

# Internationale Umweltpolitik bei akkumulierender und asymmetrischer Verschmutzungsdynamik<sup>1</sup>

Thomas Gries,  
Universität Paderborn, Center for International Economics

## 1. Einführung

Auch wenn die Frage der globalen Erwärmung und des Klimaschutzes in der öffentlichen Diskussion überwiegend als naturwissenschaftliches Problem diskutiert und analysiert wird, handelt es sich im Kern um ein zutiefst ökonomisches Problem. Ökonomische Analyse ist von der Wortbedeutung her die Analyse des Haushaltens mit begrenzten Ressourcen. Daher hat auch auf globaler Ebene die Frage des Haushaltens mit den begrenzten Ressourcen der Erde seit jeher eine zentrale Bedeutung in der ökonomischen Diskussion gehabt. Bereits vor mehr als 200 Jahren begann Malthus (1798) sich mit dem Beitrag „An essay on the principle of population“ mit solchen Fragestellungen in sozialphilosophischer Weise zu beschäftigen. Innerhalb der Problemstellungen der damaligen Zeit, die gekennzeichnet war von hohem Bevölkerungsdruck und begrenzten Anbauflächen, war die Frage der Ökonomisierung auch auf globaler Ebene eine durchaus ins Visier öffentlicher Diskussion geratene Frage. Ökonomisierung oder, besser gesagt, der ökonomische Umgang mit unseren globalen Ressourcen ist dabei von der definitorischen Wortbedeutung nichts anderes als diese Ressourcen möglichst sinnvoll zu nutzen, um den Menschen auf diesem Planeten ein möglichst gutes Leben zu ermöglichen. Die Suche nach ökonomischen Lösungen für die Ressourcenbegrenztheit der Welt und die Bedürfnisse der Menschen ist daher von Beginn an eine Suche nach einem möglichst guten Umgangs mit unseren Ressourcen zum Wohle der Menschheit. Diese Begriffsdefinition wird in vielen öffentlichen Debatten völlig missverstanden. Dieses Missverständnis ist besonders eklatant bei Fragen der Nutzung von natürlichen Ressourcen, wie der Umwelt oder von Rohstoffen, seien sie erschöpfbar oder regenerierbar. Aus einem Unverständnis der Aufgabe ökonomischer Analyse werden häufig von Nichtökonomien Gegensätze zwischen Ökonomie und Ökologie, Wachstum und Ökologie, Wirtschaft und Natur vermutet. Obwohl der Umgang mit unseren natürlichen Ressourcen eines der ältesten Themen ökonomischer Analyse überhaupt ist, glauben Nichtökonomien häufig, dass ökonomische Analyse und ökonomischer Diskurs diesen Themenbereich nicht adäquat berücksichtigt hat. Ein Ziel dieses Beitrags wird daher sein, die komplexe Verflechtung zwischen den naturwissenschaftlichen Phänomenen der globalen Erwärmung und den ökonomischen Aktivitäten der Menschen herauszuarbeiten und die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen diesen beiden Aktivitäten aufzuzeigen. Insbesondere soll deutlich gemacht werden, dass es keine Lösung des Klimaproblems auf globaler Ebene geben wird, ohne dass nicht auch die Wirkung der Klimapolitik selbst auf die ökonomischen Entwicklungen insbesondere der weniger entwickelten Länder berücksichtigt wird. Es gibt

---

<sup>1</sup> Für die große Unterstützung bei der Entstehung dieses Beitrags danke ich PD Dr. S. Jungblut, A. Kilian und B. Wilmes.

nicht nur die eine Kausalitätsrichtung, dass nämlich ökonomische Entwicklung und Wohlstand auf eine Verschärfung des Klimaproblems wirkt, sondern auch die andere Richtung, dass jede Politikmaßnahme zur Entschärfung des Klimaproblems gleichzeitig auch eine Politikmaßnahme mit massiver Wirkung auf die globalen Entwicklungsprozesse ist. Diese Rückwirkung wird insbesondere hinsichtlich der existierenden Asymmetrien der Weltwirtschaft in keiner Weise adäquat verstanden und noch weniger berücksichtigt. Daher wird dieser Beitrag versuchen, die Bedeutung der globalen Entwicklungsasymmetrien für die Effizienz einer globalen Politik, aber auch für die Verteilungsproblematik einer globalen Politik herauszuarbeiten. Da die ökonomische Theorie für diese Fragestellung gut entwickelt ist, können die Erkenntnisse der ökonomischen Theorie zur Bearbeitung dieser Fragestellungen hervorragend eingesetzt werden.

## 2. Klimapolitik in einer inhomogenen asymmetrischen Welt

Ein erster wichtiger Schritt zum Verständnis der gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen ökonomischer Entwicklung und den Möglichkeiten einer effizienten und adäquaten globalen Klimapolitik ist das Verständnis der massiven Asymmetrien und Heterogenitäten der Weltwirtschaft. Mindestens sechs massive Asymmetrien sind bei der Diskussion einer effektiven und effizienten globalen Klimapolitik zu berücksichtigen.

### 2.1. Globale Asymmetrie und Heterogenität: arm versus reich

Die klimapolitischen Diskussionen in jeder Verhandlungsrunde und die dort vertretenen Positionen der unterschiedlichen Länder lassen sich nur begreifen, wenn die massiven Einkommensasymmetrien und Vermögensunterschiede zwischen den verhandelnden Ländern wahrgenommen werden. Milanovic und Yitzhaki (2002) geben einen sehr guten Einblick in die aktuellen Ungleichheiten der Einkommenserzielung in der Welt. Die aktuelle Klimadiskussion findet unter Bedingungen statt, die durch einige einfache Kennziffern beschrieben werden können. 16% der Weltbevölkerung gehören zu den reichen Ländern<sup>2</sup>, produzieren und damit letztlich auch genießen 58% des Welteinkommens. Wohingegen 76% der Weltbevölkerung in armen Ländern lediglich 29% des Welteinkommens erzielen. Die 16% Reichen der Weltbevölkerung haben gleichzeitig durch ihren Wachstumsprozess der letzten 150 Jahre geschätzt mehr als 80% des Weltvermögens akkumuliert. Diese 16% der Weltbevölkerung besitzen damit den ganz überwiegenden Teil des realen Weltkapitals und damit des Eigentums an den Unternehmen der Welt. Dieser wohlhabende Teil der Welt ist auch an 60% des internationalen Handels und Warenaustauschs beteiligt. Insgesamt werden also die ökonomischen Aktivitäten dieser Welt in einem Ausmaß von ca. 60% von diesem kleinen, aber reichen, Teil der Weltbevölkerung durchgeführt. Mit anderen Worten: Die 16% der heute Wohlhabenden der Weltbevölkerung waren in der Lage, in den vergangenen 200 Jahren einen technologischen und ökonomischen Entwicklungsvorsprung zu erzielen, der bis zum heutigen Tag zu einem massiven Unterschied im Wohlstand der Welt geführt hat. Da

---

<sup>2</sup> Nach Milanovic/Yitzhaki (2002) wird diese Gruppe als G7 äquivalent gebildet. Damit werden alle Länder zusammengefasst, die mindestens das pro Kopf Einkommen der G7 Länder erreichen.

diese in den letzten 200 Jahren ökonomisch und technologisch erfolgreichen Länder überwiegend in der Nordhalbkugel zu finden sind, gibt es stilisiert gesehen einen sehr reichen Norden und einen im Vergleich nach wie vor sehr armen Süden. Die Gründe für diese Entwicklungsunterschiede sind sehr vielschichtig und gehen weit über das hier zu diskutierende Problem und Phänomen hinaus. Dennoch ist die alleinige Feststellung dieser massiven Heterogenität und Asymmetrie ein wichtiger Fakt im Verständnis einer globalen Umweltpolitik zur Lösung des Klimaproblems. Die Abbildungen 1, 2, 3 und Tabelle 1 zeigen noch einmal grafisch, dass sich die Asymmetrie und Heterogenität vor allem in den pro Kopf Größen äußert. An den pro Kopf Größen ist Armut und Reichtum und das Ausmaß ökonomischer Aktivitäten erkennbar.

