenden Rückkopplungen möglichst präzise abbilden. Zu diesem Zweck kann er auf „Integrated Assessment Models“ (IAM) zurückgreifen, die im Zusammenhang mit der Klimaproblematik eine wahre Blüte erlebt haben.

Mit Modellen wie DICE, FUND oder PAGE⁸ steht Cecil ein hochentwickeltes Instrumentarium zur Verfügung, mit dem er Kosten und Nutzen über Zeiträume bewerten kann, deren Länge über das ansonsten in der Ökonomik übliche Maß weit hinausreicht. Da die Verweildauer einer heute emittierten Tonne Kohlendioxid in der Erdatmosphäre etwa 120 Jahre beträgt, ist mit einer mindestens genauso langen Schadenswirkung zu rechnen (Umweltbundesamt 2015). Die Verweildauer einiger hoch treibhauswirksamer Gase (insbesondere fluorierter Kohlenwasserstoffverbindungen) ist sogar noch deutlich länger. Der Zeithorizont der gängigen IAM erstreckt sich deshalb über Jahrhunderte, im DICE-Modell gar über 600 Jahre.

Wie in der Ökonomik üblich, werden auch in den IAM die zu späteren Zeitpunkten anfallenden Kosten und Nutzen im Vergleich zu den früheren geringer gewichtet, d. h. „diskontiert“. Cecil muss sich reiflich überlegen, wie hoch er die verwendete Diskontrate ansetzen soll, schließlich beeinflusst sie – aufgrund der immensen Länge des Planungszeitraums – die Ergebnisse seiner Kosten-Nutzen-Analyse erheblich. In neoklassischer Tradition liegt es für ihn nahe, sich an den am Kapitalmarkt beobachteten oder erwarteten Zinssätzen zu orientieren.

Der lange Zeithorizont und die unzureichende Prognostizierbarkeit ökologischer Effekte und technologischer Entwicklungen bringen es zudem mit sich, dass klimapolitische Entscheidungen mit sehr großen Risiken verbunden sind. Dem trägt Cecil dadurch Rechnung, dass er die verschiedenen klimapolitischen Szenarien anhand von Erwartungsnutzenwerten vergleicht. Um diese zu bestimmen, muss er die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien abschätzen und die auf Grundlage der Kosten- und Nutzenberechnungen ermittelten Nettowohlfahrtswerte mit Hilfe einer Von-Neumann-Morgenstern-Nutzenfunktion bewerten, in der sich seine Risikoabneigung niederschlägt.⁹ Wenn er es sich einfacher machen will, kann er zu den monetären Wohlfahrtsgrößen aber auch einen – gleichfalls vom Grad seiner Risikoaversion abhängigen – Risikoauf-

⁵ Bei Cecil handelt es sich um eine reine Kunstfigur, die hier nur zur klareren Strukturierung der Argumentation verwendet wird und die in der klimaökonomischen Literatur keine konkrete Entsprechung besitzt. Am nächsten kommt dem Bild von Cecil wohl William Nordhaus (2013).

⁶ Zur allgemeinen Einführung in die Methodik der Kosten-Nutzen-Analyse für Umweltprobleme vgl. Hanley und Spash (1993) sowie Mäler und Vincent (2006).

⁷ Vgl. IPCC (2014), WG1, Kapitel 2 und 12.

⁸ Das Akronym DICE steht für „Dynamic Integrated Climate Economy“ (Nordhaus 1993, 2015), FUND für „(Climate) Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution“ (Tol 2002a,b sowie Anthoff und Tol 2010), PAGE für „Policy Analysis of the Greenhouse Effect“ (Plambeck und Hope 1996 sowie Hope 2006).

⁹ Vgl. zum Beispiel Gollier (2004, 2012) und IPCC (2014, S. 168 f.).

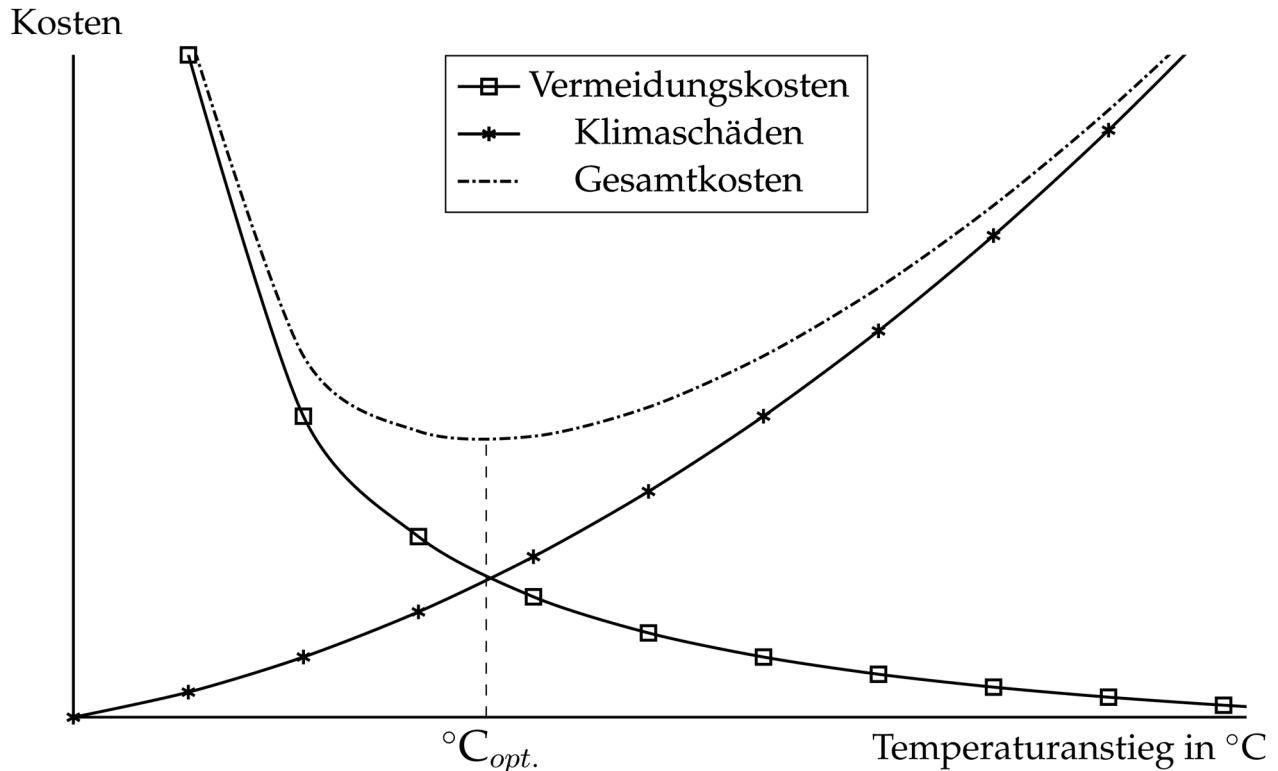


Abbildung 1: Gesamtkosten des Klimaschutzes (stilisiert)

Quelle: Eigene Darstellung

schlag (Risikoprämie) hinzu addieren.¹⁰ Forderungen nach globaler Verteilungsgerechtigkeit kann Cecil zudem dadurch berücksichtigen, dass er bei der Aggregation der in den verschiedenen Weltregionen anfallenden Kosten und Nutzen den ärmeren Ländern höhere „Gerechtigkeitsgewichte“ („Equity weights“) zuweist als den reicheren (vgl. Azar 1999 sowie Anthoff, Hepburn und Tol 2009).

Wenn alle notwendigen Informationen gesammelt und die aufwendigen Kosten- und Nutzenberechnungen abgeschlossen sind, kann Cecil auf dieser Grundlage das Klimaziel (etwa in Form eines als zulässig erachteten globalen Temperaturanstiegs) wählen, das zum Entwicklungspfad mit dem höchsten Erwartungsnutzen führt. Um die Komplexität des Verfahrens zu reduzieren, kann er aber auch die bei verschiedenen Temperaturzielen resultierenden Vermeidungskosten und die monetär bewerteten Klimaschäden addieren und auf diese Weise eine globale Gesamtkostenfunktion für die Klimapolitik ermitteln. Ist diese U-förmig, liegt das optimale Klimaziel im Minimum dieser „Total cost curve“ (vgl. Abbildung 1).¹¹ Eine

solche U-förmige Kostenfunktion ist zu erwarten, wenn die Klimaschäden mit dem als tolerierbar angesehenen Temperaturanstieg zunehmen und die Vermeidungskosten fallen. Dies ist nicht nur intuitiv plausibel, sondern wird auch von den IAM klar bestätigt.

Aus dem Klimaziel kann Cecil nun als „Social costs of carbon“¹² bezeichnete Schattenpreise für die Treibhausgasemissionen der einzelnen Perioden ableiten. Je nachdem, ob sich der Blick auf diese Schattenpreise oder direkt auf die damit verbundenen Emissionsmengen richtet, entscheidet er sich für eine Emissionsabgabenlösung oder für Emissionszertifikate, um den optimalen Entwicklungspfad zu erreichen. Die Wahl zwischen den beiden auf der Besteuerung von Treibhausgasemissionen beruhenden („pre-tialen“) Instrumenten ist zweitrangig, da sich durch eine Abstimmung der preis- oder mengenbezogenen Steuerungsparameter Wirkungsäquivalenz herstellen lässt.¹³ Es kommt Cecil vorrangig darauf an, dass überhaupt ein Preisinstrument zur Anwendung gelangt, das Produzenten und Konsumenten klimaschädlicher Produkte erlaubt,

¹⁰ Vgl. zum Beispiel Nordhaus (2013), S. 141 ff.

¹¹ Eine ähnliche Kurve findet sich bei Nordhaus (2013), S. 205–15.

¹² Vgl. zum Beispiel Pearce (2003).

¹³ Vgl. zum Beispiel IPCC (2014), S. 240.

sich flexibel an die ökologischen Vorgaben anzupassen, um die Vermeidungskosten zu minimieren. Gleichzeitig liefern die Preissignale Anreize zur Entwicklung umweltverträglicher Technologien und damit zur Förderung des klimafreundlichen technischen Fortschritts. Zusätzlich zur statischen Kosteneffizienz liegt ein Vorteil klimapolitischer Preisinstrumente in dieser dynamischen Effizienz.

Neben den Anreizen, die Preise für klimaschädliche Emissionen schaffen, erscheinen zusätzliche umweltpolitische Instrumente überflüssig. Aus der Perspektive des Lehrbuchszenarios ist prinzipiell zu erwarten, dass sich – wie auf den Märkten für private Güter – ökonomische Effizienz bei der Bewältigung des Klimaproblems einstellt, weil sich Firmen und Haushalte an einem einheitlichen Preis orientieren. Durch beide Arten eines pretialen Instruments lassen sich über diese Einnahmen für die Staatskasse generieren, die wiederum dazu benutzt werden können, die allgemeinen Steuern und ihre wohlfahrtsschädlichen Zusatzlasten zu senken sowie eventuell auch die Beschäftigung zu erhöhen.¹⁴ Bei der Steuerlösung gilt dies in offensichtlicher Weise. Bei der Zertifikatelösung erfordert die Realisierung einer solchen (zum Klimaschutz als primärer Dividende hinzu tretenden) „doppelten Dividende“ allerdings, dass der Staat die Zertifikate in Auktionen veräußert und nicht etwa, wie es in der Realität häufig geschieht, einfach verschenkt („Grandfathering“).

Wenn all dies geschehen ist, muss sich Cecil noch über praktische Fragen Gedanken machen, beispielsweise darüber, an welchen Stellen im Wirtschaftskreislauf das Preisinstrument ansetzen und wer – der Anbieter oder der Nachfrager – den Preis für die Emissionen entrichten soll. Aufgrund von Überwälzungsvorgängen betreffen die unmittelbare Zahlungsverpflichtung und die tatsächliche Kostenbelastung nicht unbedingt denselben Adressaten.

Insgesamt gesehen erweist sich im Rahmen dieses Referenzszenarios die Klimapolitik zwar gegenüber anderen Bereichen der Umweltpolitik als wesentlich komplexer und anspruchsvoller, jedoch scheint kein tiefgreifender Paradigmenwechsel erforderlich zu werden. Im Zuge eines vertieften Studiums der neueren klimaökonomischen Literatur muss Cecil allerdings feststellen, dass das Lehrbuchmodell bei Anwendung auf den Treibhauseffekt an seine Grenzen stößt. Die Behandlung des Klimaproblems ist für die Umweltökonomik alles andere als „Business as usual“. Die Gestaltung der Klimapolitik stellt sie vielmehr vor etliche neue Herausforderungen.

¹⁴ Vgl. auf allgemeiner Ebene zum Beispiel Goulder (1995) und mit Bezug auf das Klimaproblem Parry und Williams (1999), Bovenberg (1999), Schöb (2009), sowie Pezzey und Jotzo (2012).

3 Probleme bei der Zielbestimmung

3.1 Kritik an den Integrated-Assessment-Modellen (IAM)

Wenn Cecil jetzt daran geht, ein optimales Klimaziel festzulegen, muss er rasch erkennen, dass die für die konkrete Kosten-Nutzen-Berechnung erforderlichen Parameter zwischen den einzelnen IAM erheblich differieren. So unterscheiden sich beispielsweise die in den diversen Studien genannten Werte für die Klimasensitivität, d. h. für den Zusammenhang zwischen der Konzentration von Treibhausgasen in der Erdatmosphäre und der globalen Temperatur, um ein Vielfaches. Die diversen IAM lassen auch in anderer Hinsicht viele Wünsche offen:¹⁵

- Die Kosten der Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen lassen sich zwar bis zu einem gewissen Grad noch unter Rückgriff auf Marktpreise ermitteln. Zur Abschätzung des Nutzens von Klimaschutzaktivitäten reicht diese Informationsquelle indes nicht aus. Beispielsweise sind für Klimaschäden in Folge des Verlusts an Biodiversität potentielle Gebrauchswerte – wie die Bewahrung eines Genpools für pharmazeutische Zwecke – nur von eingeschränkter Bedeutung. Nicht-Gebrauchswerte – wie die moralisch begründete Norm der Bewahrung der Schöpfung – dominieren klar. Zur Erfassung dieser Nicht-Gebrauchswerte kann Cecil zwar durch Einsatz der kontingenten Bewertungsmethode die Wertschätzung von Probanden für den Klimaschutz erfragen.¹⁶ Auf diesem Wege ließen sich im Prinzip sogar – beispielsweise mit Hilfe von „Quality adjusted life years“ (Qualys) – die Schäden an Leben und Gesundheit der Menschen ökonomisch beziffern, die der Klimawandel voraussichtlich verursachen wird.¹⁷ Gerade bei den langfristigen und mit großer Unsicherheit verbundenen Klimaschäden stößt diese Methode jedoch aufgrund der Komplexität des Gegenstandes sehr rasch an ihre Grenzen, was eine Verzerrung der Bewertung zugunsten der leichter quantifizierbaren Gebrauchswerte nach sich zieht. Die

¹⁵ Grundsätzliche Zweifel an der Anwendbarkeit der herkömmlichen Methoden der Kosten-Nutzen-Analyse auf die Klimapolitik hegen Pindyck (2013), Stern (2013, 2015) sowie Wagner und Weitzman (2015). Die zentralen Punkte dieser Kritik sind im Folgenden dargestellt.

¹⁶ Vgl. zum Beispiel Ahlheim (2003), Carson und Hanemann (2005) sowie speziell in Bezug auf die Klimapolitik zum Beispiel Cameron (2005) und Berrens et al. (2004).

¹⁷ Vgl. zum Beispiel IPCC (2014), S. 225 f.

- Aussagekraft der in den IAM ermittelten Werte schrumpft damit stark.¹⁸
- Bei der Bestimmung der wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels werden wichtige Wirkungsketten vernachlässigt, wenn man die Klimaschäden in einer Periode allein als Funktion der in dieser Periode herrschenden Temperaturen und nicht in Abhängigkeit von dem gesamten bisherigen Temperaturverlauf betrachtet.
 - Das Wirtschaftswachstum wird in vielen Studien als exogen gegeben angenommen, obwohl hohe Temperaturen – auf dem Umweg über einen Anstieg des Meeresspiegels oder zunehmende Unwetter – auch den Kapitalstock stark beeinträchtigen können. Weil es auf diesem Weg zu einer Verminderung des globalen Wachstumspotentials kommen kann, müsste die Wachstumsrate statt dessen als endogen behandelt werden.
 - Die den verschiedenen IAM zugrunde liegenden Spezifikationen für die Schadensfunktion werden vorrangig aus Gründen der formalen Handhabbarkeit gewählt, bleiben aber oft ohne überzeugende sachliche Motivation. Wenn man nur diese Funktionen ändert, gelangt man zu gänzlich anderen Ergebnissen und Empfehlungen.¹⁹
 - Zur Milderung der schädlichen Folgen des Klimawandels stehen vielfältige Anpassungsmaßnahmen zur Verfügung, von der Entwicklung hitzeresistenter Agrarpflanzen über den Deichbau bis zur Migration in kältere Regionen. Anpassungsmaßnahmen können Vermeidungsaktivitäten ersetzen (Substitutionalität) oder ergänzen (Komplementarität). In beiden Fällen beeinflussen sie den Nutzen der Emissionsvermeidung. Im Fall der auf den ersten Blick plausibleren Substitutionalität mindern Anpassungsstrategien die Umweltschäden und somit den Vermeidungsnutzen, während bei Komplementarität eine gewisse Begrenzung der Erderwärmung nötig ist, damit Anpassungsstrategien ihren Zweck erfüllen können (vgl. Yohe und Streppek 2007 sowie Berry et al. 2015). So könnte eine

- durch Vermeidungsmaßnahmen bewirkte Begrenzung des Temperaturanstiegs die Voraussetzung dafür darstellen, dass hitzeresistente Pflanzensorten gedeihen und sich entsprechende Fortschritte in der Agrartechnik lohnen. Eine umfassende Kosten-Nutzen-Analyse klimapolitischer Strategien im Rahmen von IAM müsste solchen Wechselbeziehungen zwischen Vermeidung und Anpassung systematisch Rechnung tragen.
- Auch das Risiko wird in den IAM nicht allzu systematisch berücksichtigt. Wenn in der Risikoanalyse mit Von-Neumann-Morgenstern-Nutzenfunktionen gearbeitet wird, bleibt etwa der konzeptionelle Unterschied zwischen der relativen Risikoaversion auf der einen Seite und der dazu nur rein formal gleichen intertemporalen Substitutionselastizität auf der anderen Seite oftmals unerwähnt. Bei beiden Parametern sorgen zwar hohe Werte für eine gleichmäßigere Verteilung der Nettonutzen. Im Fall der Risikoaversion gilt dies in Bezug auf die Auszahlungen in verschiedenen Endzuständen eines unsicheren Ereignisses – im Fall der intertemporalen Substitutionselastizität jedoch in Bezug auf die zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Auszahlungen.²⁰

3.2 Katastrophenrisiken

Ein noch grundsätzlicheres Problem für die Kosten-Nutzen-Analyse stellt die angemessene Behandlung von Katastrophenrisiken²¹ dar, bei denen mit geringer Wahrscheinlichkeit sehr hohe (und somit eben katastrophale) Schäden eintreten können. Gerade aufgrund solcher Risiken gibt es ernsthafte Zweifel, ob sich Kosten-Nutzen-Analysen der herkömmlichen Art für die Behandlung des Klimaproblems überhaupt eignen.²² Insbesondere lässt sich nicht völlig ausschließen, dass infolge des Klimawandels die globale Temperatur um 6 Grad und mehr steigt. Das würde die Lebensbedingungen auf der Erde so grundsätzlich verschlechtern, dass zumindest äquatornahe Regionen nicht länger bewohnbar wären und in großem Ausmaß Migrationsströme in kältere Regionen stattfinden müssten. Zudem könnten durch eine starke Erderwärmung

¹⁸ In ihrer Kritik an Nordhaus (2013) weisen Jaffe und Kerr (2015, S. 82) in diesem Zusammenhang auf einen Grundwiderspruch bei Anwendung der Kosten-Nutzen-Analyse in der Klimapolitik hin: „In the end, he [Nordhaus, W. B. und P. H.] chooses to largely exclude mitigation benefits associated with protecting ecosystems and species diversity from his aggregate cost-benefit analysis. Given the effort he devotes to discussing the methods for monetizing these effects, this seems to be a peculiar choice“.

¹⁹ Vgl. beispielsweise die Modifikation des DICE-Modells von Nordhaus durch eine Einbeziehung von Extremrisiken bei Dietz und Stern (2015).

²⁰ Vgl. beispielsweise Epstein und Zin (1989, 1991) und Gollier (2002).

²¹ Dass Extremrisiken eventuell das zentrale Problem des Klimawandels darstellen, wurde vor allem von Weitzman in einer Vielzahl von Beiträgen zu einem Thema der klimaökonomischen und klimapolitischen Diskussion gemacht. Vgl. zum Beispiel Weitzman (2009, 2011).

²² Vgl. ausführlich vor allem Wagner und Weitzman (2015).

bestimmte klimatische Kipppunkte („Tipping points“) erreicht werden, bei deren Überschreiten sich globale meteorologische Zirkulationsmuster wie der Golfstrom oder El Niño radikal verändern. Von den negativen Folgen wären dann auch Regionen betroffen, in denen der vom Treibhauseffekt ausgelöste Temperaturanstieg an sich noch verkraftbar wäre. Im Extremfall könnte die Kumulation dieser Wirkungen sogar das Ende allen wirtschaftlichen Fortschritts und der menschlichen Zivilisation überhaupt bedeuten.

Wenn Katastrophenrisiken in einer Kosten-Nutzen-Analyse bewertet werden, hängt das Ergebnis entscheidend von der Gestalt der zugrunde gelegten Von-Neumann-Morgenstern-Nutzenfunktion ab.²³ Ist diese nach unten unbeschränkt, so dass niedrigen Auszahlungen approximativ ein unendlich hoher negativer Nutzenwert zugeordnet wird, dominiert das katastrophale Ereignis bei hinreichend hohem Verlustrisiko die gesamte Bewertung, sei seine Eintrittswahrscheinlichkeit auch noch so klein. „Fat tails“ in den Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Klimaschäden implizieren, dass die Weltgesellschaft fast alle ihre Ressourcen zur Abwendung der Klimarisiken aufzuwenden hätte. Der Lebensstandard in den entwickelten Ländern müsste im Zuge einer derartig radikalen Klimapolitik rasch und drastisch sinken. Angesichts des dann nötigen Verzichts der heutigen Generation auf materiellen Wohlstand erscheint es berechtigt, wie Weitzman (2009) von einem „Dismal theorem“ zu sprechen.

Im Gegensatz dazu hat ein potentiell katastrophales Ereignis nur begrenzten Einfluss auf die Bewertung, wenn die Nutzenfunktion eine untere Schranke besitzt. Bei kleiner Eintrittswahrscheinlichkeit würde sich das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse auch dann nur unwesentlich ändern, wenn der drohende Klimaschaden ins Unermessliche stiege. Im Sinne von Chichilnisky (2000, 2009) käme es daher zu einer Vernachlässigung der Katastrophenrisiken.

Cecil muss sich für den einen oder anderen Typus einer Von-Neumann-Morgenstern-Nutzenfunktion entscheiden. Empirische Beobachtungen zum Risikoverhalten von Individuen lassen auf der einen Seite auf hohe Grade der Risikoaversion schließen, die nur mit einer nach unten unbeschränkten Nutzenfunktion vereinbar sind.²⁴ Auf der anderen Seite gelten Nutzenfunktionen ohne unte-

re und obere Schranke als unvereinbar mit den Rationalitätsannahmen der Erwartungsnutzentheorie (Arrow und Priebsch 2014), was auch die in den IAM gängige Annahme konstanter relativer Risikoaversion hinfällig macht. Stattdessen wird die Verwendung von Nutzenfunktionen beispielsweise mit hyperbolischer absoluter Risikoaversion empfohlen, die nach beiden Seiten beschränkt sind (und bei denen die relative Risikoaversion mit steigendem Konsum zunimmt). „In this context, the ‘Dismal Theorem’ and related analysis disappear“, heißt es bei Arrow und Priebsch (2014, S. 508). Es bleibt aber das Dilemma, dass sich mit der Erwartungsnutzentheorie kein der ethischen Intuition entsprechender Mittelweg zwischen beiden Extremen finden lässt, was ihre Tauglichkeit zur Erfassung von Katastrophenrisiken grundsätzlich infrage stellt (vgl. Buchholz und Schymura 2012). Auch mit risikothoretischen Ansätzen wie der „Prospect theory“ von Kahneman und Tversky (1979) lässt sich die Polarität nicht vermeiden.

Das Problem der Risikobewertung wird dadurch noch weiter verschärft, dass für die Eintrittswahrscheinlichkeiten der mit dem Klimawandel verbundenen Gefährdungsszenarien allenfalls Bandbreiten angegeben werden können. Überdies ist davon auszugehen, dass viele mit dem Klimawandel verbundene Unsicherheiten vom Knightischen Typus sind: Sie lassen sich – anders als im Fall des Risikos im engeren Sinne – überhaupt nicht durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen erfassen und quantifizieren. Schließlich ist auch damit zu rechnen, dass im Sinne von „Unknown unknowns“ ernste Klimarisiken heute noch gar nicht bekannt sind.

3.3 Die soziale Diskontrate

Schwierigkeiten auf grundsätzlicher Ebene ergeben sich auch bei der Bestimmung der sozialen Diskontrate. Bei einer Diskontrate von 3 Prozent sinkt ein in 100 Jahren eintretender Klimaschaden auf nur 5 Prozent seines heutigen Wertes, was zynisch gesprochen heißt, dass sich durch Wahl einer hinreichend hohen Diskontrate das Klimaproblem wegdefinieren lässt. Es verwundert deshalb nicht, dass sich gerade an dieser Stelle eine heftige Kontroverse entzündet hat.²⁵

²³ Im Einzelnen erörtern Nordhaus (2011), Pindyck (2011) sowie Horowitz und Lange (2014) die Bedingungen, auf denen die Gültigkeit des „Dismal theorem“ beruht, und relativieren damit dessen Reichweite.

²⁴ Vgl. dazu zum Beispiel Meyer und Meyer (2005, 2006), bei denen sich besonders hohe Grade der relativen Risikoaversion ergeben,

wenn das Konsumniveau als Argument der Von-Neumann-Morgenstern-Nutzenfunktion dient.

²⁵ Die Heftigkeit dieser Auseinandersetzung zeigt sich beispielsweise an der Kritik, die Nordhaus (2007) am Stern-Report übt, sowie an dem hitzigen Disput zwischen Roemer (2011, 2012) und Dasgupta (2011).

Wenn Cecil sich an den Kapitalmarktzinsen orientiert, trägt er zwar vordergründig dem Effizienzgebot Rechnung, da so nur Klimaschutzinvestitionen zum Zuge kommen, die einen positiven Wohlfahrtsbeitrag leisten. Nur wie kommt man überhaupt zu zuverlässigen Schätzungen von Marktzinssätzen über den für den Klimawandel relevanten Zeitraum von mehr als 100 Jahren?²⁶ Extrapolationen erscheinen kaum geeignet, auch weil der Klimawandel selber die Bedingungen für das Funktionieren der Kapitalmärkte erheblich verändern kann. Damit ist umso mehr zu rechnen, je höher die durch den Klimawandel verursachten Schäden ausfallen. Zudem wäre auch eine Auswahl unter den verschiedenen Marktzinssätzen zu treffen, die je nach Anlageform mehr oder weniger hohe Risikoprämien enthalten.

Noch tiefer geht der Einwand, dass in den Marktzinssätzen gerade die intertemporalen Präferenzkomponenten der Individuen keinen Niederschlag finden, die das Hauptmotiv für die Klimapolitik liefern. Da nachfolgende Generationen am meisten unter den Auswirkungen des Klimawandels zu leiden haben werden, lassen sich klimapolitische Aktivitäten zu einem erheblichen Teil auf ethische Motive und intergenerationellen Altruismus zurückführen: Weil die heute Lebenden ihre Kinder (oder die gesamte Menschheit) vor einer Klimakatastrophe bewahren wollen, sind sie bereit, vergleichsweise hohe Kosten für die Vermeidung von Treibhausgasen auf sich zu nehmen. Die auf solchen „psychologischen“ (oder „sozialen“) Präferenzen beruhenden Handlungen nehmen aber nur höchst beschränkt – beispielsweise durch Investitionen in grüne Anlagefonds – Einfluss auf das Geschehen am Kapitalmarkt und die dort gebildeten Zinssätze. Abgesehen von solchen altruistischen Handlungen²⁷ schlägt sich der Wunsch, etwas Gutes für künftige Generationen zu tun, nur begrenzt in freiwilligen Aktionen nieder, weil eine individuelle Maßnahme zur Emissionsvermeidung nur dann eine positive Auswirkung auf das Ziel einer Begrenzung der Erderwärmung hat, wenn genügend andere mitziehen. Sen (1967) hat schon vor langem auf dieses von ihm so bezeichnete „Assurance problem“ hingewiesen, das ein Marktversagen darstellt und gegen den Einsatz von Marktzinssätzen zur Diskontierung langfristiger Klimaschäden spricht.

Die für die Bewertung der Folgen des Klimawandels überaus bedeutsamen moralischen Präferenzbestandteile lassen sich mit der aus der Theorie des optimalen Wachs-

tums stammenden „Ramsey-Regel“ darstellen, der im Zusammenhang mit der Klimapolitik erhebliche Aufmerksamkeit zuteil wurde (vgl. Stern 2007, insb. S. 46 ff.) Sie besagt, dass sich die auf Konsumniveaus bezogene soziale Diskontrate ρ_t der Periode t ausdrücken lässt als $\rho_t = \eta g_t + \delta$, wobei zum „Konsum“ nicht nur materielle Konsumgüter, sondern auch alle monetär bewerteten Umweltgüter zählen. Dabei bezeichnet g_t die Wachstumsrate in Periode t , während δ und η die moralischen Präferenzparameter repräsentieren: Der Parameter δ steht für die reine Zeitpräferenzrate, die angibt, um welchen Bruchteil der Nutzen der nachfolgenden Generation $t + 1$ weniger zählt als der Nutzen der Generation t . Der Parameter η hingegen ist der Indikator für die Ungleichheitsaversion, die formal durch die Elastizität des Grenznutzens der Nutzenfunktion beschrieben wird, mit der die Konsumniveaus der einzelnen Generationen bewertet werden.

Dass mit einem höheren Wert der reinen Zeitpräferenzrate δ auch die soziale Diskontrate ρ_t steigt und somit ein in der Zukunft anfallender Nutzen ein geringeres Gewicht erhält, liegt auf der Hand: Eine geringere Bewertung künftigen Nutzens zieht eine geringere Bewertung künftigen Konsums nach sich. Der Einfluss, den die Ungleichheitsaversion η in Verbindung mit der Wachstumsrate g_t auf die Diskontrate ρ_t hat, ist demgegenüber weniger leicht zu verstehen. Eine intuitive, aber stark vereinfachende Erklärung könnte wie folgt aussehen: Je höher die Produktivität von Investitionen und damit die Wachstumsrate ist, desto größer ist die Ersparnis, die zur Maximierung der Gesamtwohlfahrt, also der Summe der diskontierten Nutzen der einzelnen Generationen, erforderlich wird. Den früheren Generationen geht es infolge dieses von ihnen zu leistenden Konsumverzichts schlechter, den späteren ohnehin reicheren Generationen infolge ihrer höheren Kapitalausstattung besser, so dass die Ungleichheit zwischen den Generationen steigt. Der durch ein solches „Oversaving“²⁸ verursachten Zunahme dieser Ungleichheit kann aber dadurch entgegengewirkt werden, dass die Ungleichheitsaversion η in der intertemporalen Wohlfahrtsbewertung erhöht wird. In der Ramsey-Regel findet dieser auch intuitiv einsichtige Zusammenhang seinen formalen Ausdruck.

Die Ramsey-Regel vor Augen, muss sich Cecil bei der Bestimmung der sozialen Diskontrate also Gedanken über zwei moralisch motivierte Parameterwerte machen, nämlich δ und η . Bei der Entscheidung über die reine Zeitpräferenzrate δ könnte er sich zum einen an den empirisch beobachtbaren Zeitpräferenzraten von Individuen orientieren, die aber vielfach als Ausdruck irrational kurzsichti-

²⁶ Vgl. zu dieser Kritik an der Verwendung von Marktzinssätzen als Grundlage der sozialen Diskontierung zum Beispiel Stern (2007, 2015, insb. S. 156 f.), Buchholz und Schumacher (2008) und Roemer (2011).

²⁷ Den Begriff „Warm glow of giving“ hat Andreoni (1990) geprägt.

²⁸ Vgl. zum Beispiel Arrow (1999).

gen Verhaltens gelten und damit für Bewertungsentcheidungen im Rahmen der Klimapolitik nur wenig überzeugend sind. Aus ethischer Sicht gibt es ja keine überzeugende Rechtfertigung dafür, die Wohlfahrt von Individuen nur deshalb unterschiedlich zu gewichten, weil diese zu unterschiedlichen Zeitpunkten geboren sind. Eine solche intergenerationelle Diskriminierung würde aber bei jeder von null verschiedenen Zeitpräferenzrate eintreten, so dass $\delta = 0$ als einzig ethisch legitimierbarer Wert für die reine Zeitpräferenzrate verbleibt. Davon abzuweichen ist allenfalls zulässig, weil mit einer gewissen, sehr geringen Wahrscheinlichkeit ein Ende menschlichen Lebens auf der Erde (beispielsweise infolge eines Meteoriteneinschlags oder einer Pandemie) nicht auszuschließen ist. Eine geringfügige Diskontierung der Nutzen künftiger Generationen kann man dann – wie im Stern-Report – als Abschlag für dieses Risiko eines Weltuntergangs begründen.²⁹

Die Entscheidung für einen Ungleichheitsaversionsparameter η ist schwieriger. Einen Fokalwert gibt es – anders als für δ – für η nicht. Cecil kann jedoch die Auswirkungen untersuchen, die verschiedene Werte von η in ökonomischen Modellen haben, und dann überprüfen, inwieweit die jeweiligen Ergebnisse mit der moralischen Intuition (oder bescheidener formuliert: mit dem gesunden Menschenverstand) übereinstimmen. Er kann zum Beispiel fragen, wie löchrig ein Umverteilungseimer sein darf, d. h. welcher prozentuale Verlust des umverteilten Betrags bei einem Transfer von Reich zu Arm in Kauf genommen wird.³⁰ Bei solchen Gedankenexperimenten gelangt man zu vergleichsweise niedrigen Werten für η , was nach der Ramsey-Regel eine kleine soziale Diskontrate bedingt.

Alternativ dazu kann Cecil in Modellen optimalen Wachstums ermitteln, wie sich η auf die Sparquote auswirkt. In einem einfachen Wachstumsmodell führen niedrige Werte von η zu inakzeptabel hohen Sparquoten.³¹ Wenn man jedoch den technischen Fortschritt einbezieht, fällt die optimale Sparquote deutlich niedriger aus (vgl. DeLong 2006 und Stern 2008, S. 16). Bei $\eta < 1$ würden die

früheren Generationen infolge einer Produktivitätssteigerung eine Nutzeneinbuße erleiden. Dieser Effekt widerspricht jedoch der ethisch plausiblen Forderung nach „Circumstance solidarity“ (Fleurbaey 2008, S. 27 ff.), wonach von einer Verbesserung der Produktionsmöglichkeiten alle Beteiligten profitieren sollten (vgl. Buchholz und Schumacher 2010). Bei $\eta < 1$ könnte das Konsumniveau ohne Einbuße an gesamtwirtschaftlicher Wohlfahrt sogar auf null gesenkt werden, sofern nur der Konsum anderer Generationen hinreichend steigt (vgl. Rauscher 2009). Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Bestimmung von η empirisch – im Sinne des Ansatzes der offenbarten Präferenzen – an politischen Entscheidungen beispielsweise zur progressiven Besteuerung und allgemeiner zur Umverteilungspolitik festzumachen.³² Für die Ungleichheitsaversion η verbleibt nach Studium dieser Ansätze eine große Spannweite.

Das Unbestimmtheitsproblem bei der Zukunftsbewertung wird zudem noch durch zweierlei verschärft: Zum einen hängt nach der Ramsey-Regel die soziale Diskontrate von den erwarteten Wachstumsraten g_t ab, die über die für das Klimaproblem relevanten Zeiträume nur schwer prognostizierbar sind. Eine Extrapolation der relativ hohen Vergangenheitswerte erscheint – genauso wie schon im Fall der Zinssätze – mehr als fragwürdig. Gerade wegen der großen Klimarisiken können sogar negative Wachstumsraten nicht ausgeschlossen werden.³³ Zum anderen blieb bisher der Risikoaspekt ausgeblendet. In diesem Zusammenhang hat Weitzman (1998) zu zeigen versucht, dass bei Unsicherheit über die in den verschiedenen Zuständen der Welt herrschenden Produktivitäten (und Risikoneutralität des Entscheiders) die soziale Diskontrate im Zeitablauf fallen und gegen den minimalen Wert der Produktivitäten konvergieren muss.

Dass die soziale Diskontrate ein solches zeitliches Profil aufweist, hat breite Akzeptanz sowohl in der Fachwelt als auch in der politischen Praxis gefunden³⁴, insbesondere weil es mit ethisch begründeten Forderungen nach einem stärkeren Schutz auch zeitlich weiter entfernter Generationen harmoniert. Allerdings hat sich in der Diskussion um den von Weitzman entwickelten Ansatz ergeben, dass die von ihm angeführte Begründung für eine abnehmende soziale Diskontrate auf einem sehr speziellen, wenig plausiblen Entscheidungsszenario beruht, bei dem die Unsicherheit faktisch in der Gegenwart verortet

²⁹ Die Forderung, dass verschiedene Generationen prinzipiell gleich zu behandeln und Ausnahmen nur aufgrund dieses Risikoarguments zulässig sind, hat in der Ökonomik eine lange Tradition (vgl. vor allem Pigou 1912 und Ramsey 1928), die Stern (2007) in Erinnerung gerufen und zur Grundlage seiner Zukunftsbewertung gemacht hat.

³⁰ Vgl. zum Beispiel Stern (2008), S. 15. In einem solchen Gedankenpiel mit einem „Leaky bucket“ überlegt man, welche Einbußen am umzuverteilenden Betrag bei einem Einkommenstransfer von Reich zu Arm bei gegebener sozialen Wohlfahrtsfunktion in Kauf zu nehmen sind.