[Hier Abbildungen 1,2 und 3 einfügen]

Abbildung 1: a) pro Kopf Einkommen Nord und Süd, b) absolute Einkommen Nord und Süd

Abbildung 2: a) pro-Kopf Vermögen, Realkapitalbestand Nord und Süd, b) absolute Vermögen, Realkapitalbestand Nord und Süd

Abbildung 3: a) pro-Kopf Handelsvolumen, b) absolute Handelsvolumen Nord und Süd

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Einkommens- und Bevölkerungsanteilen der armen, mittleren und reichen Länder

	Population Share ( $p_i$ )	Mean Income ( $\mu_i$ )	Gini ( $G_i$ )	Overlapping Index ( $O_i$ )
Third World (poorer than, or equal to Brazil)	0.76	1,171	0.494	0.89
Middle class	0.08	4,609	0.462	0.54
First World (equal or richer than Italy)	0.16	10,919	0.344	0.25
World	1	3,031.8	0.659	
Between group Gini			0.449 (68%)	
Within group Gini $\sum_i s_i G_i O_i$			0.210 (32%)	

Vgl. Milanovic und Yitzhaki (2002), Tabelle 16

Die absoluten Niveaugrößen dagegen, die Hinweise auf politische Macht geben können, zeigen bereits, dass der Süden massiv aufgeholt hat. Um die Diskussion zu vereinfachen, werden wir in diesem Beitrag nicht immer alle Länder betrachten, sondern uns auf die G20 Länder beschränken. Die G20 Länder repräsentieren den bei weitem größten Teil des weltwirtschaftlichen Geschehens. An den G20 Länder lassen sich auch die Asymmetrien der Welt am plastischsten aufzeichnen. Die arm-reich Problematik innerhalb der G20 Länder wird durch eine duale Weltaufteilung in Nord- und Südländer dargestellt. Zu den Nord-Ländern<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Zu den reichen Nord-Ländern der G20 Gruppe gehören: USA, Deutschland, Japan, Großbritannien, Frankreich, Italien, Kanada, Australien.

gehören die klassischen Industrieländer und zu den Süd-Ländern<sup>4</sup> die „Aufstrebenden Schwellen- und Entwicklungsländer“ (Emerging Markets).

## 2.2. Asymmetrie und Heterogenität hinsichtlich der Industriellen Strukturen

Aber es ist nicht nur die aktuelle Heterogenität und Asymmetrie, die zu unterschiedlichen Positionen und Bewertungen in der Diskussion einer globalen Umwelt- und Klimapolitik führt. Mindestens genauso wichtig ist auch die Asymmetrie der Dynamik. Asymmetrien in der Entwicklungsdynamik haben zweierlei Effekte. Zum einen gibt es in der Welt sehr massive Unterschiede in den Wachstums- und Entwicklungsgeschwindigkeiten. Die klassischen Industrieländer, das heißt die Länder des Nordens mit hohem Einkommen, befinden sich seit längerem auf einem stetigen kontinuierlichen Wachstumspfad mit einer relativ niedrigen Wachstumsgeschwindigkeit des Pro-Kopf-Einkommens von 1-2% pro Jahr. Diese Wachstumsgeschwindigkeit ist typisch für stetige stationäre Wachstumsprozesse reifer Ökonomien. Dem gegenüber stehen die Wachstumsprozesse der Schwellenländer und der erfolgreichen Entwicklungsländer. Zu diesen Ländern gehören beispielsweise China, Indien, Brasilien oder Indonesien. Ein wesentliches Kennzeichen dieser Länder ist, dass sie aus großer Unterentwicklung, um nicht zu sagen Armut, Strategien gefunden haben, um sich wirtschaftlich mit hoher Geschwindigkeit zu entwickeln. Diese Länder sind dabei, durch ihren schnellen Entwicklungs- und Fortschrittsprozess, Wege aus der Armut und Unterentwicklung zu beschreiten. Das globale Ziel, das auch immer wieder politisch benannt und gefordert wird, nämlich den bereits benannten Anteil von 76% der Weltbevölkerung, die in Unterentwicklung und Armut leben, zu einem höheren Wohlstand zu bringen, wird von diesen Ländern geradezu vorbildlich erreicht. Die große Dynamik des Wachstums- und Entwicklungsprozesses in diesen Ländern bedeutet ein kontinuierliches Aufholen im Pro-Kopf-Einkommen gegenüber den reichen Ländern und es bedeutet eine rapide Modernisierung in diesen erfolgreichen Ländern. Es gibt keinen nachhaltigen Entwicklungsprozess in diesen Ländern, der nicht direkt mit einem sektoralen Wandel weg von der Agrargesellschaft und hin zum modernen industriellen Sektor verbunden ist. Die von allen begrüßten und beeindruckenden Entwicklungsfortschritte, insbesondere in diesen „emerging markets“, sind ausschließlich durch einen massiven Industrialisierungsprozess und den Ausbau des industriellen Sektors angetrieben. Von dieser Entwicklung profitieren aber nicht nur die erfolgreichen Süd-Länder selbst. Das Hineinwachsen in eine industrialisierte Gesellschaft erfolgt insbesondere auch durch die Teilnahme am internationalen Handel und die Integration dieser Länder in die Weltwirtschaft. Daher wird ein großer Teil der im Süden produzierten Produkte nicht im Süden konsumiert, sondern wandert im Zuge des internationalen Handels zu den Konsumenten des Nordens. Diese profitieren insbesondere durch die günstigen Produkte, die sie vom Süden erwerben und die die reale Kaufkraft der Nordeinkommen deutlich verbessern. Der Entwicklungsprozess des Südens ist also auch ein sehr positiver Prozess für den Norden. Dennoch bedeutet die weltwirtschaftliche Integration eines sich positiv entwickelnden Südens auch, dass eine weltwirtschaftliche Arbeitsteilung in beschleunigtem Umfang zu beobachten

---

<sup>4</sup> Zu den ärmeren Süd-Ländern der G20 Gruppe gehören: China, Brasilien, Russland, Indien, Südkorea, Mexiko, Türkei, Indonesien, Saudi Arabien, Südafrika, Argentinien.

ist. Der spätere Entwicklungsstart und der mit Entwicklungsprozessen einhergehende industriestrukturelle Prozess bedeutet, dass viele sich entwickelnde Länder durch ähnliche Industriestrukturen wandern, wie sie aus den klassischen Industrieländern bereits bekannt sind. Typischerweise findet am Beginn solcher Prozesse ein massiver Aufbau der Industrieproduktion statt. Wertschöpfung erfolgt durch physische Produktion im Bereich standardisierter Technologien und arbeitsintensiver Produktionsprozesse. Mit einer höheren Komplexität der Produkte und einer höheren Technologieintensität wandeln sich im Verlauf der Entwicklungsprozesse auch die Wertschöpfungsprozesse, sodass der Wertanteil der standardisierten physischen Produktion zugunsten hochwertiger Serviceleistungen zurückgeht. Damit verbunden ist auch eine erhebliche Änderung der Ressourcenintensität dieser verschiedenen Produktionsprozesse. Während die physischen Produktionsprozesse, die am Anfang von Industrialisierungsprozessen stehen, eine hohe Ressourcen- und Energieintensität aufweisen, nimmt diese Ressourcen- und Energieintensität mit wachsender Technologie- und Humankapitalintensität der Wertschöpfung deutlich ab. Die Ressourcen- und Energieintensität der Produktionsprozesse der reichen Länder nimmt daher mit diesem strukturellen Wandel wieder ab. Das aktuelle Entwicklungsstadium bestimmt damit zu einem Teil auch die aktuelle Produktionsstruktur und diese wiederum ist nicht unwesentlich für die Ressourcen- und Energieintensität der Produktionsprozesse in den jeweiligen Ländern verantwortlich. Hieraus ergeben sich zwei direkte Implikationen für die aktuelle Diskussion einer globalen Klimapolitik. Erstens, die Länder mit hohem Einkommen haben das Glück, sich bereits aus industriellen Produktionsprozessen heraus entwickelt zu haben. In Ländern mit hohem Einkommen hat der Sektorservice einen Wertschöpfungsanteil von ca. 70%. Da dieser Sektorservice durch eine geringe physische Produktion und somit auch durch eine geringe Ressourcen- und Energieintensität charakterisiert ist, ist die gesamte Energieeffizienz Struktur bedingt günstig. Diese Länder haben damit die Möglichkeit, eine Produktionsstruktur aufzuweisen, die eine hohe Energie- und Ressourceneffizienz hat.