³¹ Vgl. zum Beispiel Dasgupta (2008).

³² Vgl. zum Beispiel die tabellarische Zusammenstellung zur Kalibrierung der sozialen Diskontrate in IPCC (2014), S. 230.

³³ Vgl. zum Beispiel Rauscher (2009).

³⁴ Vgl. zum Beispiel Arrow et al. (2014).

wird.³⁵ Liegt das Risiko einer Investition jedoch wie üblich in der Zukunft, gelangt man unter den ansonsten gleichen Annahmen wie bei Weitzman (1997) zu im Zeitablauf *wachsenden* Diskontraten (Gollier 2004) – und stellt damit Weitzmans Ergebnis auf den Kopf („Weitzman-Gollier-Puzzle“).³⁶ Zu einem Weitzmanschen Verlaufsmuster kommt es aber auch im Gollier-Szenario, wenn man anstelle von Risikoneutralität eine hinreichend hohen Risikoaversion des Planers voraussetzt (vgl. gleichfalls Buchholz und Schumacher 2008).

In anderen Variationen von Weitzmans Modell wird berücksichtigt, dass nicht nur die Produktivität einer Investition, sondern auch die Wachstumsrate der Volkswirtschaft und somit die künftigen Konsumniveaus unsicher sind. Dies lässt sich berücksichtigen, indem man die Ramsey-Regel um eine von der Varianz der Wachstumsrate abhängige Vorsichtskomponente (zur Erfassung des „Precautionary Effect“) ergänzt (vgl. Gollier 2010, 2013, insb. S. 48–57). Unter bestimmten Annahmen über die zeitliche Struktur der Risiken ergeben sich dann ebenfalls fallende Diskontraten (vgl. Gollier 2013, S. 61–73 und Arrow et al. 2014). Das Gleiche gilt, wenn die Unsicherheit über das künftige Wachstum („Weitzman channel“) die Unsicherheit über die Produktivität einer (Klimaschutz-)Investition („Gollier channel“) dominiert.³⁷ Das Niveau der sozialen Diskontrate wird zudem stark von der Korrelation dieser beiden Risikoarten, dem „Klima-Beta“, bestimmt.³⁸ Niedrigere Diskontraten ergeben sich insbesondere dann, wenn der Ertrag von Klimaschutzinvestitionen bei schwachem oder gar negativem Wachstum besonders hoch ist. Mithin führen viele Wege zu einer im Zeitverlauf abnehmenden sozialen Diskontrate ohne auf die problematische Begründung von Weitzman (1998) zurückgreifen zu müssen.

³⁵ Vgl. ansatzweise Hepburn und Groom (2007) und vor allem Buchholz und Schumacher (2008) sowie Szekeres (2013).

³⁶ Dass bei unsicheren Produktivitäten der Gegenwartswert-Ansatz von Weitzman und der Zukunftswert-Ansatz von Gollier zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, wird vielfach als „Weitzman-Gollier-Puzzle“ interpretiert. Unserer Ansicht nach nicht allzu überzeugende Versuche zur „Lösung“ dieses Puzzles finden sich bei Freeman (2010) sowie Gollier und Weitzman (2010). Ein Überblick über die Diskussion findet sich bei Buchholz (2014).

³⁷ Vgl. zu diesen Bezeichnungen Traeger (2013).

³⁸ Vgl. zur Übertragung dieser aus der „Capital asset pricing theory“ stammenden Konzepts auf die Klimapolitik Dietz et al. (2015) sowie Wagner und Weitzman (2015), S. 70–78.

4 Probleme bei der Instrumentenwahl

Wegen der Besonderheiten des Klimaproblems ist auch die Entscheidung über die Wahl optimaler klimapolitischer Instrumente weniger einfach, als es nach den Lehrbuchrezepten erscheint.³⁹ Dies gilt sowohl für die Entscheidung zwischen Emissionsabgaben und Emissionszertifikaten als auch für die Notwendigkeit, diese Preisinstrumente mit anderen in der Umweltökonomik weniger populären klimapolitischen Maßnahmen zu ergänzen, zum Beispiel mit Emissionsstandards oder Subventionen für Entwicklung und Einsatz klimafreundlicher Technologien. Alle diese Instrumente gehen mit ausgeprägten Verteilungseffekten einher, weshalb auch die politische Durchsetzbarkeit nicht zu vernachlässigen ist.

4.1 Preis- vs. Mengensteuerung in der Klimapolitik

Seit Weitzman (1974) ist bekannt, dass bei Unsicherheit über Vermeidungstechnologien und Vermeidungskosten mit Emissionsabgaben (als Instrument der direkten Preissteuerung) und Zertifikaten (als Instrument der Mengensteuerung) erhebliche Wohlfahrtsunterschiede verbunden sein können. Im Fachjargon ausgedrückt, ist die Preissteuerung der Mengensteuerung dann überlegen (unterlegen), wenn die zu erwartenden Grenzvermeidungskostenkurven steiler (flacher) verlaufen als die Grenzschadenskurve (siehe Abbildung 2). Emissionsabgaben sind Zertifikaten mithin dann vorzuziehen, wenn die Risiken einer Verfehlung eines bestimmten Vermeidungsziels kleiner als die Risiken hoher Vermeidungskosten sind.

Bei periodenweiser Festsetzung der Instrumentenparameter (Emissionsabgabensatz vs. Menge der ausgegebenen Zertifikate) scheint aus der Perspektive des Weitzman-Modells eine Kohlendioxidsteuer eindeutig das bessere Instrument zu sein. Treibhausgase stellen „Stock pollutants“ dar: Die in einer Periode auftretenden Umweltschäden hängen nicht von den Emissionen in dieser Periode, sondern von dem in allen früheren Perioden akkumulierten Schadstoffbestand ab. Kurzfristige Abweichungen von einem Vermeidungsziel haben dann nur begrenzte Auswirkungen auf das eigentliche, auf den Bestand an Treibhausgasen in der Atmosphäre bezogene Klimaziel

³⁹ Ein ausführlicher Vergleich klimapolitischer Instrumente findet sich bei Neuhoff (2011).

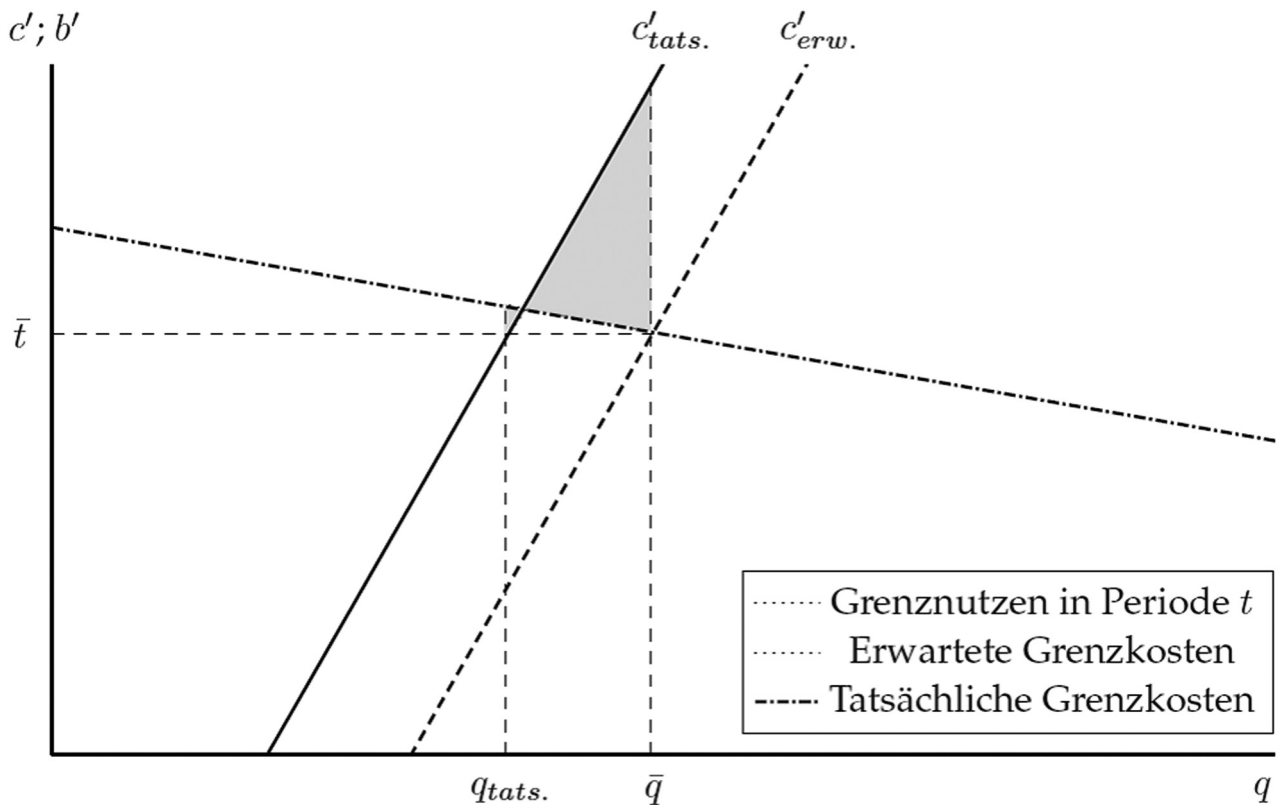


Abbildung 2: Das Weitzman-Modell bei flachem Verlauf der Grenzschatensfunktion

Quelle: Eigene Darstellung

(wie das Zwei-Grad-Ziel). Bezogen auf eine einzelne Periode verläuft die Grenzschatenskurve somit relativ flach, was für eine Steuer spricht.

Abbildung 2 liefert eine grafische Darstellung dieses Falls: \bar{q} bezeichnet die Zertifikatmenge und \bar{t} den Emissionsabgabensatz, die beide auf Grundlage der erwarteten Grenzvermeidungskostenfunktion C'_{erw} festgelegt werden. Das kleine Dreieck beschreibt die Wohlfahrtsverluste bei der Steuerlösung und das große Dreieck die Wohlfahrtsverluste bei der Zertifikatelösung, wenn die tatsächliche Grenzvermeidungskostenkurve C'_{tats} ist.

Ein Zurückbleiben oder Überschießen der in einer Periode realisierten Vermeidungsmenge lässt sich durch Anpassung des Abgabensatzes in den Folgeperioden korrigieren, ohne dass dadurch das langfristige Klimaziel gefährdet wird. In einer DICE-Simulationsstudie kommt Pizer (2002) auf der Basis des Weitzman-Modells zu dem Ergebnis, dass eine Kohlendioxid-Steuer sogar fünfmal höhere Wohlfahrtsgewinne erwarten lässt als eine Zertifikatelösung.

Bei einem Blick auf die Vermeidungskosten neigt sich die Waage sogar noch mehr auf die Seite der Emissionsabgaben: Wenn es nur um eine kosteneffiziente Lösung in Bezug auf die zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannten

und erprobten Vermeidungstechnologien geht, ist die Zertifikatelösung – gemäß dem „True ranking“ von Requate und Unold (2003) – zwar vordergründig vorteilhafter als eine Steuer. Jedoch käme bei dieser Bewertung zu kurz, dass sich viele der für eine umfassende Dekarbonisierung erforderlichen Technologien noch in einem frühen Stadium ihres Ausreifeprozesses befinden oder noch völlig unbekannt sind. Cecil befindet sich in der Position eines kurzfristigen und nur mit begrenztem Wissen ausgestatteten Planers, dem es darum gehen muss, den Erfindergeist zu stimulieren und Innovationen auf dem Feld klimafreundlicher Technologien zu fördern. In Bezug auf die dynamische Effizienz umweltpolitischer Instrumente gilt freilich: „Emission taxes tend to provide a stronger incentive to invest in both R&D and adoption of new technology as compared to emission allowances“ (Requate 2005, S. 193).

Zertifikatmärkte senden in dieser Hinsicht kein verlässliches Preissignal aus. Die Preise, die sich dort bilden, können nicht nur infolge exogener Schocks schwanken; Veränderungen werden auch durch die endogene Anpassung der Emittenten an den Zertifikatpreis selbst bewirkt: Wenn sich eine neue Vermeidungstechnik mit geringen Grenzvermeidungskosten ausbreitet, geht der Zertifikate-

preis zurück – und damit aber auch der Anreiz, auf die neue Technik umzusteigen (vgl. Requate und Unold 2003 sowie Requate 2005). Durch die Möglichkeit eines Ansparens von Zertifikaten mag sich das Preisrisiko zwar senken lassen (vgl. Newell, Pizer und Zhang 2005), jedoch entstehen bei einem solchen „Banking“ zusätzliche Anlagerisiken, welche die Lenkungsfunktion der Zertifikatelösung gleichfalls beeinträchtigen können.

Zudem sind mit der Zertifikatelösung noch andere Risiken verbunden. So könnten Emittenten dazu neigen, quasi in einer Hedging-Strategie, zu früh und zu viel in bestimmte Vermeidungstechnologien zu investieren, um sich gegen zu hohe Zertifikatepreise abzusichern. Bei langer Lebensdauer dieser Investitionen droht dann ein „Lock-in“-Effekt, d. h. die Emittenten bleiben in ihren Investitionen gefangen, auch falls in der nächsten Periode wesentlich kostengünstigere Vermeidungsalternativen zur Verfügung stehen. Das Ziel der Vermeidungskosteneffizienz würde dadurch verletzt. Gewisse Abhilfe könnte hier zwar eine freie Vergabe von Zertifikaten schaffen, wobei idealerweise risikoaverseren Firmen eine höhere Menge an Zertifikaten zuzuteilen wäre (vgl. Baldursson und Fehr 2004). Ein solches „Grandfathering“ hätte unter anderem den Nachteil, dass dem Staat Einnahmen aus der Versteigerung von Zertifikaten fehlen, und die Wohlfahrtsgewinne aus der „doppelten Dividende“ blieben ungenutzt. Allerdings kann es unter dem Einfluss von Emissionsabgaben auch zum umgekehrten und gleichfalls nachteiligen Effekt kommen, wenn Firmen den Einsatz neuer Vermeidungstechnologien aufschieben, weil sie sich kostengünstigere Optionen offenhalten wollen (vgl. Soest und Bulte 2001). Die Ausbreitung klimafreundlicher Technologien kommt dann nicht oder nur schleppend in Gang. Bei der Zertifikatelösung werden zudem generell höhere Transaktionskosten angenommen (vgl. Stavins 1995), und auf Zertifikatemarkten besteht die Gefahr, dass sich Marktmacht herausbildet.⁴⁰ Beide Probleme sind nicht unbedeutend, wie empirische Studien speziell zum Europäischen Emissionshandelssystem (EU ETS) zeigen.⁴¹

Es verwundert mithin nicht, dass zu Beginn der Klimapolitik eine Steuer als beste Lösung galt. In der EU und jüngst auch in China hat die Politik allerdings der Zertifi-

katelösung den Vorzug gegeben – aufgrund einer Kombination von ökonomischen und politischen Argumenten (vgl. Ellerman et al. 2010). Emissionsabgaben setzen (zumindest bei Vernachlässigung von Überwälzungsmöglichkeiten) die Emittenten einer finanziellen Doppelbelastung aus, weil sie neben den Vermeidungskosten für die Abgaben auf die verbleibenden Restemissionen aufzukommen haben. Die Kostenbelastung fällt somit höher aus, als es aus Gründen der Umweltverbesserung erforderlich wäre, was politischen Widerstand hervorruft. Es ist nicht einmal auszuschließen, dass auch Firmen, deren Produktion selbst bei Berücksichtigung der von ihnen verursachten Umweltschäden einen positiven Wohlfahrtsbeitrag leisten, unter dem Einfluss einer Emissionsabgabe aus dem Markt ausscheiden oder ihren Standort in Länder mit weniger ambitionierter Klimapolitik verlagern, so dass es zu einem „Leakage-Effekt“ kommt. Mit einem Zertifikatesystem lassen sich solche Wohlfahrt- und Beschäftigungsverluste vermeiden, wenn der Staat die Emissionsrechte gratis vergibt.⁴² Die am Zertifikatemarkt entstehenden Knappheitsrenten fließen den Emittenten zu.⁴³ Weil die Emittenten dann sogar von der Klimapolitik profitieren, bevorzugen sie regelmäßig eine solche Zertifikatelösung. Eine Steuer lässt sich gegen Lobbyinteressen viel schwerer durchsetzen.

Wie gleichfalls die Erfahrungen mit dem Europäischen Emissionshandelssystem zeigen, kann die freie Vergabe aber als Einstieg dienen und auf längere Sicht zumindest partiell durch ein Auktionsverfahren abgelöst werden. In anderer Hinsicht kann eine Annäherung an die Steuerlösung dadurch erreicht werden, dass man Preisunter- und Preisobergrenzen einbaut (vgl. Fell et al. 2012 und Tietenberg 2013). Wenn sich die Kosten- und Investitionsrisiken durch ein solches hybrides System stark vermindern lassen, kommt ein wesentlicher Nachteil der Zertifikatelösung weniger zum Tragen.

⁴⁰ Vgl. bereits Hahn (1984) sowie Sinn und Schmolzi (1981).

⁴¹ Vgl. Löschel et al. (2011), Jaraité-Kažukauskė und Kažukauskas (2015) sowie Heindl (2015) in Bezug auf Transaktionskosten und Hintermann (2015) zur Marktmacht großer Emittenten. Eine Bewertung des Europäischen Emissionshandelssystems und der Klimapolitik der EU allgemein findet sich bei Böhringer (2014).

⁴² Vgl. speziell im Zusammenhang mit der Abwehr einer Standortverlagerung Schmidt und Heitzig (2014).

⁴³ Goulder et al. (2010) zeigen in einem auf die USA bezogenen empirischen Allgemeinen Gleichgewichtsmodell, dass eine freie Vergabe von ca. 15 Prozent der ausgegebenen Zertifikate ausreicht, um größere Gewinneinbußen und damit den Verlust an Wettbewerbsfähigkeit der amerikanischen Industrie zu vermeiden. „... [P]rofit preservation is consistent with auctioning the lion's share of permits“ (Goulder et al. 2010, S. 162).

4.2 Kombination von Instrumenten

Während weitgehend Konsens herrscht, dass ein Preisinstrument den Grundstein der Klimapolitik bilden sollte, besteht bei der Frage, inwieweit es ergänzender Instrumente bedarf, wesentlich weniger Einigkeit. Aus der Perspektive von Cecils Referenzszenario müsste eine „Minimalist policy“ (Hanemann 2010, S. 243) mit nur einem Instrument eigentlich ausreichen. Zusätzliche Instrumente bedeuten so gesehen nur eine Komplizierung der Umweltpolitik und führen vom Effizienzziel wieder weg. Dennoch kommt eine Vielzahl anderer klimapolitischer Instrumente zum Einsatz, von Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien über Wärmeschutzstandards für Gebäude, Verbrauchsstandards für Kraftfahrzeuge und Energieeffizienzlabels bis hin zum „Glühbirnenverbot“ der EU. Solche komplementären Instrumente lassen sich teilweise mit Hilfe der ökonomischen Standardtheorie (unter der Annahme rational handelnder Akteure) rechtfertigen, teilweise auch mit Erkenntnissen aus der Verhaltensökonomik (unter Verzicht auf die Annahme rationalen Verhaltens).

Zusätzlicher Instrumente bedarf es in jedem Fall, wenn das pretiale Hauptinstrument wie beim Europäischen Emissionshandelssystem nur einen Teil der Treibhausgasemissionen abdeckt. Ebenso kann es angeraten sein, institutionelle Rahmenbedingungen zu verändern, um Preisinstrumenten zur Wirkung zu verhelfen. Als Standardbeispiel gilt die „Landlord-tenant-Problematik“: Wenn der Vermieter einer Wohnung die Kosten einer energiesparenden Investition aus rechtlichen Gründen nicht auf die Mieter überwälzen kann, schmälert dies seinen Anreiz, sie überhaupt zu tätigen. Das lässt sich aber durch eine Änderung des Mietrechts leicht beheben. In Deutschland ist es gemäß § 559 BGB seit 2013 zulässig, die Jahresmiete um bis zu 11 Prozent der für eine energetische Sanierung aufgewendeten Kosten zu erhöhen.

Wesentlich komplexer (und kontroverser) ist es, komplementäre Instrumente zur Förderung des klimafreundlichen technischen Fortschritts zu begründen. Der Ausgangspunkt der Argumentation ist dabei, dass sich die Erträge von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (F&E) auch bei ausgebautem Patentwesen nur begrenzt privat aneignen lassen (vgl. Fischer und Preonas 2010). Bei der Gestaltung der Klimapolitik ist neben der negativen Umweltexternalität somit auch eine positive Wissensexternalität zu beachten, die gemäß der Tinbergen-Regel durch eine separate Internalisierungsmaßnahme zu berücksichtigen ist (vgl. Fischer und Newell 2008 oder Goulder und Parry 2008). Die allgemeine Rechtfertigung für eine Subventionierung der Grundlagenforschung, zu der man so gelangt, hat angesichts des enormen Nachholbedarfs in

der Entwicklung klimafreundlicher Technologien sogar noch mehr Überzeugungskraft als in anderen Bereichen der Innovationsförderung.⁴⁴ Weil das Klimaproblem dringlich ist, gilt es den Innovationsprozess möglichst rasch in Gang zu setzen, und es ist wünschenswert, dass möglichst viele Nutzer umgehend und ohne größere eigene Kostenbelastung in den Genuss neuer Technologien gelangen können. Allein auf vom Patentwesen gestützte Anreize zu setzen, wäre aus diesen Gründen nicht zielführend.

Wie schnell sich klimafreundliche Technologien ausbreiten, hängt aber nicht nur vom Stand der Grundlagenforschung ab, sondern auch von den Fortschritten in Produktion und Anwendung klimafreundlicher Anlagen, die sich nur durch „Learning by doing“ (Arrow 1962) erreichen lassen. Es erscheint mithin gerechtfertigt, nicht nur die Entwicklung, sondern auch den Einsatz erneuerbarer Energien zu fördern, wie es in Deutschland seit langem durch die festen Einspeisetarife für Grünstrom geschieht: Diese schaffen verlässliche Rahmenbedingungen für die Investitionen in Wind- und Solaranlagen und tragen damit auch dazu bei, die auf einem neuen Tätigkeitsfeld besonders großen Koordinationsprobleme zwischen den Beteiligten zu reduzieren (Hanemann 2010, S. 242). Der durch die Förderung beschleunigte Einsatz der grünen Technologien sorgt dann bei den Produzenten und Anwendern dieser Anlagen für Lerneffekte, durch die sich die Kosten der erneuerbarer Energien vermindern. Damit wird es auf längere Sicht leichter, anspruchsvollere klimapolitische Ziele durchzusetzen. Der rasante Rückgang der Preise für Solarzellen in den vergangenen Jahren bestätigt diese Strategie: Während 1990 Solarzellenmodule zur Dachmontage noch etwa 14.000 Euro/kWp kosteten, hat sich dieser Preis bis 2014 auf etwa 1.300 Euro/kWp reduziert.⁴⁵ Subventionen für erneuerbare Energien können darüber hinaus zur Vermeidung unerwünschter technologischer Lock-in-Effekte beitragen (vgl. Kalkuhl et al. 2012).

Rein theoretisch könnten auch schon höhere Kohlendioxid-Preise die erforderliche Beschleunigung klimafreundlicher Innovationen auf den Weg bringen. Allerdings ließe sich dies nur unter enormen ökonomischen Verwerfungen erreichen (vgl. Acemoglu et al. 2012, S. 149 ff.), weil ein starkes Drehen an der Preisschraube den bestehenden, auf fossile Energien abgestimmten Kapitalstock radikal entwerten würde. Eine durch F&E-

⁴⁴ Vgl. zum Beispiel Popp (2010).

⁴⁵ Diese Information ist dem „Photovoltaics Report“ des Fraunhofer ISE in der Fassung vom 26. August 2015 entnommen (S. 9). Die Bezeichnung kWp steht für „Kilowatt-Peak“ und ist eine vor allem in der Photovoltaik gebräuchliche Messeinheit für die elektrische Leistung von Solarzellen.

Subventionen eingeleitete Umlenkung des technischen Fortschritts auf grüne Technologien hingegen ermöglicht niedrigere Kohlendioxid-Steuersätze, die weniger verzerrend und wachstumshemmend wirken. Bei hinreichender Substituierbarkeit „sauberer“ und „dreckiger“ Energieinputs wären solche Subventionen nach Acemoglu et al. (2012) sogar allein in der Lage, eine Klimakatastrophe abzuwenden. Die optimale Klimapolitik besteht aber auch in ihrem Modell aus einem Tandem von gezielter Forschungsförderung und einem traditionellen umweltpolitischen Preisinstrument, wobei die Technologieförderung etwas Vorlauf benötigt.

Den optimalen Policy-Mix zu finden, wird allerdings dadurch erschwert, dass langfristig orientierte Maßnahmen zur Technologieförderung in Konflikt mit dem Ziel einer kostengünstigen Emissionsvermeidung in der kurzen Frist stehen können. Die teilweise massive Kritik am Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat hier ihre Wurzeln.⁴⁶ In diesem Zusammenhang wird insbesondere die hohe Förderung der teuren Solarenergie kritisiert, die eine – bewusst vorgenommene – Abweichung vom Ziel der Vermeidungskosteneffizienz darstellt. Weil die Kohlendioxid-Emissionen durch das Europäische Emissionshandelssystem gedeckelt sind, stärkt der vom EEG geförderte Zubau von Grünstromanlagen zudem nicht die Kohlendioxid-Vermeidung in der EU, sondern führt lediglich zu einer Senkung der Preise für Emissionszertifikate⁴⁷ und damit paradoxerweise auch zu einer verschlechterten Marktstellung der relativ sauberen Gaskraftwerke gegenüber den Braunkohlekraftwerken (vgl. Böhringer und Rosendahl 2010). Schließlich muss sich speziell die Förderung der Ausbreitung klimafreundlicher Technologien à la EEG auf bereits bekannte Technologien beziehen, so dass die Förderung zu wenig ergebnisoffen ausfällt (EFI 2014).

Weitere Argumente für zusätzliche klimapolitische Instrumente liefert die Verhaltensökonomik: Die Menschen sind – anders als im ökonomischen Standardmodell unterstellt – nur beschränkt rational, haben Schwierigkeiten mit dem systematischen Umgang mit Risiken und tendieren dazu, in der Zukunft anfallende Kosten und Nutzen zu stark zu diskontieren und somit zu vernachlässigen. Deshalb ist zu erwarten, dass sie gerade in Entscheidungssituationen, die durch einen sehr langen Zeithorizont und große Unsicherheit gekennzeichnet sind, erhebliche Schwierigkeiten mit der adäquaten Verarbeitung von

Preissignalen haben, was die Lenkungsfunction der pre-tialen klimapolitischen Instrumente vermindert (vgl. Allcott und Mullainathan 2010 und Newell 2010). Klare Signale durch Auflagen und Verordnungen versprechen Abhilfe, weil sie den Menschen die Last der Entscheidung abnehmen und sie direkt zur Emissionsvermeidung bewegen. Ordnungsrechtliche Vorgaben können überdies als normative Standards für „richtiges“ umweltkonformes Verhalten aufgefasst werden und somit einen Beitrag zur ökologischen Bewusstseinsbildung leisten.

Andere von der Verhaltensökonomik inspirierte Vorschläge zielen darauf, die begrenzte Rationalität und Trägheit der Individuen für „weiche“ Klimaschutzmaßnahmen zu nutzen, die ohne formale Zwänge und monetäre Anreize auskommen. Durch „Nudges“ (Anstupser) im Sinne des „liberalen Paternalismus“ von Thaler und Sunstein (2008) soll das individuelle Verhalten in eine ökologisch erwünschte Richtung gelenkt werden, beispielsweise indem Grünstrom als Standardangebot („Default option“) präsentiert wird, aus dem sich die Stromkunden allerdings lösen können. Als wirksames Mittel zur Drosselung des Elektrizitätsverbrauchs hat sich in empirischen Studien wie jener von Allcott und Mullainathan (2010) auch erwiesen, die Stromkunden über das Verbrauchsverhalten anderer Haushalte zu informieren. Das stimuliert das Streben der Menschen nach konformem und ökologisch verantwortlichem Handeln. Solche „Green nudges“ gelten zwar als kostengünstiges und politisch leicht durchsetzbares Instrument (vgl. Croson und Treich 2014), ihre Reichweite und nachhaltige Wirksamkeit werden allerdings bezweifelt (vgl. Allcott und Rogers 2014). Darüber hinaus bestehen erhebliche Bedenken, ob Ansätze des liberalen Paternalismus überhaupt mit den für Marktwirtschaft und Demokratie konstitutiven Leitbildern des souveränen Konsumenten und mündigen Bürgers vereinbar sind (Sugden 2009).

4.3 Verteilungseffekte

Die Besteuerung von Energie belastet ärmere Haushalte relativ zu ihrem Einkommen in aller Regel stärker als wohlhabende Haushalte. Dieser regressive Effekt lässt sich darauf zurückführen, dass sowohl die Preiselastizität (-0,35 nach Espey und Espey 2004) als auch die Einkommenselastizität der Nachfrage (0,1 nach Narayan et al. 2007) nach Energiegütern (bzw. in diesem Fall dem elektrischen Strom) vergleichsweise gering ist. Zusammen mit Wohnung, Nahrung und Bekleidung zählt Energie zum Grundbedarf, weshalb schon Adam Smith (1776/1981, S. 874 ff.) von einer Besteuerung von Heizmaterial und Kerzen ab-

⁴⁶ Vgl. zum Beispiel Weimann (2008, 2012) und Sachverständigenrat (2013).

⁴⁷ Vgl. zum Beispiel Heindl, Wood und Jotzo (2015).

riet. In CGE- und Mikrosimulationsmodellen⁴⁸ zeigt sich, dass sich die stärksten regressiven Effekte durch die Verteuerung von elektrischem Strom ergeben. Schwächer sind sie bei der Verteuerung von Heizenergie, aber auch infolge der Besteuerung von Kraftfahrzeugen oder Treibstoffen (vgl. OECD 2014 und Sterner 2012).

Regressive Effekte der Energiebesteuerung können durch ein geeignetes „Revenue recycling“ abgefedert oder vollständig neutralisiert werden. In einem auf die USA bezogenen CGE-Modell mit Mikrodatenkomponente haben Rausch et al. (2011) gezeigt, dass ein (hypothetischer) Kohlendioxid-Steuerpreis von 20 Dollar deutlich regressiv wirkt, sofern die Steuereinnahmen zur Senkung von Lohn- und Einkommensteuern verwendet werden. In diesem Fall entsteht aber ein positiver Effizienzeffekt durch die Minderung der Steuerlast, was in Einklang mit dem Gedanken der doppelten Dividende steht. Wenn die Einnahmen aus der Kohlendioxid-Steuer hingegen – wie bei dem in der Schweiz gebräuchlichen Ökobonus – in einheitlichen Pro-Kopf-Beträgen an die Haushalte zurückgegeben werden, tragen ärmere Haushalte im Endeffekt eine deutlich geringere relative Last als wohlhabende. Die Klimapolitik hat dann progressive Verteilungseffekte. Insgesamt herrscht ein Zielkonflikt zwischen Effizienz und Verteilungsgerechtigkeit, der bei der Ausgestaltung klimapolitischer Instrumente zu beachten ist. Auch Subventionen für klimafreundliche Technologien bringen erhebliche Verteilungswirkungen mit sich, wie Grösche und Schröder (2013) für das EEG ermittelt haben. Anhand verschiedener Ungleichheitsmaße bestätigen sie klar, dass die Förderpolitik der vergangenen Jahre zu einer Zunahme der interpersonellen Ungleichheit in Deutschland beigetragen hat.

5 Das Kooperationsproblem

Schon bei Zielbestimmung und Instrumentenwahl erweisen sich die Abweichungen des Klimaproblems vom umweltökonomischen Standardmodell als recht erheblich. Dabei hat Cecil die wohl größte Herausforderung, die das Klimaproblem mit sich bringt, in seine Überlegungen noch gar nicht einbezogen: Anders als im Fall von Umweltschädigungen mit begrenzter Reichweite, etwa durch lokale Luftschadstoffe, kann man sich in der Klimapolitik nicht auf einzelne nationale Regierungen verlassen. Vielmehr muss eine Vielzahl souveräner Staaten zur Bereitstellung des globalen öffentlichen Gutes „Klimaschutz“ zusam-

menwirken, was Fragen der strategischen Interaktion aufwirft. Das ist ein Fall für die Spieltheorie.⁴⁹

Diverse Modelle veranschaulichen das im Zusammenhang mit der globalen Klimapolitik auftretende soziale Dilemma: Weil der Nutzengewinn, den ein einzelnes Land durch seinen Beitrag zum öffentlichen Gut erreicht, überwiegend bei anderen Ländern anfällt, ist der individuelle Anreiz zu freiwilligen Beiträgen zum öffentlichen Gut gemessen an den Erfordernissen der globalen Wohlfahrtsmaximierung zu gering. Mit im Detail unterschiedlichen Begründungen folgt hieraus eine eher pessimistische Einschätzung für die am Ende bereitgestellte Menge des öffentlichen Gutes. So wird das globale „Klimaspiel“ in der einfachen Spieltheorie mit diskreten Strategien vielfach als Gefangenendilemma modelliert, in dem jeder Beteiligte Trittbrettfahren möchte und dessen Nash-Gleichgewicht in allseitiger Nicht-Kooperation besteht. Entsprechend kommt es zu einer Unterversorgung mit dem öffentlichen Gut.⁵⁰

Aus der Perspektive der spieltheoretischen Ansätze ist somit die Gefahr nicht von der Hand zu weisen, dass sogar ein „Unmöglichkeitstheorem für die Klimapolitik“ (Endres 2008) gilt. Diese im Hinblick auf die Bekämpfung der Erderwärmung eher trüben Aussichten werden von einer Reihe zusätzlicher Argumente verstärkt, die sich auf die nicht-kooperative wie auch auf die kooperative Bereitstellung des globalen öffentlichen Gutes beziehen.

5.1 Pessimistische Perspektiven

5.1.1 Das nicht-kooperative Szenario

Auf den ersten Blick erscheint es für den Erfolg der Klimapolitik günstig, wenn ein Land eine Führungsrolle übernimmt und als erstes sein Vermeidungsniveau festlegt. Die freiwillige Bereitstellung des öffentlichen Gutes lässt sich dann durch ein sequentielles Stackelberg-Spiel beschreiben. Eine grundlegende Erkenntnis der Theorie öffentlicher Güter lautet aber, dass dann die Bereitstellung des Gutes geringer ausfällt als im simultanen Nash-Gleichge-

⁴⁹ Als Standardreferenz kann auch heute noch Finus (2001) gelten. Überblicke über die Anwendung verschiedener spieltheoretischer Ansätze auf die Klimapolitik finden sich aber auch bei Sandler (2004), Barrett (2007), Finus (2008) und Wood (2011). Eine elementare Einführung liefern Peinhardt und Sandler (2015).

⁵⁰ Vgl. als allgemeine Einführung in die Theorie öffentlicher Güter Cornes und Sandler (1996) und mit Fokus auf globale öffentliche Güter die Beiträge in Kaul et al. (1999, 2003, 2006). Speziell zur Unterversorgungsthese vgl. Cornes und Sandler (1996), S. 157f. und speziell mit Bezug auf globale öffentliche Güter Kaul (2012).

⁴⁸ Vgl. die Übersicht bei Heindl und Löschel (2014). CGE steht für „Computable General Equilibrium“.

wicht.⁵¹ Im strategischen Kontext der freiwilligen Bereitstellung eines öffentlichen Gutes kann zudem das Interesse der beteiligten Länder an Entwicklung und Einsatz einer verbesserten Technologie zur Erzeugung des öffentlichen Gutes schwinden, weil es ihnen die Bindung an höhere Bereitstellungskosten leichter macht, als Trittbrettfahrer an den Beiträgen der anderen zu partizipieren (Buchholz und Konrad 1994, Ithori 1996 und Harstad 2012). Im konkreten Fall kann dies den klimafreundlichen Fortschritt blockieren. Ein ähnlicher strategischer Mechanismus führt dazu, dass eigennützige Wähler unter bestimmten Bedingungen einen Anreiz haben, klimapolitische Entscheidungen durch ihr Wahlverhalten an Politiker zu delegieren, die am Klimaschutz weniger interessiert sind als sie selber.⁵²

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (zum Beispiel der Bau von Deichen zum Schutz vor dem mit der Erderwärmung einhergehenden Anstieg des Meeresspiegels) bieten aus Sicht eines einzelnen Landes eine Alternative zur Treibhausgasvermeidung, bei der die Erträge im eigenen Land bleiben und die Kosten-Nutzen-Relation günstiger ausfällt. Durch solche rein nationalen Schutzvorkehrungen, die zudem nicht allen Ländern gleichermaßen möglich sind, schwindet aber das Interesse an eigenen Vermeidungsmaßnahmen noch mehr.⁵³

Wenn Länder oder Ländergruppen zusätzliche Vermeidungsmaßnahmen einseitig vornehmen, ist zu befürchten, dass die positiven Klimawirkungen teilweise verpuffen. Aus der Sicht der Theorie öffentlicher Güter sind „Crowding-out“-Effekte⁵⁴ zu erwarten, weil gemäß der Nash-Verhaltenshypothese handelnde Länder ihre eigenen Vermeidungsanstrengungen in Reaktion auf stärkere Klimaschutzaktivitäten der Vorreiter vermindern. Bei Unsicherheit über das Ausmaß der Klimaschäden kann dieser negative Effekt sogar noch verstärkt werden (Auerswald et al. 2011). Weitere „Leakage-Effekte“ sowohl durch Standortverlagerung klimaschädlicher Produktion in Länder mit weniger ambitionierten Kohlendioxid-Vermeidungszielen als auch durch die Stimulierung der Nachfrage nach fossilen Energieträgern in anderen Ländern treten hinzu, wenn das Vorreiterverhalten einzelner Länder die Weltmarktpreise dieser Energieträger beeinflusst.⁵⁵

Der Erfolg der Klimapolitik kann neben diesem räumlichen auch durch zeitliches Leakage beeinträchtigt werden, das entsteht, wenn Anbieter fossiler Energieträger klimapolitische Maßnahmen damit konterkarieren, dass sie den Abbau ihrer klimaschädlichen Ressourcen beschleunigen. Auslöser hierfür können rasch steigende Kohlendioxid-Steuersätze (Sinn 2008, 2012) und die Förderung erneuerbarer Energien (Ploeg und Withagen 2012) sein, wenn diese kostengünstige Substitute für fossile Energieträger werden. In beiden Fällen kommt es durch die Reaktion der Anbieter zu einem zügigeren Ressourcenabbau und damit auch zu einem rascheren Anstieg der Treibhausgaskonzentration als im Status quo ohne jegliche klimapolitische Aktivität. Die Klimapolitik wirkt dann kontraproduktiv, wobei der von Sinn (2008) in die Diskussion eingeführte Begriff des „grünen Paradoxons“ die passende Beschreibung liefert. Dabei muss zwischen verschiedenen Versionen des Grünen Paradoxons unterschieden werden: einer schwachen Version, die sich alleine auf eine Steigerung der Kohlendioxid-Emissionen in der Gegenwart bezieht, und verschiedenen starken Versionen, bei denen es um eine Erhöhung der gesamten Kohlendioxid-Emissionen und der Klimaschäden bzw. eine Minderung der Wohlfahrt im gesamten Zeitverlauf geht.⁵⁶

5.1.2 Das kooperative Szenario

Auch im kooperativen Szenario, in dem innerhalb von Staatengruppen die Vermeidungsaktivitäten gemeinsam festgelegt werden, ist der Erfolg des kollektiven Handelns nicht garantiert. Zweifel an den langfristigen Erfolgsaussichten von Klimaverhandlungen bestehen schon deshalb, weil es keine Weltregierung gibt, die souveräne Staaten zum Abschluss eines Klimaabkommens zwingen und dessen Einhaltung gewährleisten könnte. Um wirksam zu werden, müssen internationale Umweltabkommen selbstdurchsetzend, d. h. so ausgestaltet sein, dass keines der beteiligten Länder durch ein Ausscheren profitieren kann.⁵⁷ Als klassische Erkenntnis der internationalen Umweltökonomik gilt jedoch, dass nur solche Koalitionen intern stabil sein können, die entweder sehr klein sind (Carraro und Siniscalco 1993 sowie Hoel 1992) oder gegen-

51 Varian (1994) und, mit Anwendung auf das internationale Umweltproblem, Finus (2001), S. 152–55.

52 Vgl. zum Beispiel Buchholz, Haupt und Peters (2005).

53 Vgl. zum Beispiel Wissenschaftlicher Beirat (2010) und die nachfolgende Diskussion in Bardt et al. (2011).

54 Vgl. dazu die mittlerweile klassischen Arbeiten von Bergstrom, Blume und Varian (1986) sowie Andreoni (1988).

55 Ein theoretischer Überblick über die verschiedenen Leakage-Mechanismen findet sich bei Rauscher (2005). Beiträge zur empirischen

Bedeutung des Leakage speziell für die EU finden sich bei Andersen und Ekins (2009).