Ganz anders muss die Produktionsstruktur der sich gerade entwickelnden „emerging markets“ beschrieben werden. Durch das nach wie vor relativ frühe Entwicklungsstadium ist in diesen Ländern die Produktionsstruktur überwiegend durch eine zunehmende physische Industrialisierung beschrieben. Anders als die Länder mit hohem Einkommen, die zurzeit aus vielen physischen industriellen Produktionsprozessen herauswachsen, bewegen sich die erfolgreichen Entwicklungsländer gerade in zunehmendem Maße in diese physischen industriellen Produktionsprozesse hinein. Der Erfolg dieser Länder ist geradezu definiert durch den Industrialisierungserfolg und die zunehmende Übernahme und Ansiedlung der weltweiten industriellen und physischen Produktionsprozesse. Entwicklung ist in diesen Ländern identisch mit Industrialisierung. In der internationalen Arbeitsteilung nehmen diese „emerging markets“ genau diese Position ein und es ist genau diese Anpassung an ihre komparativen Vorteile, die ihre Integration in die Weltwirtschaft fördern und damit Voraussetzung für den Erfolg ihrer Entwicklungsstrategien sind. Auch die strukturelle Asymmetrie ist damit von großer Bedeutung.<sup>5</sup> Während für den Norden erfolgreiche Entwicklung mit einer weiteren Deindustrialisierung und dem Ausbau des hoch

---

<sup>5</sup> Zum Zusammenhang von Entwicklungs- und Aufholprozessen, Internationaler Integration und Strukturwandel siehe auch Gries (1995) und Gries/Jungblut (1997a), (1997b).

technologischen Sektors einhergeht, bedeutet erfolgreiche Entwicklung für den Süden im Rahmen des klassischen Musters eine Vertiefung der industriellen Modernisierung dieser Länder. Dies gilt insbesondere so lange, wie diese Länder noch nicht so weit aufgeholt haben und so dicht an den Norden angenähert haben, dass ein Deindustrialisierungsprozess und eine Veränderung der komparativen Vorteile das ursprüngliche Wachstumsmuster umkehren.

### 2.3. Technologische Asymmetrie und Heterogenität: technologisch entwickelt versus technologisch rückständig

Die dritte massive Asymmetrie betrifft die technologischen Unterschiede zwischen dem Norden und dem Süden und hat damit zumindest zu einem Teil auch direkt mit der eben diskutierten Entwicklungsasymmetrie zu tun. Massive technologische Unterschiede im Norden und im Süden gibt es entwicklungsbedingt in allen Dimensionen und Lebensbereichen. Für den vorliegenden Beitrag ist insbesondere die technologische Differenzierung bei der Nutzung von fossilen Energiere Ressourcen bedeutsam. Unabhängig von den weiter oben beschriebenen industriestrukturellen Vorteilen des Nordens ist die Energieeffizienz des Nordens, mit Ausnahme der USA, technologiebedingt erheblich besser als die des Südens.

*[Hier Abb 4 CO<sub>2</sub> Effizienz im Vergleich]*

Abbildung 4 zeigt diesen Unterschied am Beispiel von vier Ländern: Deutschland und Japan als Vertreter der verschmutzungseffizienten Nordländer, China als Vertreter der weniger verschmutzungseffizienten Südländer und die USA als reiches und fortgeschrittenes Land mit der Verschmutzungseffizienz eines Entwicklungslandes.

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Outputenheit ist im Norden wesentlich geringer als im Süden. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass der Norden durch sein höheres Pro-Kopf-Einkommen und die damit verbundenen Präferenzen für eine saubere Umwelt Technologieentwicklungen vorangetrieben hat, die zu einer Reduktion der Verschmutzung im Produktionsprozess geführt haben. Insbesondere bei Kraftwerken und bei der Elektrizitätserzeugung wurden technologische Entwicklungen gefördert, die zu einer deutlichen Verringerung der Schadstoffausstöße geführt haben. Technologie zur Vermeidung von Verschmutzung ist daher asymmetrisch verfügbar und überwiegend im Norden lokalisierbar. Auch wenn solche Technologien mit hohem öffentlichem Finanzierungsaufwand entwickelt worden sind, ist die Implementierung dieser Technologien privatisiert, sodass potentiell als öffentliche Güter verfügbare Technologien vor dem Hintergrund der Patente und Implementierungsrechte ausschließlich im Norden verfügbar sind. Auch diese Art der Asymmetrie ist bei den aktuellen Diskussionen einer globalen Klimapolitik zu berücksichtigen.

### 2.4. Asymmetrie und Heterogenität bei aktueller Verschmutzungsaktivität

Der vierte Aspekt globaler Asymmetrien ergibt sich direkt aus den Beschreibungen der vorangegangenen Unterschiede in der ökonomischen Entwicklung und der Emissionseffizienz. Der aktuelle Verschmutzungsstrom wird, wie Abbildung 5a darstellt, insbesondere von zwei Ländergruppen erzeugt, vom reichen Norden und den „emerging markets“ des Südens. Seit 2005 verschmutzen die „emerging markets“ sogar mehr als die Nordländer. In beiden Fällen ist klar erkennbar, dass die Verschmutzungsaktivitäten direkt an das Niveau der ökonomischen Aktivitäten gekoppelt sind. Ein hohes absolutes Niveau an ökonomischer Aktivität führt zu einem hohen aktuellen Niveau an Verschmutzung. Dadurch, dass die reichen Länder des Nordens im absoluten Weltmaßstab nach wie vor den höchsten ökonomischen Anteil an der Weltproduktion aufweisen, geht von den Nordländern trotz ihrer strukturellen Vorteile nach wie vor eine sehr hohe Verschmutzung aus. Dies wird geradezu dramatisch, wenn man die absoluten Verschmutzungen in Pro-Kopf-Verschmutzungen umrechnet. Die aktuellen Verschmutzungsaktivitäten dieser Welt gehen daher völlig eindeutig zum allergrößten Teil auf die Wohlstand erzeugenden Aktivitäten in den reichen Länder zurück. Über diese Tatsache kann auch nicht hinwegtäuschen, dass einige erfolgreiche Entwicklungsländer, wie China, Indien oder Indonesien mit nicht unerheblicher zusätzlicher Verschmutzung zum aktuellen Verschmutzungsstrom beitragen. Auch diese Tatsachen asymmetrischer Aktivitäten sind zu berücksichtigen, wenn über globale Maßnahmen zur Verschmutzungsaktivität diskutiert wird.

*[Hier Abbildung 5 einfügen: a) absolute CO2 Emissionsstrom Nord versus Süd, b) absolute CO2 akkumulierte Emission Nord versus Süd]*

## 2.5. Asymmetrie und Heterogenität bei der historischen Entstehung der Verschmutzung

Noch dramatischer werden diese Asymmetrien, wenn man nicht nur auf die aktuellen Verschmutzungsbeiträge, sondern auf das sich im Laufe der Zeit angehäufte Verschmutzungsniveau sieht. Die aktuelle Erderwärmung ist das Resultat von Aktivitäten, die mit großer Zeitverzögerung und Trägheit zu mehr als 2/3 auf das Konto der reichen Nordländer zurückzuführen ist. Abbildung 5b zeigt die akkumulierte Verschmutzung, die letztendlich für die aktuell identifizierbare Klimaerwärmung verantwortlich ist. Die „emerging markets“ des Südens holen zwar mit großer Geschwindigkeit auf und erzeugen damit auch in jüngerer Zeit einen eigenen beachtenswerten negativen Beitrag, die Totalverschmutzung ist aber ganz überwiegend auf die Nordländer zurückzuführen. Damit ist ein Teil des Wohlstands des Nordens, wenn auch nicht willentlich, aber dennoch faktisch, mit globaler Verschmutzung und Erderwärmung erkaufte worden. Sofern intergenerationale Verantwortung ein akzeptiertes Prinzip ist, ist damit auch der Norden aufgefordert und durch seinen Reichtum auch in der Lage, die von ihm verursachten Schäden in adäquater Weise einzudämmen. Diese prinzipielle Überlegung wird umso drastischer, je stärker von absoluten Werten auf Pro-Kopf-Werte umgerechnet wird. Der Norden ist nicht nur absolut der mit Abstand größte Gesamtverschmutzer, sondern er ist in noch größerem Ausmaß in der Pro-Kopf Verschmutzung der mit Abstand größte Profiteur der Nutzung fossiler Ressourcen für

die eigene Wohlstandsentwicklung (vgl. Abbildung 7). Diese Fakten massivster Asymmetrien müssen in eine Diskussion globaler Umweltpolitik und globaler Gegenmaßnahmen zur Klimaerwärmung aufgenommen werden.