56 Eine ausführliche Diskussion der verschiedenen Versionen und Facetten des „Grünen Paradoxons“ findet sich bei Pittel et al. (2014). Vgl. auch Jensen et al. (2015), Ploeg und Withagen (2015) und zur Interaktion von zeitlichem und räumlichen Leakage Long (2015).

57 Vgl. zum Beispiel Barrett (1994) sowie Rubio und Ulph (2006).

über der nicht-kooperativen Nash-Lösung nur einen geringen Wohlfahrtszuwachs erbringen und sich somit kaum lohnen (Barrett 1994). Der internationale Handel verschärft diese Probleme sogar noch (Eichner und Pethig 2012).

Empirisch lässt sich feststellen, dass Faktoren, die bei anderen internationalen Umweltproblemen Kooperation begünstigt haben, beim Klimaproblem nicht gegeben sind. Zum Vergleich wird zum einen die Bekämpfung des Ozonlochs durch die im Montreal-Protokoll von 1987 vereinbarte radikale Senkung der globalen FCKW-Emissionen angeführt und zum anderen die Verminderung der zum „sauren Regen“ führenden Schwefeldioxid-Emissionen in Europa durch das Helsinki-Protokoll von 1985 (sowie das Oslo-Protokoll von 1994). Folgende Erfolgsfaktoren kristallisieren sich heraus:⁵⁸

- Die Zahl der beteiligten Staaten und der umweltschädigenden Produzenten ist klein, so dass die Transaktionskosten sowohl in den Verhandlungen als auch bei der Durchsetzung der Emissionsreduktionen niedrig sind.
- Vermeidungstechnologien stehen rasch und zu relativ geringen Kosten zur Verfügung, so dass zur Bewältigung des Umweltproblems kein umfassender ökonomischer Strukturwandel erforderlich ist.
- In einem Großteil der Länder ist die Selbstschädigung durch die eigenen Emissionen sehr hoch, so dass ein Eigeninteresse an der Vermeidung von Emissionen besteht.
- Ein Land oder eine Ländergruppe ist fähig und bereit, eine Führungsrolle zu übernehmen.

Beim Klimaproblem werden Kompromisse über das Ausmaß der Emissionsreduktion und die Verteilung der damit verbundenen Lasten nicht nur durch die hohen Kostenrisiken erschwert, sondern auch dadurch, dass die Vertreter verschiedener Länder und Ländergruppen unterschiedliche Vorstellungen über eine faire Lastenverteilung haben.⁵⁹ So favorisieren Entwicklungs- und Schwellenländer eher eine gleiche Pro-Kopf-Verteilung von Emissionsrechten, während in den traditionellen Industriestaaten eine zur aktuellen Emissionsmenge proportionale Verteilung der Emissionsrechte (gemäß dem „Sovereignty principle“ von Lange et al. 2010) als gerecht empfunden wird. Weil aber die wahrgenommene Fairness des Ergebnisses eine

wichtige Bedingung für den Verhandlungserfolg ist, tritt zu dem vertrauten sozialen Dilemma bei der Bereitstellung öffentlicher Güter auch noch ein spezifisches Fairness-Dilemma. Schon im Rahmen der einfachen nicht-kooperativen Spieltheorie lässt sich zeigen, dass die Einbeziehung von Fairness-Komponenten in die Nutzenfunktionen der Beteiligten den Klimaschutz drosseln kann (vgl. Pittel und Rübhelke 2013 sowie Buchholz, Peters und Ufert 2014).

In Folge ihrer hohen Kosten können zudem die Vorleistungen eines Vorreiters seine Verhandlungsposition verschlechtern, so dass er nicht mehr in der Lage ist, im Verhandlungsprozess anspruchsvollere klimapolitische Ziele durchzusetzen. Dann droht die Paradoxie, dass ein Vorreiterverhalten das Klimaproblem verschärfen kann (vgl. Hoel 1991). Im Falle unsicherer Vermeidungskosten wird darüber hinaus das Zustandekommen eines effizienten internationalen Klimaabkommens unwahrscheinlicher (Konrad und Thum 2014). Umgekehrt haben die Länder strategische Anreize, zur Verbesserung der eigenen Verhandlungsposition im Vorfeld der Verhandlungen ihre Emissionen zu erhöhen oder Anpassungsmaßnahmen vorzunehmen, um die anderen zu höheren Vermeidungsanstrengungen zu bewegen und selber Trittbrett fahren zu können.⁶⁰ Darüber hinaus ist – insbesondere bei einer kleinen Gruppe kooperierender Länder – unter Umständen sogar damit zu rechnen, dass „Anti-Klima-Koalitionen“ entstehen, bei denen kooperatives Handeln einer Ländergruppe zu einem Anstieg der globalen Gesamtemissionen führt.⁶¹

5.2 Optimistischere Perspektiven

Trotz dieser Bedenken gibt es jedoch auch einige theoretische und empirische Faktoren, die bei Cecil gewisse Hoffnungen auf klimapolitische Fortschritte zu wecken vermögen.⁶² In seiner einfachsten statischen Version muss das Klimaspiele nicht unbedingt vom Typus des Gefangenendilemmas sein. Bei bestimmten Verläufen der Umweltschadens- und Vermeidungskostenfunktion und unter dem Einfluss von Risikoaversion können sich auch andere Spieltypen wie das „Chicken game“ ergeben, bei dem eine Ländergruppe freiwillig zu einseitigen Vermeidungsmaßnahmen bereit ist, wenn die anderen Länder untätig blei-

⁵⁸ Vgl. Murdoch und Sandler (1997), Finus und Tjotta (2003), Sandler (2004), S. 212–34 sowie Sunstein (2007).

⁵⁹ Vgl. zum Beispiel Ringius, Torvanger und Underdal (2002), Johansson-Stenman und Konow (2010) und Posner und Weisbach (2010).

⁶⁰ Zu solchen für den Klimaschutz nachteiligen „Pre-bargaining activities“ vgl. bereits Buchholz und Konrad (1994) sowie Beccherle und Tirole (2011), Auerswald et al. (2011).

⁶¹ Vgl. Eichner und Pethig (2013) sowie Buchholz, Cornes und Rübhelke (2014).

⁶² Vgl. hierzu auch die Diskussion in Edenhofer et al. (2015).

ben.⁶³ Ein solches Verhalten kann beispielsweise dann individuell rational sein, wenn unilaterales Handeln die Treibhausgaskonzentration auf Distanz zu möglichen Wendepunkten hält und somit der Abwehr einer Klimakatastrophe dient.

Ein auf materiellen Auszahlungen (verminderte Klimaschäden minus Vermeidungskosten) beruhendes Gefangenendilemma kann darüber hinaus durch psychologische Präferenzkomponenten wie dem Wunsch nach Gleichverteilung der Beiträge oder nach Konformität und Nicht-Akzeptanz einer Außenseiterposition sogar in ein Hirschjagd-Spiel transformiert werden, in dem die kollektiv optimale Lösung ein Nash-Gleichgewicht darstellt.⁶⁴ Die psychologischen Nutzenbestandteile wirken sich in diesem Falle positiv auf den Klimaschutz aus.

Zur Erhöhung der freiwilligen Beiträge zum öffentlichen Gut tragen auch private Zusatznutzen bei. Im Klimakontext sind dies zum Beispiel lokale Verbesserungen der Umweltqualität wie die mit vielen Klimaschutzmaßnahmen einhergehende Verminderung gesundheitsschädlicher Luftverschmutzung durch Schwefeldioxid oder Rußpartikel.⁶⁵

Zudem kann kooperatives Verhalten auch mit Drohstrategien herbeigeführt werden, bei denen nicht-kooperatives Verhalten von Staaten bestraft wird, sei es im Sinne des Reziprozitätsgedankens („Wie du mir, so ich dir“) durch gleichfalls nicht-kooperatives Verhalten der an sich kooperationswilligen Staaten, sei es durch Entzug von Vorteilen auf anderen Gebieten wie den internationalen Handelsbeziehungen⁶⁶ oder der Forschungskooperation.⁶⁷ Schon in einem statischen Modell könnte Kooperation einer beliebigen Zahl von Ländern durchgesetzt werden, wenn ein vertragsbrüchiges Land damit rechnen müsste, dass die anderen Länder mit einer sofortigen Einstellung der Kooperation reagieren.⁶⁸ In unendlich wiederholten Spielen hätte die „Grim strategy“, bei der die Defektion eines Spielers mit Einstellung der weiteren Kooperation

beantwortet würde, den gleichen Abschreckungseffekt, sofern die Beteiligten zukünftige Auszahlungen nicht allzu stark diskontieren.⁶⁹

In beiden Fällen ist die ausgesprochene Drohung aber nicht glaubhaft, weil die Sanktion für die bestrafenden Länder von Nachteil wäre. In unendlich oft wiederholten Kooperationsspielen existieren jedoch Bestrafungsstrategien⁷⁰, bei denen keine Selbstschädigung entsteht und die auch „wiederverhandlungsstabil“ im Sinne von Farrell und Maskin (1989) und van Damme (1989) sind. Gemäß diesem Kriterium⁷¹ dürfen sich nach einer Vertragsverletzung eines Landes die anderen Länder nicht besser stellen, wenn sie die Vergangenheit vergessen und das Kooperationspiel durch Neuverhandlungen von Neuem starten. Die positive Botschaft ist, dass sich, auch unter Beachtung dieses Glaubwürdigkeitskriteriums, sogar eine umfassende „große Koalition“ aller vorhandenen Länder stabilisieren lässt.

Allerdings sah es zunächst so aus, als ob eine Ausdehnung wiederverhandlungsstabiler Koalitionen auf Kosten der Kooperationstiefe, d. h. der Höhe der von den einzelnen Ländern erbrachten Beiträge, geht und dass somit stabile Koalitionen entweder breit, aber flach sind oder schmal, aber tief („broad but shallow“ oder „narrow but deep“ gemäß Barrett 2002, 2005). Mittlerweile ließ sich jedoch zeigen, dass dieser Zielkonflikt nicht besteht, wenn ausgefeilte Drohmechanismen zum Zuge kommen, bei denen nur ein Teil der Länder Sanktionen ausübt und dazu die Vermeidungsmenge zurückfährt. Falls die Diskontrate niedrig genug ist, wird so sogar eine Pareto-optimale Lösung mit Kooperation aller Länder unabhängig von deren Zahl⁷² als wiederverhandlungsstabiles Gleichgewicht denkbar (vgl. Froynd und Hovi 2008 sowie Asheim und Holtmark 2009). Weil die Zahl der bestrafenden Länder dann beschränkt ist, können unter der Bedingung der Wiederverhandlungsstabilität auch zwei getrennte Koalitionen gegenüber der allumfassenden „großen Koalition“ zu einer Pareto-Verbesserung führen. Zudem zeigt sich schon in den einfacheren zweistufigen Koalitionsmodellen, dass bei Variation der Annahmen (wie psychologische

⁶³ Vgl. zur Vielfalt der für die Klimaproblematik relevanten Spieltypen insbesondere Ohl (2003), Pittel und Rübhelke (2012) sowie DeCanio und Fremstad (2013).

⁶⁴ Vgl. Pittel und Rübhelke (2013) sowie Buchholz, Peters und Ufert (2014).

⁶⁵ Vgl. zum Beispiel Pittel und Rübhelke (2008) sowie Finus und Rübhelke (2013).

⁶⁶ Vgl. zum Beispiel Rauscher (2005).

⁶⁷ Ein auf Umfragen beruhender empirischer Vergleich der Einstellungen von Bürgern zu beiden Arten von Sanktionen findet sich bei Tingley und Thomz (2013) – mit dem Ergebnis einer eindeutigen Präferenz für die Verknüpfung von Themen.

⁶⁸ Vgl. zum Stabilitätskonzept des „Gamma core“ Chander und Tulken (1995, 2007).

⁶⁹ Vgl. zu diesem Standardresultat zum Beispiel Finus (2001), S. 63–66.

⁷⁰ Zur Diskussion anderer im Vergleich zur „Grim strategy“ weniger harten Drohstrategien in wiederholten Spielen wie etwa der „Tit-for-tat“-Strategie vgl. zum Beispiel Barrett (2003), S. 276–83.

⁷¹ Vgl. zur Anwendung dieses Kriteriums auf die internationale Umweltpolitik insb. auch Finus und Rundshagen (1998).

⁷² In einem numerischen Beispiel zeigen Froynd und Hovi (2008), wie sich eine große Koalition mit 200 Ländern stabilisieren lässt, sofern die Diskontrate fünf Prozent nicht überschreitet. Die zulässige Zahl der bestrafenden Länder beträgt dabei acht.

Präferenzen oder Lernen) auch die Stabilität größerer Koalitionen und ein insgesamt größerer Kooperationserfolg erreicht werden können.⁷³

Auch die Rolle des Vorreiters lässt sich in einem günstigeren Licht sehen. Dass ein Land höhere Beiträge zum öffentlichen Gut leistet, kann andere Länder dazu animieren nachzuziehen, wenn der Klimaschutz für diese ein „unreines“ öffentliches Gut darstellt (vgl. Cornes und Sandler 1996, S. 255–72), wenn also Vermeidungsmaßnahmen mit länderspezifischen Zusatznutzen verbunden sind, die insbesondere psychologischer Natur sein können. In diesem Fall ziehen die Bewohner der nachziehenden Länder eine moralische Befriedigung aus ihrem Engagement für den Klimaschutz. Zu einem Nachziehen kann es aber auch kommen, wenn die höheren Beiträge des Vorreiters positive Erwartungen schaffen und damit als vertrauensbildende Maßnahme wirken (vgl. Buchholz und Sandler 2015). Der Vorreiter kann den Erfolg zudem mit Sanktionen absichern, die sich gegen Außenseiter richten, zum Beispiel die Erhebung allgemeiner oder speziell auf den Kohlenstoffgehalt bezogener Zölle. Diese Bestrafungsmechanismen erhöhen die Bereitschaft zur Teilnahme am „Klima-Klub“; sie fördern somit effektive und gleichzeitig stabile Klimakoalitionen (vgl. Nordhaus 2015).

Überdies muss sich das Vorreiterverhalten nicht auf zusätzliche Vermeidungsaktivitäten beschränken. Es ist auch möglich, Forschung und Entwicklung klimafreundlicher Technologien zu intensivieren und die Innovationen anderen Ländern gratis zur Verfügung stellen.⁷⁴ Bei Einsatz der neuen Technologien kommt es zwar zu höheren Vermeidungsanstrengungen der Empfängerländer, jedoch sind diese aus strategischen Gründen nicht unbedingt bereit, die bessere Technik mit den niedrigeren Vermeidungskosten zu übernehmen (vgl. Buchholz, Dippl und Eichenseer 2015). Durch langfristig angelegte, aber wieder-verhandelbare und insofern flexible internationale Umweltabkommen lässt sich zudem die Bereitschaft der beteiligten Länder zur Investition in klimafreundliche Technologien erhöhen (Harstad 2012).

Eine Führungsrolle zu übernehmen, kann auch bedeuten, die Beiträge anderer Länder zum öffentlichen Gut zu subventionieren („Matching“) und diese dadurch zu mehr Vermeidungsmaßnahmen zu bewegen (vgl. Falkin-

ger et al. 1996 und Boadway et al. 2011). Bei solchen konditionierten Transfers ist der Theorie der öffentlichen Güter zufolge allerdings damit zu rechnen, dass sich das Empfängerland durch die Subvention schlechter stellt und sich deshalb dem Transfer verweigert. Wenn sich freilich das Geberland an eine bestimmte Vermeidungsmenge bindet, lässt sich dieser paradoxe Effekt (Bergstrom 1989) vermeiden und durch einseitiges Matching eine Pareto-Verbesserung erreichen (Buchholz et al. 2015). Aber selbst bedingungslose Transfers können die bereitgestellte Menge des öffentlichen Gutes erhöhen und eine Pareto-Verbesserung bewirken, zum Beispiel wenn Transfers von Ländern mit höheren Vermeidungskosten zu solchen mit niedrigeren fließen (vgl. Buchholz und Konrad 1995 sowie Jayaraman und Kanbur 1999) oder aber wenn Länder, die selber nicht zum öffentlichen Gut beitragen, Länder mit positiven Beiträgen gemeinsam subventionieren (vgl. Cornes und Sandler 2000). Ebenso können Transfers die Stabilität von Klimakoalitionen erhöhen.