## 2.6. Asymmetrie und Heterogenität bei der Betroffenheit und der entstehenden Schäden

Der letzte Aspekt von vorhandenen Asymmetrien betrifft die faktische Betroffenheit zwischen Norden und Süden von den zu erwartenden klimatischen Veränderungen. Dieser Aspekt ist im Gegensatz zu den bisher diskutierten Aspekten das am stärksten spekulative Element. Die hierzu gehörige Diskussion ist insbesondere deswegen spekulativ, da wir bis heute kaum verlässliche Zahlen und Prognosen haben, in welcher Form sich eine Erwärmung des Erdklimas auf die verschiedenen Regionen im Norden und im Süden der Erde auswirken wird. Es gibt klare Hinweise auf eine verstärkte Wüstenbildung, auf eine Erhöhung extremer Wetterlagen und eine Zunahme von wetterbedingten Katastrophen, es gibt Aussagen über die Veränderung des Meeresspiegels und potentielle Veränderungen von Meeresströmungen, aber alle diese Aussagen sind so stark mit Unsicherheiten und Zufällen verbunden, dass es nicht einmal annähernd möglich ist, stilisierte Prognosen anzustellen.<sup>6</sup> Aussagen über potentielle Betroffenheit erstrecken sich von einer primären Betroffenheit von Südländern (gerade wegen ihrer Südlage oder starken Äquatornähe und den damit verbundenen Wüstenausdehnungen und extremen Wetterlagen), bis hin zu einer verstärkten Betroffenheit von Nordländern (zum Beispiel durch den Ausfall des Humboldtstroms oder auch durch extreme Wetter- und Windphänomene). Beschriebene Asymmetrien gibt es in dieser Hinsicht in Richtung beider Regionen. Welche dieser Asymmetrien tatsächlich eintreten wird oder ob es überhaupt Asymmetrien geben wird, ist nach heutigem Stand der Erkenntnisse völlig offen. Vielleicht ist gerade diese Unsicherheit über die entstehenden egalitären oder asymmetrischen Betroffenheiten die größte Chance für eine Einigung. Hinsichtlich der globalen Schäden vermutet Stern (2006) Kosten von 5% bis 11% des globalen Bruttoinlandsproduktes der Welt jährlich.

## 3. Das globale Effizienzproblem: Effiziente Klimapolitik in einer asymmetrischen Welt

Die Tatsache, dass Wissenschaftler eine Erwärmung der Erdatmosphäre feststellen, muss für sich genommen noch kein ökonomisches Problem darstellen. Erst die Frage, in welcher Hinsicht die Klimaveränderung auf die Lebensbedingungen der Menschen wirkt, macht die Klimaveränderung zu einem wichtigen ökonomischen Problem. Sobald sich durch die Erderwärmung die Lebensbedingungen der Menschen verändern, stellt sich die Frage, wie die Menschen mit diesen von ihnen selbst erzeugten Phänomenen sinnvoll umgehen. Die

---

<sup>6</sup> Vgl. für potentielle Szenarien z.B. OECD (2005), OECD (2009a) und OECD (2009b).



Nutzung der Umwelt als Aufnahmemedium für Verschmutzung wirkt zurück auf die Lebensbedingungen und den Wohlstand der Menschen, sodass die Verschmutzungsaktivität in dieser Weise sinnvoll und optimal gesteuert werden muss. Der bewusste Umgang mit einer Ressource, in diesem Fall der Umweltressource, bedeutet die ökonomische Berücksichtigung dieser Ressource und damit die Ökonomisierung der Umwelt. Ökonomisieren heißt haushalten. Es muss also zu einem sinnvollen, im besten Fall optimalen Haushalten mit dieser Ressource kommen. Wie können die Menschen mit der Ressource Umwelt bestmöglich umgehen?

In der Diskussion der Implementierung globaler Umweltpolitik wird diese eine Frage einer global effizienten und global gerechten Umweltpolitik insbesondere im Nord-Südverhältnis nur bedingt gestellt und angegangen. Aspekte der Asymmetrien zwischen dem Norden und dem Süden kommen zwar immer wieder in die Diskussion, werden aber nicht in einen umfassenden Lösungsvorschlag eingebracht.<sup>7</sup>

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir insbesondere zwei Effekte und Eigenschaften berücksichtigen, die aus der Nutzung der Umweltressource entstehen. Die erste Eigenschaft ist die globale „Öffentliche-Gut-Eigenschaft“ der Verschmutzung. Emissionen, unabhängig davon, wo sie entstehen, führen zu einem globalen Erwärmungseffekt, der alle gleichermaßen treffen kann und von dem sich keiner ausschließen kann. Das heißt, die Verschmutzung führt zu einer Schädigung aller und damit zu einer Wohlstandsminderung aller. Zweitens, die Verschmutzung akkumuliert sich und addiert sich zu einem immer stärker werdenden Problem. Erst der über die Zeit langsam entstandene hohe Grad an Verschmutzung erzeugt das eigentliche Problem der Klimaerwärmung.

Um einen möglichst guten und effizienten Umgang mit dem aktuellen Emissionsproblem zu identifizieren, sind diese beiden Eigenschaften essentiell zu berücksichtigen. Im Folgenden sollen daher einige stilisierte Überlegungen zu einer effizienten Lösung des Verschmutzungsproblems beschrieben werden. Dabei wird in zwei Schritten vorgegangen. In einem ersten Schritt dieser stilisierten Überlegungen wird davon ausgegangen, dass die Welt homogen ist. Das heißt, um einen ersten Zugang zur Problemstellung einer effizienten Umweltpolitik zu bekommen, werden wir die gesamten Beschreibungen über die Inhomogenität und Asymmetrie der Weltwirtschaft, die im Kapitel 2 dieses Beitrags beschrieben worden sind, als nicht existent definieren. Dieses Gedankenexperiment soll eine klarere Sicht auf die fundamentalen ökonomisch sinnvollen Maßnahmen einer globalen Umweltpolitik werfen. Im zweiten Schritt wird dann die Asymmetrie der Weltwirtschaft einbezogen, sodass ebenfalls mithilfe einer sehr stilisierten Argumentation die besonderen Anforderungen an Politik in einer asymmetrischen Welt herausgearbeitet werden können. Ziel dieser zweiten stilisierten Überlegungen ist also die Darstellung von globaler Umweltpolitik unter den Bedingungen der faktisch vorhandenen Asymmetrien. Alle Argumentationen basieren auf den im Anhang dargestellten formal-mathematischen Modellen (vgl. Anhang).

---

<sup>7</sup> Vgl. zu verschiedenen Vorschlägen OECD (2005), OECD (2009a) und OECD (2009b).