Transfers können schließlich den Kooperationserfolg dadurch erhöhen, dass sie dem in Entwicklungs- und Schwellenländern bestehenden Bedürfnis nach ausgleichender Gerechtigkeit Rechnung tragen und dadurch deren Kooperationsbereitschaft fördern.⁷⁵ Die heutigen reichen Industrieländer sind für den Löwenanteil der in der Vergangenheit erfolgten Treibhausgasemissionen verantwortlich, wofür die armen Länder gemäß der Verursacherhaftungsregel eine Kompensation verlangen.⁷⁶ Dass dabei Gerechtigkeitsforderungen auch strategisch eingesetzt werden, um im Sinne von „Rent seeking“ die eigene Verteilungsposition zu verbessern, verwundert nicht. Der von Lange, Löschel, Vogt und Ziegler (2010) festgestellte „Self-serving bias“ in den von verschiedenen Ländern in Klimaverhandlungen vertretenen Gerechtigkeitspositionen ist auf diese Weise zumindest teilweise zu erklären.

Zur Finanzierung der Transfers bietet sich eine Kohlendioxidsteuer an, die somit auch im Kontext der globalen Klimakooperation eine doppelte Dividende verspricht.⁷⁷ Aus verteilungspolitischer Sicht könnte ein weiterer Vorteil einer solchen Steuer darin liegen, dass sie den wohlhabenden Produzenten fossiler Energieträger – den Ölscheichs – einen Teil ihrer Einkommen aus Ressour-

⁷³ Aus der extrem umfangreichen Literatur zu dieser Thematik seien beispielhaft Carraro und Marchiori (2003), Lange und Vogt (2003) und Kolstad (2007) genannt. Andere Annahmen als im Standardmodell können aber auch zu einer Verminderung des Kooperationserfolgs stabiler Koalitionen führen (vgl. zum Beispiel Lange 2006).

⁷⁴ Vgl. zu Technologietransfers als Instrument der Klimapolitik allgemein Popp (2011).

⁷⁵ Vgl. insbesondere Rübhelke (2011) zur Übersicht über die vielfältigen Motive für klimapolitisch motivierte zwischenstaatliche Transfers.

⁷⁶ Vgl. zur redistributiven Funktion von Transfers auch Stiglitz (2015).

⁷⁷ „At the international level one should organize lump-sum transfers to poor countries. This can be done by using the revenues generated by carbon pricing“ (Gollier und Tirole 2015, S. 7).

centrenten entzieht und damit international für mehr Verteilungsgerechtigkeit sorgt.⁷⁸ Zudem mag es leichter fallen, sich auf einen global einheitlichen Kohlenstoffpreis zu einigen als auf nationale Vermeidungsquoten. Schließlich sind bei einer Preislösung (siehe Kapitel 4) die Vermeidungskostenrisiken niedriger, es gibt – im Sinne eines Schellingschen „Fokuspunktes“ – eine eindeutige Zielgröße für die Verhandlungen und damit weniger Transaktionskosten, und die Anreize zur Kooperation erscheinen ebenfalls stärker (vgl. Weitzman 2014, 2015a).

Ein solches „Common carbon price commitment“ würde gegenüber dem Kyoto-Protokoll und dem auf der Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 vereinbarten, auf unverbindlichen Versprechungen beruhenden „Pledge-and-review“-Mechanismus einen fundamentalen Wandel in der Architektur der Klimaabkommen bedeuten.⁷⁹ Ein solche gemeinsame Selbstbindung erleichtert die kollektive Reziprozität und erlaube so, das Trittbrettfahrerproblem aus der Welt zu schaffen, schreiben Cramton, Ockenfels und Stoft (2015, S. 52). Inspiriert von dieser Idee, kann Cecil zusätzlichen Rat bei Verhaltensökonomern suchen, die in zahlreichen Experimenten die zentrale Rolle der Reziprozität für die menschliche Kooperation bestätigt haben⁸⁰ und sich zunehmend auch mit klimaökonomischen Themen beschäftigen.⁸¹

Auch aus der angebotsorientierten Perspektive des grünen Paradoxons ergeben sich einige positive Perspektiven für die Bewältigung des Klimaproblems. Anstatt eine unvermeidlich mit Leakage-Effekten verbundene nachfrageseitige Klimapolitik zu betreiben, kann eine Koalition kooperationswilliger Länder – quasi als Anwendung der Idee von Coase-Verhandlungen – in anderen Ländern Lagerstätten fossiler Energieressourcen (oder das Recht zu deren Ausbeutung) aufkaufen und stilllegen (Harstad 2012). Weil dann mehr klimaschädliche Ressourcen ungenutzt bleiben, wird die mögliche Kohlendioxid-Belastung der Erdatmosphäre auf alle Fälle gedeckelt. Durch die Ver-

knappung des Angebots und den dadurch bewirkten Anstieg des Ressourcenpreises droht aber eine Angebotsausweitung anderer Produzenten. Die Koalition kann diesen gegenläufigen Effekt aber vermeiden, indem sie gezielt jene Lagerstätten mit den höchsten Extraktionskosten aufkauft die billig zu erwerben sind und deren Stilllegung das Ressourcenangebot unelastischer macht. Der Erfolg ihrer Klimapolitik kann trotzdem noch beeinträchtigt werden, wenn sich für andere Anbieter die Extraktionskosten reduzieren, wenn neue Lagerstätten oder Förderverfahren (wie „Fracking“) bekannt werden und wenn sich in politisch instabilen Regionen die dort erworbenen Eigentumsrechte an den Ressourcenvorkommen nicht als sicher erweisen sollten.

Das Konzept einer solchen angebotsseitigen Verhandlungslösung lässt sich im Übrigen auf andere klimapolitische Handlungsfelder übertragen, wie die REDD-Fonds („Reducing emissions from deforestation and forest degradation“) als Spezialfall eines „Debt-for-nature-swaps“ für die Erhaltung tropischer Regenwälder zeigen. Heikel ist hier allerdings, dass dieser Schutz meist Landflächen mit geringstem wirtschaftlichen Grenznutzen erfasst, die von indigenen Bevölkerungsgruppen ohne verbrieftes Eigentumsrecht traditionell bewirtschaftet werden. Hingegen gelingt es häufig nicht, eine industrielle Landnutzung zu verhindern (zum Beispiel Palmölplantagen), weil diese einen sehr hohen materiellen Ertrag erbringen, weshalb in REDD-Programmen hohe Kompensationszahlungen erforderlich wären.

Schließlich besteht die Hoffnung, dass die Dekarbonisierung der Energieversorgung eine neue technische Revolution (einer „Energy-industrial revolution“ im Sinne von Stern 2015) hervorruft, die nicht nur einen tiefgehenden ökonomischen Strukturwandel, sondern auch einen wirtschaftlichen Aufschwung anstößt und zu einer Überwindung der Armut in aller Welt beiträgt. Die Klimapolitik ist aus dieser Perspektive nicht nur mit Kosten und Risiken verbunden, sondern birgt erhebliche Chancen. Um diese zu nutzen, bedarf es – im Sinne des „polyzentrischen Ansatzes“ von Ostrom (2009, 2010) – eines experimentellen Ansatzes auf verschiedenen Ebenen. Langfristig können laut Stern (2015, insb. S. 33–87) die Kosten der Emissionsvermeidung entlang eines solchen „grünen“ Wachstumspfadens sogar negativ werden, was die nationalen Widerstände gegen eine globale Klimapolitik schwinden ließe. Um diesen Prozess in Gang zu setzen, ist es aber unabdingbar, dass die wichtigsten wirtschaftlichen Akteure der Welt (die USA, die EU, aber auch China) eine Führungsrolle einnehmen, indem sie sich an strenge Vermeidungsziele binden und in der Entwicklung klimafreundlicher Technologien voranschreiten. Es ist zu hoffen, dass dann die

⁷⁸ Vgl. zu diesem Umverteilungseffekt der Besteuerung von Rohöl bereits Bergstrom (1982) und allgemein zur klimapolitisch bedingten Transformation der Ressourcenrente für fossile Energieträger in eine „Klimarente“ Edenhofer et al. (2015).

⁷⁹ Vgl. Nordhaus (2013), insb. S. 250–54 sowie Weitzman (2015a) und Cramton, Ockenfels und Stoft (2015). Zur Umsetzung des global einheitlichen Kohlenstoffpreises in die Praxis wird dabei auch der nationale Einsatz von Zertifikatelösungen für möglich gehalten. Gollier und Tirole (2015) sehen im Gegensatz zu den hier zitierten Autoren die Einigung auf eine globale Emissionsobergrenze als geeigneteres „Common commitment“ an.

⁸⁰ Vgl. als Überblick Fehr und Schmidt (2006).

⁸¹ Vgl. beispielsweise Tavoni et al. (2011), Dannenberg et al. (2014), Kesternich et al. (2014) oder Reif et al. (2014).

anderen Länder mit eigenen Vermeidungsmaßnahmen nachziehen und die Bereitschaft zur klimapolitischen Kooperation zunimmt.

6 Fazit: Auf der Hut sein

Zu welchen Schlussfolgerungen könnte Cecil kommen, wenn er ein kritisches Fazit aus den bisherigen Überlegungen zu ziehen versucht? Was die Zielbestimmung angeht, wird er sich wohl der mittlerweile weit verbreiteten Kritik am Einsatz der Kosten-Nutzen-Analyse anschließen, obwohl ihm die mit Hilfe der IAM errechneten Entwicklungspfade (und die damit verbundenen Sensitivitätsanalysen) sehr wohl zu einem präziseren Verständnis der möglichen Folgen des Klimawandels verhelfen. Am Aussagegehalt der konkreten numerischen Werte wird er allerdings zweifeln und vor deren Scheingenauigkeit auf der Hut sein. Vielleicht entwickelt Cecil noch wesentlich grundsätzlichere Bedenken gegenüber dem Einsatz der herkömmlichen Kosten-Nutzen-Analyse: Deren konzeptionelle Grundlage ist der Utilitarismus, bei dem eine Maximierung des Nutzens aller Beteiligten angestrebt wird. Dessen Anwendung erscheint aber gerade im intergenerationellen Rahmen problematisch, weil er eine erhebliche Benachteiligung einzelner Generationen prinzipiell zulässt und Ausgleichsmaßnahmen zur Besserstellung aller Generationen praktisch ausgeschlossen sind.

Aus dieser Perspektive erscheint die in der Literatur dominierende Frage nach der angemessenen Diskontierung zweitrangig. Vielmehr wäre zuerst zu prüfen, ob beim Klimaproblem nicht eine gänzliche andere Klasse von Kriterien angebracht wäre, die sich am Differenzprinzip von Rawls (1971) und an der Idee der Nachhaltigkeit orientieren.⁸² Llavador et al. (2011, 2015) haben einen entsprechenden, als „Growth sustainability“ bezeichneten Ansatz entwickelt, dem eine auf den intergenerationellen Kontext bezogene Maximin-Zielfunktion zugrunde liegt. Gesucht wird dabei der Wachstumspfad, der das Wohlfahrtsniveau der einzelnen Generationen unter der Nebenbedingung einer vorgegebenen Wachstumsrate maximiert. Ein im weiteren Sinne verwandter Ansatz findet sich bei Baumgärtner et al. (2015).

Die Bedeutung der Diskontierungsfrage für die Klimaökonomik wird im Übrigen auch stark relativiert, wenn man die durch den Klimawandel drohende Verknappung

nicht-substituierbarer Naturgüter und die damit einhergehende Änderung der relativen Preise berücksichtigt. Dringender klimapolitischer Handlungsbedarf kann dann sogar bei vergleichsweise hohen Diskontraten vorliegen (vgl. Sterner und Persson 2008).

Das Problem der Ermittlung eines Klimaziels mit Kosten-Nutzen-Analysen erledigt sich überdies von selbst, wenn im Sinne eines „Safe minimum standard“ zur Abwendung von Klimakatastrophen exogen eine Obergrenze für den Temperaturanstieg vorgegeben wird. Mit dem Zwei-Grad-Ziel folgt die reale Klimapolitik im Prinzip diesem Weg. Anstelle des Pigou-Ansatzes mit endogener Zielbestimmung kommt dann der Standard-Preis-Ansatz (Baumol und Oates 1988) zum Zuge, was sowohl angesichts der Schwierigkeiten in der herkömmlichen Kosten-Nutzen-Analyse als auch der großen Bedeutung potentieller katastrophaler Folgen des Klimawandels gut begründbar ist. Sobald ein solches Klimaziel feststeht, besteht Cecils Aufgabe „nur“ noch darin, für dessen auf lange Sicht effiziente Erreichung zu sorgen.

Wenn sich Cecil als nächsten Schritt daran macht, ein Instrument zu wählen, wird er sich wohl zu der Erkenntnis durchringen, dass ein Anschieben klimafreundlicher Technologien durch staatliche Fördermaßnahmen im Interesse eines wirksamen und langfristig kostengünstigen Klimaschutzes liegen kann. Das deutsche EEG war so gesehen im Grundsatz alles andere als ein Irrweg. Ohne Fallstricke ist eine solche Subventionspolitik allerdings nicht: Der Staat muss auf der Grundlage unvollkommener Informationen politisch bestimmen, welche Technologien förderungswürdig sind. Optimale Ergebnisse lässt das kaum erwarten.

Dasselbe gilt für das Niveau der Förderung und deren Anpassung im Zeitablauf. Es entsteht eine Subventionsmentalität, die es erschwert, die Förderung wieder abzubauen, wenn die entsprechenden Technologien ausgereift sind. Eine Förderung kann zwar auch dann noch erforderlich sein (beispielsweise wegen der Spezifika der Preisbildung auf dem Strommarkt⁸³), sie lässt sich dann aber nicht länger mit dem Ziel der Förderung des klimafreundlichen technischen Fortschritts rechtfertigen. Vielmehr wird möglicherweise eine völlige Umstellung des Förderverfahrens notwendig.

Für den konkreten Fall der Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland bedeutet dies, dass man von festen Einspeisetarifen konsequent zu Ausschreibungsverfahren übergehen sollte, die ermöglichen, die Ausbauziele für Grünstromkapazitäten kosteneffizient zu erreichen. Mit

⁸² Eine umfassende Gegenüberstellung der für die Klimaökonomik relevanten Wohlfahrtskriterien findet sich bei Botzen und Bergh (2014).

⁸³ Vgl. zum Beispiel Buchholz et al. (2012).

der EEG-Novelle 2014 wurde zumindest ein Schritt in die richtige Richtung getan.

Schließlich wird Cecil feststellen, dass gerade die deutsche Förderpolitik bislang mit nicht ganz unerheblichen unsozialen Verteilungswirkungen verbunden war (Heindl und Löschel 2014). Die Rettung der Welt auf dem Rücken der sozial Schwachen zu erkaufen, stellt in den Augen Cecils sicher keine ideale Lösung dar.

Als ergänzende Politikinstrumente kämen eventuell aber auch völlig neuartige, bisher kaum entwickelte Klimatechnologien wie vor allem das „Geoengineering“ infrage. Dabei greift man künstlich in das Klimasystem ein, beispielsweise indem man Schwefelpartikel in die Atmosphäre einbringt, um die Effekte der zunehmenden Treibhausgaskonzentration zu mildern. Allerdings ist auch hier mit Koordinationsproblemen zu rechnen. Zudem wäre auch das Geoengineering selbst mit nicht unbeträchtlichen Klimarisiken verbunden.⁸⁴

Pretiale Instrumente bleiben trotzdem für die Bekämpfung des Klimawandels wichtig. Wenn Treibhausgase einen Preis erhalten, stimuliert dies die Bemühungen um wirkliche Neuerungen in der Vermeidungstechnologie und erleichtert so den Übergang in eine dekarbonisierte Wirtschaft. Allerdings fragt sich, wie die Verlässlichkeit der Preissignale auf längere Sicht garantiert werden kann. Einerseits gehen die im EU-Emissionshandel vor allem durch die Schaffung einer „Marktstabilisierungsreserve“ eingeleiteten Maßnahmen zwar in die richtige Richtung; es ist jedoch zweifelhaft, dass die Vereinbarungen dauerhaft eingehalten werden. Dafür sind die Interessen der EU-Mitgliedstaaten zu unterschiedlich. Andererseits macht die geplante Einführung eines nationalen Emissionshandelssystems in China Hoffnung auf eine Stärkung preislicher Mechanismen zur Bekämpfung des Klimawandels in aller Welt.

Gerade mit Blick auf China wird Cecil möglicherweise aber auch zur Ansicht gelangen, dass es letztlich doch vom Eigennutzstreben getriebene Initiativen starker Akteure sind, die den Klimaschutz auf globaler Ebene entscheidend voranbringen. Der in Deutschland gängigen Klimaschutzphilosophie entspricht diese realpolitische Sichtweise nicht. Vielmehr stehen hier eher altruistische Beweggründe im Vordergrund, in deren Rahmen insbesondere Forderungen nach globaler Verteilungsgerechtigkeit eine zentrale Rolle spielen. Aus ökonomischer Perspektive gilt eine solche Vermischung von klimapolitischen und redistributiven Zielen hingegen als wenig hilf-

reich und sogar möglicherweise schädlich für einen wirksamen Klimaschutz (vgl. Posner und Weisbach 2010, S. 72–93). Statt dessen gilt die Beachtung des Reziprozitätsprinzips als entscheidende normative Bedingung für das Zustandekommen erfolgreicher Kooperationsbeziehungen: Ein Land ist gemäß der Maxime „I will if you will“ (Cramton, Ockenfels und Stoft 2015) dann und nur dann bereit, seinen Beitrag zum globalen Klimaschutz zu leisten, wenn andere dasselbe tun und sich der eigene Beitrag durch das Mitziehen der anderen somit tatsächlich auszahlt (vgl. auch Buchholz und Peters 2005, und Kesternich et al. 2014). Mit Posner und Weisbach (2010) wird sich Cecil deshalb vielleicht ketzerisch fragen, wieviel Idealismus dem Klimaschutz tatsächlich gut tut.

Danksagung: Wir danken den Mitherausgebern der Perspektiven der Wirtschaftspolitik, Giacomo Corneo und Karen Horn, sowie Johannes Pfeiffer und Dirk Rübhelke für hilfreiche Kommentare und Anregungen und Karen Horn darüber hinaus für die sorgfältige redaktionelle Überarbeitung unseres Manuskripts. Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF danken wir für die finanzielle Unterstützung im Rahmen der beiden Förderprojekte InTrans (FKZ: 01UT1411A) und ECCUITY (FKZ: 01LA1104B). Die zentralen Ergebnisse des gesamten BMBF-Förderschwerpunkts „Ökonomie des Klimawandels“ sind in vier Hintergrundpapieren zusammengefasst, die eine hervorragende Ergänzung dieses Surveys darstellen. Diese Hintergrundpapiere finden sich auf der Webseite <http://fona.de/mediathek>.

Literatur

- Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn und D. Hemous (2012), The environment and directed technical change, *American Economic Review* 102, S. 131–66.
- Ahlheim, M. (2003), Zur ökonomischen Bewertung von Umweltveränderungen, in: B. Genser (Hrsg.), *Finanzpolitik und Umwelt*, Duncker & Humblot, Berlin, S. 9–71.
- Althammer, W. und W. Buchholz (1993), Internationaler Umweltschutz als Koordinationsproblem, in: A. Wagner (Hrsg.), *Dezentrale Entscheidungsfindung bei externen Effekten – Innovation, Integration und internationaler Handel*, Francke Verlag, Tübingen und Basel, S. 289–315.
- Aldy, J. E., A. J. Krupnick, R. G. Newell, I. W. H. Parry und W. A. Pizer (2010), Designing climate mitigation policy, *Journal of Economic Literature* 48, S. 903–48.
- Allcott, H. und S. Mullainathan (2010), Behavioral science and energy policy, *Science* 327, S. 1204 f.
- Allcott, H. und T. Rogers (2014), The short-run and long-run effects of behavioral interventions: Experimental evidence from energy conservation, *American Economic Review* 104, S. 3003–37.

⁸⁴ Vgl. Goeschl et al. (2013) sowie Wagner und Weitzman (2015), insb. S. 92–115.

- Andersen, M. S. und P. Ekins (2009), *Carbon-Energy Taxation: Lessons from Europe*, Oxford University Press, Oxford.
- Andreoni, J. (1988), Why free-ride?: Strategies and learning in public goods experiments, *Journal of Public Economics* 37, S. 291–304.
- Andreoni, J. (1990), Impure altruism and donations to public goods: A theory of warm-glow-of-giving, *Economic Journal* 100, S. 464–77.
- Anthoff, D. und R. S. J. Tol (2010), *FUND – Climate Framework for Uncertainty, Negotiation, and Distribution*, technische Beschreibung (Version 3.5) auf www.fund-model.org.
- Anthoff, D., C. J. Hepburn und R. S. J. Tol (2009), Equity weighting and the marginal damage cost of climate change, *Ecological Economics* 68, S. 836–48.
- Arrow, K. J. (1962), The economic implications of learning by doing, *Review of Economic Studies* 29, S. 155–73.
- Arrow, K. J. (1999), Discounting, morality, and gaming, in: P. R. Portney und J. R. Weyant (Hrsg.), *Discounting and Intertemporal Equity*, Resources for the Future Press, Washington DC.
- Arrow, K. J. et al. (2014), Should governments use a declining discount rate in project analysis?, *Review of Environmental Economics and Policy* 8, S. 145–63.
- Arrow, K. J. und M. Priebsch (2014), Bliss, catastrophe, and rational policy, *Environmental and Resource Economics* 58, S. 491–509.
- Asheim, G. B. und B. Holtsmark (2009), Renegotiation-proof climate agreements with full participation: Conditions for Pareto-efficiency, *Environmental and Resource Economics* 43, S. 519–33.
- Asheim, G. B., C. B. Froyen, J. Hovi und F. C. Menz (2006), Regional versus global cooperation for climate control, *Journal of Environmental Economics and Management* 51, S. 93–109.
- Auerswald, H., K. A. Konrad und M. Thum (2011), Adaptation, mitigation and risk-taking in climate policy, *CESifo Working Paper* 3320.
- Azar, C. (1999), Weight factors in cost-benefit analysis of climate change, *Environmental and Resource Economics* 13, S. 249–68.
- Baldursson, F. und N.-H. M. von der Fehr (2004), Price volatility and risk exposure: On market-based environmental policy instruments, *Journal of Environmental Economics and Management* 48, S. 682–704.
- Bardt, H. et al. (2011), Zur Diskussion gestellt: Emissionsvermeidung oder Anpassung an den Klimawandel: Welche Zukunft hat die Klimapolitik?, *ifo Schnelldienst* 64–5, S. 3–29.
- Barrett, S. (1994), Self-enforcing international environmental agreements, *Oxford Economic Papers* 46, S. 878–94.
- Barrett, S. (2002), Consensus treaties, *Journal of Institutional and Theoretical Economics* 158, S. 529–47.
- Barrett, S. (2003), *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*, Oxford University Press, Oxford.
- Barrett, S. (2005), The theory of international environmental agreements, in: K.-G. Mäler und J. R. Vincent (Hrsg.), *Handbook of Environmental Economics*, Band 3: *Economywide and International Issues*, Elsevier, Amsterdam et al., S. 1457–516.
- Barrett, S. (2007), *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*, Oxford University Press, Oxford.
- Baumgärtner, S., M. Drupp und M. Quaas (2015), Subsistence, substitutability and sustainability in consumption, *Environmental and Resource Economics*, im Erscheinen.
- Baumol, W. und W. Oates (1988), *The Theory of Environmental Policy*, 2. Aufl., Cambridge University Press, Cambridge.
- Beccherle, J. und J. Tirole (2011), Regional initiatives and the cost of delaying binding climate agreements, *Journal of Public Economics* 95, S. 1339–48.
- Bergstrom, T. C. (1982), On capturing oil rents with a national excise tax, *American Economic Review* 72, S. 194–201.
- Bergstrom, T. C. (1989), Puzzles: Love and spaghetti – The opportunity cost of virtue, *Journal of Economic Perspectives* 3, S. 165–73.
- Bergstrom, T. C., L. Blume und H. Varian (1986), On the private provision of public goods, *Journal of Public Economics* 29, S. 25–49.
- Berrens, R. P. et al. (2004), Information and effort in contingent valuation surveys: Application to global climate change using national internet samples, *Journal of Environmental Economics and Management* 47, S. 331–63.
- Berry, P. M. et al. (2015), Cross-sectoral interactions of adaptation and mitigation measures, *Climatic Change* 128, S. 381–93.
- Boadway, R., Z. Song und F. J. Tremblay (2011), The efficiency of voluntary pollution abatement when countries can commit, *European Journal of Political Economy* 27, S. 352–68.
- Böhringer, C. (2014), Two decades of European climate policy: A critical appraisal, *Review of Environmental Economics and Policy* 8, S. 1–17.
- Böhringer, C. und K. E. Rosendahl (2010), Green promotes the dirtiest: On the interaction between black and green quotas in energy markets, *Journal of Regulatory Economics* 37, S. 316–25.
- Botzen, W. J. W. und J. C. J. M. van den Bergh (2014), Specifications of social welfare in economic studies of climate policy, *Environmental and Resource Economics* 58, S. 1–33.
- Bovenberg, A. L. (1999), Green tax reforms and the double dividend: An updated reader's guide, *International Tax and Public Finance* 6, S. 421–43.
- Buchholz, W. et al. (2012), Die Zukunft der Energiemärkte: Ökonomische Analyse und Bewertung von Potenzialen und Handlungsmöglichkeiten, *ifo Forschungsbericht* 57.
- Buchholz, W. (2014), Discounting in an uncertain world: Disentangling the debate on the Weitzman-Gollier puzzle, *CESifo Working Paper* 4967.
- Buchholz, W. und K. A. Konrad (1994), Global environmental problems and the strategic choice of technology, *Journal of Economics* 60, S. 299–321.
- Buchholz, W. und K. A. Konrad (1995), Strategic transfers and private provision of public goods, *Journal of Public Economics* 57, S. 489–505.
- Buchholz, W. und T. Sandler (2015), Successful leadership in global public good provision: Incorporating behavioural approaches, unveröffentlichtes Manuskript, Universität Regensburg.
- Buchholz, W. und J. Schumacher (2008), Discounting the long-distant future: A simple explanation for the Weitzman-Gollier puzzle, *CESifo Working Paper* 2357.
- Buchholz, W. und J. Schumacher (2010), Discounting and welfare analysis over time: Choosing the Eta, *European Journal of Political Economy* 26, S. 372–85.
- Buchholz, W. und M. Schymura (2012), Expected utility theory and the tyranny of catastrophic risks, *Ecological Economics* 77, S. 234–39.
- Buchholz, W., L. Dippl und M. Eichenseer (2015), Technological transfers in global climate policy, *CESifo Working Paper* 5548.
- Buchholz, W., A. Haupt und W. Peters (2005), International environmental agreements and strategic voting, *Scandinavian Journal of Economics* 107, S. 175–95.

- Buchholz, W., W. Peters und A. Ufert (2014), Spielräume für uni- und multilateralen Klimaschutz, *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 37, S. 326–44.
- Buchholz, W., R. Cornes, W. Peters und D. Rübhelke (2015), Pareto improvement through unilateral matching of public good contributions: The role of commitment, *Economics Letters* 132, S. 9–12.
- Cameron, T. (2005), Individual option prices for climate change mitigation, *Journal of Public Economics* 89, S. 283–301.
- Cansier, D. (1991), *Bekämpfung des Treibhauseffektes aus ökonomischer Sicht*, Springer-Verlag, Heidelberg und Berlin.
- Carraro, C. und D. Siniscalco (1993), Strategies for the international protection of the environment, *Journal of Public Economics* 52, S. 309–28.
- Carraro, C. und C. Marchiori (2003), Stable coalitions, in: C. Carraro (Hrsg.), *The Endogenous Formation of Economic Coalitions*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Carson, R. T. und M. W. Hanemann (2005), Contingent valuation, in: K.-G. Mäler und J. R. Vincent (Hrsg.), *Handbook of Environmental Economics*, Band 2: *Valuing Environmental Changes*, Elsevier, Amsterdam et al., S. 821–936.
- Chander, P. und H. Tulkens (1995), A core-theoretic solution for the design of cooperative agreements on transfrontier pollution, *International Tax and Public Finance* 2, S. 279–93.
- Chander, P. und H. Tulkens (2008), Cooperation, stability, and self-enforcement in international environmental agreements: A conceptual discussion, in: R. Guesneries und H. Tulkens (Hrsg.), *The Design of Climate Policy*, The MIT Press, Cambridge.
- Chichilnisky, G. (2000), An axiomatic approach to choice under uncertainty with catastrophic risks, *Resource and Energy Economics* 22, S. 221–31.
- Chichilnisky, G. (2008), Catastrophic risks, *International Journal of Green Economics* 3, S. 130–41.
- Cline, W. (1992), *The Economics of Global Warming*, The Peterson Institute Press, Washington.
- Coase, R. (1960), The problem of social cost, *Journal of Law and Economics* 3, S. 3–44.
- Cornes, R. und T. Sandler (1996), *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club Goods*, 2. Aufl., Cambridge University Press, Cambridge.
- Cornes, R. und T. Sandler (2000), Pareto-improving redistribution and pure public goods, *German Economic Review* 1, S. 269–86.
- Cramton, P., A. Ockenfels und S. Stoff (2015), An international carbon-price commitment promotes cooperation, *Economics of Energy and Environmental Policy* 4, S. 51–64.
- Crosan, R. und N. Treich (2014), Behavioral environmental economics: Promises and challenges, *Environmental and Resource Economics* 58, S. 335–51.
- Damme, E. van (1989), Renegotiation-proof equilibria in repeated prisoners' dilemma, *Journal of Economic Theory* 47, S. 206–07.
- Dannenberg, A., A. Lange und B. Sturm (2014), Participation and commitment in voluntary coalitions to provide public goods, *Economica* 81, S. 257–75.
- Dasgupta, P. (2008), Discounting climate change, *Journal of Risk and Insurance* 37, S. 141–69.
- Dasgupta, P. (2011), The ethics of intergenerational distribution; reply and response to John E. Roemer, *Environmental and Resource Economics* 50, S. 475–93.
- DeCanio, S. J. und A. Fremstad (2013), Game theory and climate policy, *Ecological Economics* 85, S. 177–87.
- DeLong, B. (2006), Partha Dasgupta makes a mistake in his critique of the Stern Review, online: http://delong.typepad.com/sdj/2006/11/partha_dasgupta.html (Zugriff: 8.10.2015).
- Diederich J. und T. Göschl (2014), Willingness to pay for voluntary climate action and its determinants: Field-experimental evidence, *Environmental and Resource Economics* 57, S. 405–29.
- Dietz, S. und N. Stern (2015), Endogenous growth, convexity of damages and climate risk: How Nordhaus' framework supports deep cuts in carbon emissions, *Economic Journal* 125, S. 674–502.
- Dietz, S., C. Gollier und L. Kessler (2015), The climate beta, Grantham Research Centre on Climate Change and the Environment, Working Paper Nr. 190.
- EFI (2014), *Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014*, EFI, Berlin.
- Edenhofer, O., Ch. Flachsland, M. Jakob und K. Lessmann (2015), The atmosphere as a global commons, in: L. Bernard und W. Semmler (Hrsg.), *The Oxford Handbook of the Macroeconomics of Global Warming*, Oxford University Press, Oxford.
- Eichner, T. und R. Pethig (2012), Stable climate coalitions (Nash) and international trade, *CESifo Working Paper* 3915.
- Eichner, T. und R. Pethig (2013), Self-enforcing environmental agreements and international trade, *Journal of Public Economics* 102, S. 37–50.
- Ellerman, A. D., F. J. Convery und C. De Perthuis (2010), *Pricing Carbon: The European Union Emissions Trading Scheme*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Endres, A. (2008), Ein Unmöglichkeitstheorem für die Klimapolitik?, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 9, S. 360–82.
- Endres, A. (2013), *Umweltökonomie*, 4. Auflage, Kohlhammer, Stuttgart.
- Epstein, L. G. und S. E. Zin (1989), Substitution, risk aversion, and the temporal behavior of consumption and asset returns: A theoretical framework, *Econometrica* 57, S. 937–69.
- Espey, J. A. und M. Espey (2004), Turning on the lights: A meta-analysis of residential electricity demand elasticities, *Journal of Agricultural and Applied Economics* 36, S. 65–81.
- Falkinger, J., F. Hackl und G. J. Pruckner (1996), A fair mechanism for efficient reduction of global CO₂ Emissions, *FinanzArchiv* 53, S. 308–31.
- Farrell, J. und E. Maskin (1989), Renegotiation in repeated games, *Games and Economic Behavior* 1, S. 327–60.
- Fehr, E. und K. M. Schmidt (2006), The economics of fairness, reciprocity and altruism, in: S.-C. Kolm und J. M. Ythier (Hrsg.), *Handbook of Giving, Altruism, and Reciprocity*, Band 1, Elsevier, Amsterdam, S. 615–91.
- Feess, E. und A. Seeliger (2013), *Umweltökonomie und Umweltpolitik*, 4. Auflage, Franz Vahlen, München.
- Fell, H., D. Burtraw, R. D. Morgenstern und K. L. Palmer (2012), Soft and hard price collars in a cap-and-trade system: A comparative analysis, *Journal of Environmental Economics and Management* 64, S. 183–98.
- Finus, M. (2001), *Game Theory and International Environmental Cooperation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Finus, M. und S. Tjøtta (2003), The Oslo protocol on sulfur reduction: The great leap forward?, *Journal of Public Economics* 87, S. 2031–48.
- Finus, M. (2008), Game theoretic research on the design of international environmental agreements: Insights, critical remarks, and future challenges, *International Review of Environmental and Resource Economics* 2, S. 29–67.

- Finus, M. und D. T. Rübbelke (2013), Public good provision and ancillary benefits: The case of climate agreements, *Environmental and Resource Economics* 56, S. 211–26.
- Finus, M. und B. Rundshagen (1998), Renegotiation-proof equilibria in a global emission game when players are impatient, *Environmental and Resource Economics* 12, S. 275–306.
- Fischer, C. und L. Preonas (2010), Combining policies for renewable energy: Is the whole less than the sum of its parts?, *Resource for the Future Discussion Paper* Nr. 10–19.
- Fischer, C. und R. G. Newell (2008), Environmental and technology policies for climate mitigation, *Journal of Environmental Economics and Management* 55, S. 142–62.
- Fleurbaey, M. (2008), *Fairness, Responsibility, and Welfare*, Oxford University Press, Oxford.
- Froyen, C. B. und J. Hovi (2008), A climate agreement with full participation, *Economics Letters* 99, S. 317 ff.
- Goeschl, T., D. Heyen und J. Moreno-Cruz (2013), The intergenerational transfer of solar radiation management capabilities and atmospheric carbon stocks, *Environmental and Resource Economics* 56, S. 85–104.
- Gollier, C. (2002), Time horizon and the discount rate, *Journal of Economic Theory* 107, S. 463–73.
- Gollier, C. (2004), Maximizing the expected net future value as an alternative strategy to gamma discounting, *Finance Research Letters* 1, S. 85–89.
- Gollier, C. (2010), Debating about the discount rate: The basic economic ingredients, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 11(1), S. 38–55.
- Gollier, C. (2013), *Pricing the Planet's Future – The Economics of Discounting in an Uncertain World*, Princeton University Press, Princeton.
- Gollier, C. und J. Tirole (2015), Negotiating effective institutions against climate change, *Economics of Energy and Environmental Policy* 4, S. 5–28.
- Gollier, C. und M. L. Weitzman (2010), How should the distant future be discounted when discount rates are uncertain?, *Economics Letters* 107, S. 350–53.
- Grösche, P. und C. Schröder (2013), On the redistributive effects of Germany's feed-in tariff, *Empirical Economics* 46, 1339–83.
- Goulder, L. H. (1995), Environmental taxation and the double dividend hypothesis: A reader's guide, *International Tax and Public Finance* 2, S. 157–83.
- Goulder, L. H. und I. W. H. Parry (2008), Instrument choice in environmental policy, *Review of Environmental Economics and Policy* 2, S. 152–74.
- Goulder, L. H. und A. R. Schein (2013), Carbon taxes versus cap and trade: A critical review, *Climate Change Economics* 4–1350010.
- Goulder, L. H., M. A. C. Hafstead und M. Dworsky (2010), Impacts of alternative emissions allowance allocation methods under a federal cap-of-trade program, *Journal of Public Economics* 60, S. 161–81.
- Hahn, R. W. (1984), Market power and transferable property rights, *Quarterly Journal of Economics* 99, S. 753–65.
- Hanemann, M. (2010), Cap-and-trade: A sufficient or necessary condition for emission reduction?, *Oxford Review of Economic Policy* 26, S. 225–52.
- Hanley, N. und C. L. Spash, (1993), *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Harstad, B. (2012a), Buy coal! A case for supply-side environmental policy, *Journal of Political Economy* 120, S. 77–115.
- Harstad, B. (2012b), Climate contracts: A game of emissions, investments, negotiations, and renegotiations, *Review of Economic Studies* 79, S. 1527–57.
- Heindl, P. (2015), The impact of administrative transaction costs in the EU emission trading system, *Climate Policy*, im Erscheinen.
- Heindl, P. und A. Löschel (2014), Social implications of green growth policies from the perspective of energy sector reform and its impact on households, *OECD Issue Note*, Paris.
- Heindl, P., P. J. Wood und F. Jotzo (2015), Combining international cap-and-trade with national carbon taxes, in: M. Gronwald und B. Hintermann (Hrsg.), *Emissions Trading as a Policy Instrument – Evaluation and Prospects*, The MIT Press, Cambridge, S. 123–47.
- Hepburn, C. (2006), Regulation by prices, quantities, or both: A review of instrument choice, *Oxford Review of Economic Policy* 22, S. 226–47.
- Hintermann, B. (2015), Market power in emission permit markets: Theory and evidence from the EU ETS. *Environmental and Resource Economics* (im Erscheinen, verfügbar online seit 7. Juli 2015).
- Hepburn, C. und B. Groom (2007), Gamma-discounting and expected net future value, *Journal of Environmental Economics and Management* 53, S. 99–109.
- Hoel, M. (1991), Global environmental problems: The effects of unilateral action taken by one country, *Journal of Environmental Economics and Management* 20, S. 55–70.
- Hoel, M. (1992), International environment conventions: The case of uniform reductions of emissions, *Environmental and Resource Economics* 2, S. 141–59.
- Hoel, M. und L. Karp (2002), Taxes vs. quotas for a stock pollutant, *Resource and Energy Economics* 24, S. 367–84.
- Hope, C. (2006), The marginal impact of CO₂ from PAGE 2002, *Integrated Assessment Journal* 6, S. 9–56.
- Horowitz, J. und A. Lange (2014), Cost-benefit analysis under uncertainty – A note on Weitzman's dismal theorem, *Energy Economics* 42, S. 201 ff.
- Ihori, T. (1996), International public goods and contribution productivity differentials, *Journal of Public Economics* 61, S. 139–54.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2014), *Fifth Assessment Report, Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, IPCC, Genf.
- Jaffe, A. B. und S. Kerr (2015), The science, economics, and politics of global climate change: A review of *The Climate Casino* by William Nordhaus, *Journal of Economic Literature* 53, S. 79–91.
- Jaraitė-Kažukauskė, J. und A. Kažukauskas (2015), Do transaction costs influence firm trading behaviour in the European emissions trading system?, *Environmental and Resource Economics* (im Erscheinen, online seit 9. Oktober 2014).
- Jayaraman, R. und R. Kanbur, (1999), International public goods and the case for foreign aid, in: I. Kaul, I. Grunberg und M. A. Stern (Hrsg.), *Global Public Goods – International Cooperation in the 21st Century*, Oxford University Press, Oxford, S. 418–35.
- Jensen, S., K. Mohlin, K. Pittel und T. Sterner (2015), An introduction to the green paradox: The unintended consequences of climate policy, *Review of Environmental Economics and Policy* 9, S. 246–65.
- Johannson-Stenmann, O. und J. Konow (2010), Fair air, *Environmental and Resource Economics* 46, S. 147–66.
- Kahneman, D. und A. Tversky (1979), Prospect theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica* 47, S. 263–91.