### 3.1. Globale Umweltpolitik bei akkumulierender Verschmutzung: eine homogene Welt

In dem ersten Gedankenmodell (vgl. Anhang 1) müssen wir uns eine Welt vorstellen, in der es keine Unterschiede zwischen dem Norden und dem Süden gibt, weder im Entwicklungsstand, noch in der Produktion, noch in den Konsumpräferenzen. In dieser Welt entsteht Wohlstand durch die Nutzung von produzierten Gütern, also durch den Konsum. Ein zweites Element des Wohlstands ist direkt an die Verschmutzungsaktivitäten der Menschen gekoppelt. Mit zunehmender Verschmutzung steigen die Schäden, die die Menschen durch die Erwärmung realisieren, sodass negative Wohlstandswirkungen sowohl durch die aktuelle Verschmutzung als auch durch den zunehmenden Verschmutzungsbestand entstehen. Die Nutzung von fossilen Ressourcen hat daher durch die damit einhergehende Verschmutzung negative Wohlstandswirkungen. Während also die Produktion von Konsumgütern einen positiven Effekt auf den Wohlstand hat, hat Verschmutzung direkt oder in akkumulierter Form einen negativen Wohlstandseffekt. Wodurch entsteht nun die Verschmutzung? In diesem stilisierten Gedankenmodell entsteht die Verschmutzung überwiegend aus der Nutzung fossiler Ressourcen, wie Öl, Gas oder Kohle. Öl, Gas oder Kohle wird zur Erzeugung von Energie im weltwirtschaftlichen Produktionsprozess eingesetzt und ist daher ein wesentlicher Produktionsfaktor bei der Herstellung aller konsumierbaren Güter. Wenn nun aber die Nutzung dieser fossilen Rohstoffe einerseits erforderlich für die Produktion der wohlstandserzeugenden konsumierbaren Güter ist und andererseits genau durch diesen produktiven Einsatz eine Verschmutzung erzeugt, die das Wohlstandsniveau mindert, ist leicht vorzustellen, dass es ein optimales Nutzungsniveau dieser fossilen Rohstoffe gibt. Optimal heißt dabei, dass beide Effekte der Rohstoffnutzung berücksichtigt werden müssen; zum einen der positive Effekt auf den Wohlstand durch die Herstellung von Gütern, zum zweiten der negative Effekt der Verschmutzung, sowohl aktuell als auch akkumuliert.

Im realen ökonomischen Geschehen besteht aber genau in dieser Abwägung das eigentliche Problem. Da der negative Verschmutzungseffekt, der durch die Ressourcennutzung entsteht, von keinerlei Marktmechanismus berücksichtigt wird, wird der Ressourcenverbrauch von den Märkten so gesteuert, als ob dieser negative Effekt nicht vorhanden wäre. Die Ressource wird zu stark genutzt und die Verschmutzung ist zu hoch. Sowohl die aktuelle Verschmutzung als auch die akkumulierte Verschmutzung steigen in einem Ausmaß an, das die ökonomisch sinnvolle und effiziente Nutzung der Ressource übersteigt und damit zu einer zu starken Verschmutzung führt. Die Welt müsste Mechanismen finden, um diese negativen Effekte der Ressourcennutzung einzupreisen und damit eine ökonomisch effiziente Ressourcennutzung zu erzielen. Hierfür stehen verschiedene umweltpolitische Instrumente zur Verfügung. Abbildung 6 beschreibt den theoretischen Preispfad der Ressourcennutzung, der ohne umweltpolitische Maßnahmen entstehen würde, sowie den effizienten Preispfad, der mithilfe der umweltpolitischen Maßnahmen eingeschlagen werden müsste, um eine effiziente Ressourcennutzung zu gewährleisten.

*[HierAbbildung 6: Preisentwicklung mit und ohne Marktkorrektur durch globale Umweltpolitik]*

In dieser Abbildung 6 ist erkennbar, dass auf den eigentlichen Ressourcenpreis (Bruttopreis) noch mindestens drei weitere Komponenten aufgeschlagen werden müssten. Diese Komponenten sind a) der negative Konsumeffekt der aktuellen Emission b) der negative Produktionseffekt der aktuellen Emission und c) der negative Wohlfahrtseffekt der Zunahme der Gesamtverschmutzung (Bestand), die durch weitere Emissionen erfolgt. Für die Einpreisung dieser zusätzlichen Elemente stehen verschiedene umweltpolitische Maßnahmen zur Verfügung. Die bekanntesten und wahrscheinlich auch wirksamsten Maßnahmen zur Einpreisung dieser negativen externen Umwelteffekte sind die Pigou-Steuer (Ökosteuer)<sup>8</sup> und der Zertifikatehandel.<sup>9</sup> Beide Maßnahmen lassen sich so steuern, dass der faktisch zu zahlende Preis auf ein optimales Preisniveau angehoben wird, sodass die entstehenden Schäden der Ressourcennutzung bei der Wahl des Ausmaßes ihrer Nutzung mit berücksichtigt sind.<sup>10</sup>

In einer Welt, in der es keine Unterschiede und Asymmetrien bei der Produktion, dem Einkommen, dem Konsum, den Technologien oder der Betroffenheit der Klimaerwärmung gibt und in der auch die Durchsetzbarkeit der Korrekturmaßnahmen von einer einheitlichen staatlichen Autorität garantiert werden könnte, wäre eine globale Klima- und Umweltpolitik kein wirkliches Problem. Faktisch gibt es viele Beispiele in vielen Ländern, in denen genau solche umweltökonomischen Probleme mithilfe der verschiedenen Instrumente geregelt werden.<sup>11</sup> Zu den Möglichkeiten und Problemen eines Zertifikathandels zwischen asymmetrischen Ländern gibt es nur wenige Erfahrungen und theoretische Modellierungen.<sup>12</sup>

### 3.2. Globale Umweltpolitik bei akkumulierender Verschmutzung: eine asymmetrische Welt

In einer asymmetrischen Welt, wie sie eingangs beschrieben wurde, ändern sich die Ausgangsbedingungen fundamental. Als Gedankenmodell für die nachfolgende Argumentation dient die im Anhang 2 beschriebene Modellvariante des vorangegangenen Modelltyps. Durch die Bezugnahme und Interpretation eines stilisierten und grob vereinfachten Modells werden natürlich, wie zuvor, wiederum nur einige zentrale und stilisierte Erkenntnisse herausgearbeitet. Viele und auch wichtige Fragen müssen daher in einer solch fokussierten Diskussion zunächst unbeantwortet bleiben oder können nur rudimentär diskutiert werden. Die in Abschnitt 2 beschriebenen Asymmetrien werden in diesem Denkmodell dahingehend umgesetzt, dass wir von zwei separierten Weltregionen, dem Norden und dem Süden, ausgehen. Jede dieser Regionen lebt in ihrer eigenen Welt, in der sie produziert, konsumiert und sich eigenständig dynamisch entwickelt. Die zentrale Verbindung zwischen diesen beiden Weltregionen besteht in der Wirkung der Verschmutzung. Verschmutzung, sowohl akkumuliert als auch die aktuelle Verschmutzung,

---

<sup>8</sup> Die Idee der Internalisierung externer Effekte von öffentlichen Gütern geht zurück auf Arbeiten von Pigou, (1920). Später wurde diese Ansätze im Rahmen der Umweltökonomik von Baumol/Oates, (1971, 1988) weiterentwickelt und ausgebaut.

<sup>9</sup> Vgl. z.B. Dales, (1968); Cansier, (1996) oder Dorn (1996).

<sup>10</sup> Siehe für einen Vergleich z.B. Giraudet/Quirion (2008) oder Oikonomou et al. (2008). Für akkumulierende Verschmutzung siehe auch die Diskussion zum Vergleich von Hoel/Karp (2002).

<sup>11</sup> Vgl. z.B. Christiansen et al. (2005) oder Convery (2009).