- Kalkuhl, M., O. Edenhofer und K. Lessmann (2012), Learning or lock-in: Optimal technology policies to support mitigation, *Resource and Energy Economics* 34, S. 1–23.
- Kaul, I., I. Grunberg und M. A. Stern (1999), *Global Public Goods – International Cooperation in the 21st Century*, Oxford University Press, Oxford.
- Kaul, I. und P. Conceicao (2006), *The New Public Finance: Responding to Global Challenges*, Oxford University Press, Oxford.
- Kaul, I. (2012), Global public goods: Explaining the underprovision, *Journal of International Law* 15, S. 729–50.
- Kesternich, M., A. Lange und B. Sturm (2014), The impact of burden sharing rules on the voluntary provision of public goods, *Journal of Economic Behavior and Organization* 105, S. 107–23.
- Kolstad, C. (2007), Systematic uncertainty in self-enforcing international environmental agreements, *Journal of Environmental Economics and Management* 53, S. 68–79.
- Konrad, K. A. und M. Thum (2014), Climate policy negotiations with incomplete information, *Economica* 81, S. 244–56.
- Krysiak, F. (2008), Prices vs. quantities: The effects on technology choice, *Journal of Public Economics* 92, S. 1275–87.
- Lange, A. (2006), The impact of equity preferences on the stability of international environmental agreements, *Environmental and Resource Economics* 34, S. 247–67.
- Lange, A. und C. Vogt (2003), *Cooperation in international environmental agreements due to a preference for equity*, *Journal of Public Economics* 87, S. 2049–67.
- Lange, A., A. Löschel, C. Vogt und A. Ziegler (2010), On the self-Interested use of equity in international climate negotiations, *European Economic Review* 54, S. 359–75.
- Llavador, H., J. E. Roemer und J. Silvestre (2011), A dynamic analysis of human welfare in a warming planet, *Journal of Public Economics* 95, S. 1607–20.
- Llavador, H., J. E. Roemer und J. Silvestre (2015), *Sustainability for a Warmer Planet*, Harvard University Press, Cambridge.
- Löschel, A., K. I. Brockmann, P. Heindl, B. Lutz und J. Schumacher (2011), *KfW/ZEW Kohlendioxid Barometer 2011: Hoher Anpassungsbedarf im EU-Emissionshandel ab 2013 – Deutliche Defizite bei der Vorbereitung in den Unternehmen*, KfW Bankengruppe, Frankfurt a. M.
- Long, N. V. (2015), The green paradox in open economies: Lessons from static and dynamic models, *Review of Environmental Economics and Policy* 9, S. 266–84.
- Mäler, K. G. und J. R. Vincent (2006), *Handbook of Environmental Economics*, Band 2: *Valuing of Environmental Changes*, Elsevier, Amsterdam et al.
- Meyer, D. J. und J. Meyer (2005), Relative risk aversion: What do we know?, *Journal of Risk and Uncertainty* 31, S. 243–62.
- Meyer, D. J. und J. Meyer (2006), *Measuring Risk Aversion*, Now Publishers, Delft.
- Murdoch, J. C. und T. Sandler (1997), The voluntary provision of a public good: The case of reduced CFC emissions and the Montreal protocol, *Journal of Public Economics* 63, S. 331–49.
- Narayan, P. K., R. Smyth, A. Prasad (2007), Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities, *Energy Policy* 35, S. 4485–94.
- Neuhoff, K. (2011), *Climate Policy after Copenhagen – The Role of Carbon Pricing*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Newell, R. G. (2010), The role of markets and policies in delivering innovation for climate change mitigation, *Oxford Review of Economic Policy* 26, S. 253–69.
- Newell, R. G., W. Pizer und J. Zhang (2005), Managing permit markets to stabilize prices, *Environmental and Resource Economics* 31, S. 133–57.
- Nordhaus, W. D. (1977), Economic growth and climate: The carbon dioxide problem, *American Economic Review* 67, Papers and Proceedings, S. 341–46.
- Nordhaus, W. D. (1991), To slow or not to slow: The economics of the greenhouse effect, *Economic Journal* 101, S. 920–37.
- Nordhaus, W. D. (1993), Optimal greenhouse gas reductions and tax policy in the 'DICE' model, *American Economic Review* 83, S. 313–17.
- Nordhaus, W. D. (2007), The Stern Review on the economics of climate change, *Journal of Economic Literature* 45, S. 686–702.
- Nordhaus, W. D. (2013), *Climate Casino – Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*, Yale University Press, New Haven.
- Nordhaus, W. D. (2015), Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy, *American Economic Review* 105, S. 1339–70.
- OECD (2014), *The Distributional Effects of Energy Taxes: Preliminary Report*, OECD, Paris.
- Ohl, C. (2003), *Staatliche Umweltregime und transnationales Risikomanagement*, Campus, Frankfurt a. M.
- Ostrom, E. (2009), A polycentric approach for coping with climate change, *Policy Research Working Paper* Nr. 5095, World Bank, Washington.
- Ostrom, E. (2010), Beyond markets and states: Polycentric governance of complex economic systems, *American Economic Review* 100, S. 1–33.
- Parry, I. W. H. und R. C. Williams (1999), A second-best evaluation of eight policy instruments to reduce carbon emissions, *Resource and Energy Economics* 21, S. 347–73.
- Pearce, D. (1991), The role of carbon taxes in adjusting to global warming, *Economic Journal* 101, S. 938–48.
- Pearce, D. (2003), The social cost of carbon and its policy implications, *Oxford Review of Economic Policy* 19, S. 362–84.
- Peinhardt, C. und T. Sandler (2015), *Transnational Cooperation – An Issue Based Approach*, Oxford University Press, Oxford.
- Pezzey, J. C. V. und F. Jotzo (2012), Tax-versus-trading and efficient revenue recycling as issues for greenhouse gas abatement, *Journal of Environmental Economics and Management* 64, S. 230–36.
- Pigou, A. C. (1912), *Wealth and Welfare*, Macmillan, London.
- Pindyck, R. S. (2011), Fat tails, thin tails, and climate change policies, *Review of Environmental Economics and Policy* 5(2), S. 258–74.
- Pindyck, R. S. (2013), Climate change policy: What do the models tell us?, *Journal of Economic Literature* 51, S. 860–72.
- Pittel, K. und D. T. Rübbelke (2008), Climate policy and ancillary benefits: A survey and integration into the modelling of international negotiations on climate change, *Ecological Economics* 68, S. 210–20.
- Pittel, K. und D. Rübbelke (2012), Transitions in the negotiations on climate change: From prisoner's dilemma to chicken and beyond, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 12, S. 23–39.
- Pittel, K. und D. Rübbelke (2013), International climate finance and its influence on fairness and policy, *The World Economy* 36, S. 419–36.
- Pittel, K., R. van der Ploeg und C. Withagen (2014), *Climate Policy and Nonrenewable Resources: The Green Paradox and Beyond*, MIT Press, Cambridge.

- Pizer, W. (2002), Combining price and quantity controls to mitigate global climate change, *Journal of Public Economics* 85, S. 409–34.
- Plambeck, E. L. und C. Hope (1996), PAGE95: An updated valuation of the impacts of global warming, *Energy Policy* 24, S. 783–93.
- Ploeg, F. van der und C. Withagen (2012), Is there really a green paradox?, *Journal of Environmental Economics and Management* 64, S. 342–63.
- Ploeg, F. van der und C. Withagen (2015), Global warming and the green paradox: A review of adverse effects of climate policy, *Review of Environmental Economics and Policy* 9, S. 285–303.
- Popp, D. (2010), Innovation and climate policy, *Annual Review of Resource Economics*, S. 275–98.
- Popp, D. (2011), International technology transfer, climate change, and the clean development mechanism, *Review of Environmental Economics and Policy* 5, S. 131–52.
- Posner, E. A. und D. Weisbach (2010), *Climate Change Justice*, Princeton University Press, Princeton
- Ramsey, F. P. (1928), A mathematical theory of saving, *Economic Journal* 38, S. 543–59.
- Rausch, S., G. E. Metcalf und J. M. Reilly (2011), Distributional impacts of carbon pricing: A general equilibrium approach with micro-data for households, *Energy Economics* 33, S. 20–33.
- Rauscher, M. (2005), International trade, foreign investment, and the environment, in: K.-G. Mäler und J. R. Vincent (Hrsg.), *Handbook of Environmental Economics*, Band 3: *Economywide and International Environmental Issues*, Elsevier, Amsterdam, S. 1403–516.
- Rauscher, M. (2009), Kommentar zu Wolfgang Buchholz und Jan Schumacher: Die Wahl der Diskontrate bei der Bewertung von Kosten und Nutzen der Klimapolitik, in: J. Weimann (Hrsg.), *Jahrbuch Politische Ökologie 6: Diskurs Klimapolitik*, Metropolis, Marburg, S. 55–62.
- Rawls, J. (1971), *A Theory of Justice*, Harvard University Press, Cambridge.
- Reif, C., Löschel, A. und D. Rübhelke (2014), Improving voluntary public good provision by a non-governmental, endogenous matching mechanisms: Experimental evidence, *ZEW Discussion Papers* 14–075.
- Requate, T. und W. Unold (2003), Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology: Will the true ranking please stand up?, *European Economic Review* 47, S. 125–46.
- Requate, T. (2005), Dynamic incentives by environmental policy instruments – A survey, *Ecological Economics* 54, S. 175–95.
- Ringius L., A. Torvanger und A. Underdal (2002), Burden sharing and fairness principles in international climate policy, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 2, S. 1–22.
- Roemer, J. E. (2011), The ethics of intertemporal distribution in a warming planet, *Environmental and Resource Economics* 48, S. 363–90.
- Roemer, J. E. (2012), Once more on generational discounting in climate-change analysis: Reply to Partha Dasgupta, *Environmental and Resource Economics* 56, S. 141–48.
- Rubio, S. J. und A. Ulph (2006), Self-enforcing international environmental agreements revisited, *Oxford Economic Papers* 58, S. 233–66.
- Rübhelke, D. (2011), International support of climate change policies in developing countries: Strategic, moral and fairness aspects, *Ecological Economics* 70, S. 1470–80.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2013), *Jahresgutachten 2013/14: Gegen eine rückwärtsgewandte Wirtschaftspolitik*, Kapitel 10, Energiepolitik: Warten auf dringend notwendige Weichenstellungen, Sachverständigenrat, Wiesbaden.
- Sandler, T. (1997), *Global Challenges – An Approach to Environmental, Political and Economic Problems*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Sandler, T. (2004), *Global Collective Action*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Schöb, R. (2009), Steuern oder Zertifikate: Wie wichtig ist die zweite Dividende für die Klimapolitik?, in: J. Weimann (Hrsg.), *Jahrbuch Politische Ökologie 6: Diskurs Klimapolitik*, Metropolis, Marburg, S. 169–88.
- Schmidt, R. C. und J. Heitzig (2014), Carbon leakage: Grandfathering as an incentive device to avert firm relocation, *Journal of Environmental Economics and Management* 67, S. 209–23.
- Sen, A. K. (1967), Isolation, assurance and the social rate of discount, *Quarterly Journal of Economics* 81, S. 112–24.
- Sinn, H.-W. (2008), Public policies against global warming: A supply-side approach, *International Tax and Public Finance* 15, S. 360–94.
- Sinn, H.-W. (2012), *Das grüne Paradoxon: Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik*, Ullstein, Berlin.
- Sinn, H.-W. und U. Schmoltzi (1981), Eigentumsrechte, Kompensationsregeln und Marktmacht: Anmerkungen zum Coase Theorem, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 196, S. 97–117.
- Smith, A. (1776/1981), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Liberty Fund, Indianapolis.
- Soest, D. P. van und E. H. Bulte (2001), Does the energy-efficiency paradox exist? *Technological Progress and Uncertainty*, *Environmental and Resource Economics* 18, S. 101–12.
- Stavins, R. N. (1995), Transaction costs and tradeable permits, *Journal of Environmental Economics and Management* 29, S. 133–48.
- Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Stern, N. (2008), The economics of climate change, *American Economic Review* 98, S. 1–37.
- Stern, N. (2013), The structure of economic modelling of the potential impacts of climate change: Grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models, *Journal of Economic Literature* 51, S. 838–59.
- Stern, N. (2015), *Why are we Waiting? The Logic, Urgency, and Promise of Tackling Climate Change*, MIT Press, Cambridge und London.
- Sterner, T. (2012), Distributional effects of taxing transport fuel, *Energy Policy* 41, S. 75–83.
- Sterner, T. und U. M. Persson (2008), An even sterner review: Introducing relative prices in the discounting debate, *Review of Environmental Economics and Policy* 2, S. 61–76.
- Stiglitz, J. E. (2015), Overcoming the Copenhagen failure with flexible commitments, *Economics of Energy and Climate Policy* 4, S. 29–36.
- Sugden, R. (2009), On nudging: A review of Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness by Richard H. Thaler and Cass R. Sunstein, *International Journal of the Economics of Business* 16, S. 365–73.
- Sunstein, C. R. (2007), Of Montreal and Kyoto: A tale of two protocols, *Harvard Environmental Law Review* 31, S. 1–65.

- Szekeres, S. (2013), The Weitzman-Gollier puzzle is not a paradox but a mistake, and it is most likely moot, *Open Science Repository Economics*, e23050448.
- Tavoni, A., A. Dannenberg, G. Kallis und A. Löschel (2011), Inequality, communication and the avoidance of disastrous climate change in a public goods game, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, S. 11825–29.
- Thaler R. H. und C. R. Sunstein (2008), *Nudge – Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*, Yale University Press, New Haven.
- Tietenberg, T. H. (2013), Reflections – Carbon pricing in practice, *Review of Environmental Economics and Policy* 7, S. 313–29.
- Tingley, D. und M. Tomz (2013), Conditional cooperation and climate change, *Comparative Political Studies* 20, S. 1–25.
- Tol, R. S. J. (2002a), Estimates of the damage costs of climate change, Part I: Benchmark estimates, *Environmental and Resource Economics* 21, S. 47–73.
- Tol, R. S. J. (2002b), Estimates of the damage costs of climate change, Part II: Dynamic estimates, *Environmental and Resource Economics* 21, S. 135–60.
- Tol, R. S. J. (2003), Is the uncertainty about climate change too large for expected cost-benefit analysis?, *Climatic Change* 56, S. 265–89.
- Traeger, C. (2013), Discounting under uncertainty: Disentangling the Weitzman and the Gollier effect, *Journal of Environmental Economics and Management* 66, S. 573–82.
- Umweltbundesamt (2015), *Die Treibhausgase*, verfügbar online: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> (letzter Zugriff: 8.10.2015).
- Varian, H. (1994), Sequential contributions to public goods, *Journal of Public Economics* 63, S. 429–45.
- Wagner, G. und M. L. Weitzman (2015), *Climate Shock – The Economic Consequences of a Hotter Planet*, Princeton University Press, Princeton.
- Weimann, J. (2008), *Die Klimapolitik-Katastrophe: Deutschland im Dunkel der Energiesparlampe*, Metropolis, Marburg.
- Weimann, J. (Hrsg.) (2009), *Jahrbuch Politische Ökologie 6: Diskurs Klimapolitik*, Metropolis, Marburg.
- Weimann, J. (2012), Atomausstieg und Energiewende: Wie sinnvoll ist der deutsche Alleingang?, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 62(12), S. 34–38.
- Weitzman, M. L. (1974), Prices vs. quantities, *Review of Economic Studies* 41, S. 477–91.
- Weitzman, M. L. (1998), Why the far-distant future should be discounted at its lowest possible rate, *Journal of Environmental Economics and Management* 36, S. 201–08.
- Weitzman, M. L. (2009), On modelling and interpreting the economics of catastrophic climate change, *Review of Economics and Statistics* 91, S. 1–19.
- Weitzman, M. L. (2011), Fat-tailed uncertainty in the economics of catastrophic climate change, *Review of Environmental Economics and Policy* 5, S. 275–92.
- Weitzman, M. L. (2014), Can negotiating a uniform carbon price help to internalize the global warming externality?, *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1, S. 29–49.
- Weitzman, M. L. (2015a), Internalizing the climate externality: Can a uniform price commitment help?, *Economics of Energy and Environmental Policy* 4, S. 37–50.
- Weitzman, M. L. (2015b), A review of William Nordhaus' *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*, *Review of Environmental Economics and Policy* 9, S. 145–56.
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Finanzen (2010), *Klimapolitik zwischen Emissionsvermeidung und Anpassung*, BMF, Berlin.
- Wood, P. J. (2011), Climate change and game theory, *Annals of the New York Academy of Sciences* 1219, S. 15–70.
- Yohe G. und K. Strepzek (2007), Adaptation and mitigation as complementary tools for reducing the risk of climate impacts, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12, S. 727–39.

Autoreninformation



Wolfgang Buchholz
Universität Regensburg,
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften,
Universitätsstraße 31,
D-93040 Regensburg
wolfgang.buchholz@ur.de

Wolfgang Buchholz (geb. 1952) ist – nach einer Station in der Aufbauphase der Europa Universität Viadrina in Frankfurt (Oder) – seit 1996 Professor für Volkswirtschaftslehre an der Universität Regensburg. Seit 2002 arbeitet er zudem als Forschungsprofessor am ifo Institut (Leibniz Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München). Sein Hauptforschungsgebiet ist die Umwelt- und Ressourcenökonomik, wozu er zahlreiche Arbeiten in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht hat. Daneben gilt sein Interesse aber auch Themen im Grenzbereich von Wirtschaftswissenschaften und Ethik sowie Fragen der Sozialpolitik. Zusammen mit Friedrich Breyer hat er dazu das Lehrbuch „Ökonomie des Sozialstaats“ verfasst.



Peter Heindl
Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung (ZEW),
Forschungsbereich Umwelt- und
Ressourcenökonomik,
Umweltmanagement, L7 1,
68161 Mannheim
heindl@zew.de

Peter Heindl (geb. 1981) ist Senior Researcher im Forschungsbereich Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) in Mannheim. Seine Forschungsinteressen betreffen die optimale Ausgestaltung umweltpolitischer Regulierung, die Verteilungswirkungen der Klimapolitik sowie das Konsumverhalten privater Haushalte.

Reproduced with permission of the copyright owner. Further reproduction prohibited without permission.