<sup>12</sup> Vgl. z.B. Rose et al. (1998).

führen zu negativen Wohlstandseffekten in der ganzen Welt, im Süden genauso, wie im Norden. Um auf die Verschmutzungsproblematik zu fokussieren und die Frage nach einer effizienten Weltlösung zu beantworten, besteht der einzige Unterschied zwischen der Nord- und der Süd-Welt in der technologischen Fähigkeit, die fossilen Ressourcen mit unterschiedlicher Verschmutzungswirkung zu nutzen. Einfach gesagt, werden die bereits gut ausgebauten und vorhandenen verschmutzungsreduzierenden Technologien des Nordens deutlich geringere Verschmutzungen bei gleichem Ressourceneinsatz entstehen lassen. Die Verschmutzungseffizienz des Nordens hinsichtlich der Ressourcennutzung ist daher verglichen mit dem Süden, die eine hohe Verschmutzung pro Ressourceneinsatz erzeugen, sehr niedrig. Auch wenn der Norden absolut durch ein hohes Produktions- und Einkommensniveau viel verschmutzt, ist die Grenzeffizienz der Verschmutzung pro Ressource und pro Outputseinheit im Norden erheblich größer. Aus dieser einfachen Asymmetrie der Welt, die in keiner Weise die volle Komplexität der faktischen Asymmetrien und der weiteren Interdependenzen, beispielsweise durch Handel<sup>13</sup> berücksichtigt, lassen sich jedoch bereits erste Schlussfolgerungen für einen effizienten Umgang mit den verschmutzungserzeugenden Ressourcen und einer effizienten Umweltpolitik ziehen. Aus der sehr vereinfachten Modellvariante im Anhang 2 lässt sich herleiten, wie jeweils isoliert der Süden, der Norden, oder für beide simultan eine Regierung eine effiziente Umweltpolitik gestalten würde. Die erste und wichtigste Erkenntnis für eine effiziente Politik ist: *Die Verschmutzungsreduktion muss dort beginnen, wo sie am leichtesten (mit geringstem Aufwand) erfolgen kann.* Da verschmutzungsreduzierende Technologien mit zunehmender Verschmutzungsreduktion immer aufwendiger und teurer werden (abnehmende Grenzeffizienz), muss mit einfachen Technologien, die viel einsparen, begonnen werden. Im Klartext des Modells bedeutet dies, dass bei der geringen Energieeffizienz der Südtechnologie dort mit einfachen Mitteln und geringem Ressourceneinsatz am meisten eingespart werden kann. Der Norden dagegen hätte einen hohen Aufwand, die bereits effizienten Technologien weiter zu verbessern. *Die aus Weltsicht effiziente Maßnahme wäre damit, den Süden solange mit effizienzverbessernder Technologie auszustatten, bis ein ähnliches Grenzeffizienzniveau wie im Norden erreicht wäre.*

Wie müsste nun eine von einer Weltregierung durchgeführte effiziente Umweltpolitik vor dem Hintergrund der beschriebenen Verschmutzungseffizienz der Technologien im Süden und im Norden aussehen? Aus dem theoretischen Modell im Anhang ist abzulesen, dass die ineffiziente Südnutzung der Ressourcen solange relativ zur Nordnutzung verteuert werden müsste, bis die Ressourcennutzung dort zu gleichen marginalen Klimaschäden führen würde. Diese Verteuerung liefert die Anreize der Schadensvermeidung, so lange bis ein gleichmäßiges Effizienzniveau im Norden und Süden erreicht würde. Diese relative Verteuerung kann theoretisch durch eine entsprechende Pigou-Steuer oder eine bestimmte Zertifikate-Menge erzeugt werden. Sie führt auf jeden Fall zu dem erforderlichen Implementierungsanreiz. Dass damit selbstverständlich ein mit dieser Maßnahme verbundenes Problem der Verteilungsgerechtigkeit hinsichtlich der entstehenden Lasten noch nicht geklärt ist, ist offenkundig. Bevor jedoch das Problem der Verteilungsgerechtigkeit im nächsten Kapitel diskutiert werden soll, soll an dieser Stelle ausschließlich der

---

<sup>13</sup> Vgl. hierzu z.B. Bommer/Schulze (1999) oder Neary (2006).

Effizienzgedanke im Vordergrund stehen. Diese Effizienzfrage lässt sich jedoch nur dann vollständig beantworten, wenn wir noch einen weiteren Schritt zur Beschreibung der Eigenschaften der verschmutzungseffizienten Technologie des Nordens machen. Denn die Eigenschaften dieser Technologie sind ein wesentlicher Teil und ein zentrales Element der potentiell vorzuschlagenden effizienten Politik.

Drei Fälle zur Beschreibung der Technologie der Verschmutzungsvermeidung des Nordens können unterschieden werden:

1) Die Technologie des Nordens ist eine Blaupausen-Technologie, das heißt, sie ist ein reiner Wissensvorsprung über die Organisation von Inputfaktoren, um einen möglichst hohen Einspareffekt von Emissionen im Produktionsprozess zu ermöglichen. Ein Beispiel für eine solche Blaupausen-Technologie könnte eine einfache Filtertechnologie sein. Eine solche Technologie bekommt dadurch ihren Wert, dass der chemische Aufbau des Filters, nicht aber die Produktionskomponenten, den Filtereffekt erzeugt. Die physischen Komponenten des Filters würden damit keinen ernst zu nehmenden Ressourceneinsatz erfordern. Der Technologiewert entsteht ausschließlich aus dem Wissen der Filtererzeugung. Diese Art von Technologie könnte durch ein Patent repräsentiert werden.

2) Eine zweite Ausprägung von Technologie könnte der ersten ähneln, aber mit nennenswerten Implementierungskosten verbunden sein. Die Kosten dieser zweiten Art von Technologie wären zum einen Lizenzkosten für die zentrale technologische Idee, zum anderen aber auch Implementierungskosten der Technologie. Beide Kosten müssten bei der Abwägung effizienter Politik berücksichtigt werden.

3) Die dritte Art von Technologie ist dadurch gekennzeichnet, dass die technologischen Eigenschaften selbst ganz wesentlich in das eingesetzte Kapital eingebettet sind. Der Produktionsprozess benötigt ein bestimmtes Kapital, das die technologischen Eigenschaften der Energieeffizienz aufweist. Ein Kraftwerk benötigt unter diesen Bedingungen nicht nur einen Filter im Schornstein, sondern es müsste ein anderes Kraftwerk mit einem ganz anderen Kapitalstock gebaut werden. Erst die massive Investition in physisches Kapital würde die gewünschte Verschmutzungsreduktion erzeugen. Welche dieser Eigenschaften relevant sind, wird erhebliche Auswirkungen für die Ausgestaltung der umweltpolitischen Maßnahmen haben. Es wird ganz wesentlich sowohl auf die Effizienzfrage als auch auf die Verteilungsfrage wirken. Die Bedeutung dieser verschiedenen technologischen Muster für eine effiziente Gestaltung globaler Umweltpolitik sollen im Folgenden kurz diskutiert werden.

*1) Umweltpolitik bei Blaupausen-Technologie:* Dieser Fall wäre der einfachste und am wenigsten kosten- und verteilungswirksame Fall. In diesem Fall wäre ein angemessener Umgang mit den Eigentumsrechten der Technologienutzung das einzige Problem, da diese Art von Technologie generell keine Rivalität in deren Nutzung hervorrufen würde. Das heißt, die Blaupausen-Technologie, die in einem Kraftwerk eingesetzt ist, lässt sich ohne weiteres in beliebig vielen weiteren Kraftwerken einsetzen, ohne dass man sich für die Nutzung an der einen oder anderen Stelle entscheiden muss. Daher hat diese Art von Technologie grundsätzlich eine „Öffentliche-Gut-Eigenschaft“, die nur mit geringen Kosten der Bereitstellung allen gleichermaßen und damit außerordentlich effektiv zur Verfügung stehen kann. Die optimale Strategie in diesem Fall wäre damit die Zahlung einer angemessenen Entschädigung des Staates für die bisherigen Inhaber dieser technologischen Eigentumsrechte

und dann eine kostenfreie Verfügbarkeit für alle potentiellen Nutzer. Diese Technologie stünde damit quasi, wie ein öffentliches Gut, allen potentiellen Verschmutzern kostenfrei zur Verfügung. Damit würden alle potentiellen Verschmutzungsquellen mit maximaler Wirkung reduziert. Die Kosten der angemessenen Entschädigung wären eine Verhandlungssache zwischen dem Norden, der aktuelle Besitzer dieser Technologie ist, und dem Süden. Das Ergebnis dieser Aushandlung ist aber nicht mehr Teil des Effizienzproblems, sondern Teil des noch zu besprechenden Verteilungsproblems. Das Effizienzproblem wäre mit der Entprivatisierung im Norden und der Überführung in ein globales öffentliches Gut gelöst.

2) *Die Blaupausen-Technologie bei nennenswerten Implementierungskosten:* Der zweite technologische Fall verbindet die besonders positive Eigenschaft der „Öffentlichen-Gut-Technologie“ mit der Problematik, dass diese in der Realität nicht wirklich kostenfrei zur Verfügung steht. Auch wenn der Emissionsfilter an sich nahezu kostenfrei wäre, würden der Einbau und der Umbau der entsprechenden Anlagen einen mehr oder weniger beträchtlichen Ressourceneinsatz erfordern. Damit wäre ein erhebliches Investitionsvolumen zur Implementierung erforderlich. Auch wenn es sich nur um Implementierungskosten handelt, wären eine Investitionstätigkeit und ein Kapitalaufbau erforderlich, der nicht der schlichten Produktion und Erzeugung von Konsumgütern dienen würde und für dessen Finanzierung Ressourcen bereitgestellt werden müssten. Je nachdem, wer diese Ressourcen bereitstellt, der Norden oder der Süden, würden für den einen oder anderen Belastungen entstehen. Eine Bereitstellung dieser Ressourcen durch den Süden würde eine Abschwächung des Entwicklungspfades im klassischen Sinne zur Folge haben. Die Nutzung von Ressourcen für die spezifische Verwendung der Implementierung verschmutzungsreduzierender Technologien bedeutet gleichzeitig einen Rückgang an Investitionsmöglichkeiten im klassischen Produktionsbereich. Damit nimmt die Geschwindigkeit der Kapitalakkumulation für klassische Produktionszwecke ab. Dies bedeutet aber genau auch einen Rückgang an Güterverfügbarkeit und damit eine Reduktion der Entwicklungsgeschwindigkeit im klassischen Sinn. Da die Südländer ohnehin arm sind und einen hohen Nachholbedarf an Entwicklung haben, würde dies im Widerspruch zu den ebenfalls nach wie vor gültigen Millenniums-Zielen der UNO zur Entwicklung des Südens stehen. Die zweite Möglichkeit der Ressourcenbereitstellung wäre eine Bereitstellung durch den Norden. Die Ressourcenbereitstellung durch den Norden wäre auf jeden Fall mit einem Realtransfer vom Norden in den Süden verbunden. Auch wenn die entsprechenden Investitionsgüter oder Implementierungsarbeiten durch den Norden selbst durchgeführt würden und damit sogar das Produktions- und Beschäftigungsziel im Norden positiv berührt wäre, müsste die Finanzierung dieser Produktion und des Ressourceneinsatzes nach wie vor aufgebracht werden. Dies bedeutet, dass vor dem Realtransfer in den Süden nur eine irgendwie geartete Steuer die Finanzierung dieses Realtransfers in den Süden gewährleisten kann. Auch wenn der Norden potentiell die entsprechende Technologie mit den Implementationsmaßnahmen physisch liefern würde, bedeutet die Finanzierung dieser Kosten immer eine Reduktion von Ressourcen, die für klassische Konsumzwecke verfügbar bleiben. Damit könnte zwar der physische Produktions- und Wachstumspfad im klassischen Sinne aufrecht erhalten oder sogar beschleunigt werden, der Konsumpfad dagegen würde genau um diese Ressourcenumlenkung reduziert. Im Klartext würde der Nordstaat mit Steuermitteln bei der

eigenen Wirtschaft die Implementierung einkaufen und sie dann an die Südwirtschaft verschenken. Durch die so erfolgte Besteuerung steht den privaten Haushalten in der Nordwirtschaft weniger Einkommen zur Verfügung und das so freigesetzte Einkommen wird in die effiziente Implementierung der verschmutzungsschonenden Technologie im Süden mithilfe der besten Produktionsprozesse des Nordens investiert.

Wie aus beiden Szenarien erkennbar ist, wird, sobald Implementierungskosten anfallen, ein Wohlstandsverlust durch Reduktion der Verfügbarkeit klassischer Konsumgüter entweder im Süden oder im Norden entstehen. Klimaschutz hat also, außer im Idealfall der reinen öffentlichen Gütertechnologie, klare Kosten. Allerdings und dies ist ja bereits oben deutlich herausgearbeitet worden, stehen diesen Kosten die Wohlstandsgewinne der Vermeidung der Erderwärmung gegenüber. Diese Kosten sind also nichts anderes als die sinnvolle (weil effiziente) Investition in die Vermeidung der Schäden der Erderwärmung. Es muss im Süden und im Norden ein Bewusstsein darüber entstehen, dass diese Kosten vorhanden sind und dass es sinnvoll ist, diese Schadensvermeidungskosten auch zu tragen.

3) *Technologie ist substantieller Teil des Kapitalgutes*: Dieses dritte technologische Szenario ist das problematischste. In diesem Fall ist Technologie nicht im aktuellen Kapitalstock implementierbar. Die Technologie ist direkt eingebettet in das Kapitalgut. Dies bedeutet, der aktuelle Kapitalbestand ist technologisch nicht nachrüstbar, sondern es muss ein ganz neuer oder ein paralleler Kapitalbestand mit den entsprechenden verschmutzungseffizienten Technologien aufgebaut werden. Gedanklich ist dies vorstellbar, wie die Diskussion des Falls 2, mit dem Unterschied, dass nun die Implementierungskosten nicht einmal zu zahlen sind, sondern immer wieder Bestandteil des zu akkumulierenden neuen Kapitalbestands sind. Dies ändert nichts an der Tatsache, dass nach wie vor bei abnehmender Grenzeffizienz des verschmutzungseinsparenden Technologiekapitalstocks Einsparungen zunächst im Süden vorgenommen werden sollten. Aus Effizienzgründen ist dies nach wie vor die billigste Maßnahme. Der entscheidende Unterschied ist jedoch im Ausmaß der damit verbundenen Kosten zu sehen. Damit gilt im Prinzip eine ähnliche Argumentation, wie im zuvor diskutierten Fall der Implementierungskosten. Allerdings sind diese Kapitalakkumulationskosten vermutlich erheblich höher. Die Fragen der Aufbringung dieser Kosten lassen sich damit genauso beantworten, wie in der Diskussion des vorangegangenen Abschnitts. Soll der verschmutzungseffiziente Kapitalstock im Süden implementiert werden und bringt der Süden die dafür erforderlichen Ressourcen auf, stehen diese Ressourcen nicht mehr für traditionellen Produktions- und Entwicklungsprozesse zur Verfügung. Der Süden hätte eine Einbuße im Konsumwachstumspfad. Gleiches gilt nach wie vor für den Norden. Soll ein Realtransfer in den Süden vom Norden stattfinden und sollen verschmutzungseffiziente Investitionsgüter einen verschmutzungseffizienten Kapitalstock im Süden aufbauen, so werden diese Investitionsgüter wegen des technologischen Vorsprungs des Nordens aus dem Norden kommen müssen. Produktion und Beschäftigung werden daher im Norden einen Nachfrageschub erhalten. Die Finanzierung dieses Nachfrageschubs bleibt aber die zentrale Problemstellung. Bei einem faktischen realen Ressourcentransfer müsste ähnlich, wie im obigen Beispiel, die Nordregierung Steuern erheben, um die effizienten Investitionsgüter des Nordens zu kaufen und sie dann als Transferleistung an den Süden zu

verschenken. Die Erhebung dieser Steuern würde selbstverständlich die privaten Einkommen des Nordens reduzieren und damit den Konsumpfad des Nordens negativ beeinflussen. Dennoch wäre dies ein Wohlstandsgewinn, da der Aufbau des verschmutzungseffizienten Kapitalstocks im Süden die Kosten der Klimaerwärmung überkompensiert und somit trotz Reduktion des klassischen Konsumpfades ein Wohlstandsgewinn entstehen würde.

Während die gerade beschriebene Diskussion deutlich macht, dass eine effiziente Lösung des globalen Umweltproblems im Prinzip möglich wäre, weist die Diskussion ebenfalls klar darauf hin, dass für eine effiziente Lösung ein Ressourcenaufwand erforderlich ist, der vom Staat organisiert werden müsste. Wenn ein vollständiger globaler Karbon-Markt im nächsten Jahrzehnt entwickelt würde und somit der Temperaturanstieg unter 3°C gehalten werden könnte, würde nach Schätzungen der OECD eine solche Maßnahme ca. 0,1% des durchschnittlichen Welt-BIP-Wachstums zwischen 2012 und 2050 kosten.<sup>14</sup> Wegen der auch hier vorhandenen großen Unsicherheiten gibt es jedoch auch in dieser Hinsicht starke Unterschiede bei den Abschätzungen. Nach Ansicht der UNFCCC (2007) besteht ein Investitionsbedarf von mehr als 200 Mrd. US\$ jährlich, um bis 2030 die globale Emission von Treibhausgasen auf das aktuelle Niveau zu drosseln. Das Intergovernmental Panel on Climate Change schätzt diese Kosten auf etwa 3% des Bruttoinlandsproduktes der Welt (IPCC (2007)).<sup>15</sup> Mit dem Ressourceneinsatz verbunden ist ein Finanzierungsproblem,<sup>16</sup> das auch eine massive Verteilungskomponente hat. Die Frage ist also nicht nur die, ob es eine effiziente Lösung gibt, sondern, wie das angekoppelte Verteilungsproblem der zu tragenden Lasten gerecht gelöst werden kann. Wichtig an dieser Stelle ist bereits, dass beide Probleme, das Effizienzproblem und das Problem einer gerechten Lastenverteilung, voneinander entkoppelt diskutiert werden können. Und, dass das Bekenntnis zu einer Reduktion der Klimaerwärmung auf jeden Fall mit einer Reduzierung des klassischen Konsumpfades verbunden sein muss, solange keine idealtypische frei verfügbare „Öffentliche-Gut-Technologie“ eingesetzt werden kann.

#### 4. Das globale Verteilungsproblem: Gerechte Verteilung der Lasten wirksamer Klimapolitik

Da die Diskussion des Effizienzproblems zu dem Ergebnis geführt hat, dass aller Voraussicht nach erhebliche Implementierungs-, wenn nicht gar akkumulative Investitionskosten für eine wirksame Reduzierung der Emissionen erforderlich sind, stellt sich in einem letzten, aber umso wichtigeren Schritt die Frage der Lastenverteilung dieser Kosten.<sup>17</sup> Dieses Problem ist besonders drastisch, da es zwei Komponenten beinhaltet, die eine Lösung besonders schwierig machen. Erstens, es gibt keine Weltregierung, die in der Lage wäre, wie auch immer geartete sinnvolle Maßnahmen im Weltmaßstab zu beschließen und insbesondere auch durchzusetzen. Daher betrifft die Implementierungsdiskussion eher Maßnahmen im Rahmen

---

<sup>14</sup> Vgl. OECD (2009b).

<sup>15</sup> Diese Angaben sind entnommen aus Ott et al. (2009) S.11.

<sup>16</sup> Für eine Diskussion über die Finanzierung siehe z.B. Ott et al. (2009) und Harmeling et al. (2009).

<sup>17</sup> Vorschläge hierzu werden diskutiert z.B. von Watanabe (2008), Harmeling et al. (2009).



der internen Klimastrategien von Ländern.<sup>18</sup> Zweitens, die massive Asymmetrie und Heterogenität der Welt, die bereits oben angedeutet worden ist, erschwert die Bewertung, was eine „gerechte“ Lastenverteilung ist, erheblich. Während das erstbenannte Problem, nämlich die Notwendigkeit einer koordinierten, abgestimmten Aktivität zur Erreichung einer effizienten Lösung, bereits kaum im Bewusstsein der Politik wahrgenommen wird, wird die Bedeutung des zweiten Elements noch stärker unterschätzt. Daher soll die nachfolgende Diskussion insbesondere auf diese zweite Komponente eingehen. Das Verteilungsproblem hat eine inter- und intragenerationale Problematik.

*[Hier Abbildung 7 einfügen: a) CO<sub>2</sub> pro Kopf Emissionsstrom Nord versus Süd, b) CO<sub>2</sub> pro Kopf akkumulierte Emission Nord versus Süd*

Die *intragenerationale* Problematik: Wie in Abschnitt 2 bereits beschrieben, bestehen große Unterschiede in den aktuellen Entwicklungs- und Einkommensniveaus. Im weltwirtschaftlichen Maßstab wird zum Beispiel von der UNO eine klare Zielsetzung hinsichtlich der Bekämpfung von Armut und der Entwicklung der bisher wenig oder gar nicht entwickelten Länder benannt. Wenn damit ein gemeinsames Ziel zum Nutzen der gesamten Weltbevölkerung verfolgt wird, stellt sich selbstverständlich bei der Diskussion der Lastenübernahme die Frage, nach welchem Verteilungsprinzip diese geregelt werden soll.

1. Nach dem Leistungsfähigkeitsprinzip müssten die Lasten wegen der erheblichen EK-Unterschiede pro Kopf überwiegend oder gar vollständig vom Norden übernommen werden. Dies bedeutete eine massive Steuererhöhung und den oben beschriebenen Transfer zugunsten der Südländer. 2. Nach dem Prinzip der egalenden Verteilung auf die Nutznießer müsste unter der Annahme, dass potentiell alle gleichermaßen betroffen sind, eine weltweite Kopfsteuer erhoben werden. Faktisch wäre diese jedoch gar nicht umsetzbar, da große Teile der Welt mangels Einkommen gar nicht in der Lage wären, diese Pro-Kopf-Steuer zu entrichten. Sie würde auch in eklatanter Weise das Prinzip der Leistungsfähigkeit verletzen. 3. Das dritte Prinzip ist das Egalitätsprinzip bezogen auf die Verursacher der Verschmutzung. Hiervon wäre insbesondere der Norden betroffen, da er absolut gesehen nach wie vor ein sehr hohes Emissionsniveau hat. Aber auch der Süden wäre insbesondere mit den erfolgreichen Schwellenländern, wie China, Indien, Indonesien oder Brasilien betroffen (Abb. 5a). Bei einer pro Kopf berechneten Egalität, die bei einer Gleichbehandlung der Individuen selbstverständlich zu Grunde zu legen ist, würden sich jedoch die Belastungsanforderungen an die Südländer erheblich reduzieren, da der Norden pro Kopf nach wie vor erheblich stärker verschmutzt als der Süden (Abb. 7a). Die Belastungsanforderungen an die Südländer würden sich auch dann weiter vermindern, wenn man die, in ökonomischen Modellen (siehe Anhang 1 und 2) üblichen, abnehmenden Grenznutzen des Konsumeinkommens unterstellt. In diesem Kontext wären die Grenznutzen des Konsums im Süden durch deren erheblich niedrigere Pro-Kopf-Einkommen erheblich höher, als die Grenznutzen des Konsumeinkommens im Norden. Damit sind die Opportunitätskosten der Ressourcenbeschaffung im Süden deutlich höher als die im Norden. Auch dies würde zu einer klaren und massiven zusätzlichen Belastung des Nordens im Vergleich zum Süden führen.

---

<sup>18</sup> Vgl. OECD (2009a), auch wenn OECD (2009b) die Möglichkeiten internationaler Kooperation und Hilfe einschließt, werden keine global koordinierten Programme diskutiert.

Während die beschriebenen Verteilungsregeln bisher allesamt auf die aktuellen Emissionen und damit auf die Situation der jetzt lebenden Weltbevölkerung bezogen sind, also innerhalb einer Generation (intragenerational), hat das tatsächliche Verteilungsproblem eine weitere wichtige Dimension. Diese zweite Dimension ist die *intergenerationale* Verteilung. Ein Blick auf die Emissionsbestände in Abbildung 5b macht diese Problematik noch einmal sehr deutlich. Das im Anhang beschriebene Modell ist bewusst als ein emissionsbestandsakkumulierendes Modell beschrieben worden. Die aktuelle Klimaerwärmung und Verschmutzungsproblematik ist durch die Trägheit der Emissionen und deren Wirkungen auf das Klima nahezu ausschließlich durch die Aktivitäten der Nordländer entstanden. Nur ca. 20% der akkumulierten Emissionen sind auf China oder andere Aktivitäten von Südländern zurückzuführen. Dies wird noch drastischer erkennbar, wenn die akkumulierte Verschmutzung pro Kopf betrachtet wird (Abb. 7b). Damit ist der aktuelle Handlungsbedarf ausschließlich dem Verursacher Norden zuzurechnen. Auch wenn eine effiziente Lösung des Gesamtproblems nicht ohne den Süden möglich sein wird, ist bei der Frage der gerechten Verteilung der Lasten der Klimaschutzinvestitionen das intergenerationale Verteilungsproblem klar zu berücksichtigen. Während die früheren Generationen des Nordens kostenfrei verschmutzen konnten und damit auch ihre Entwicklung ohne Berücksichtigung der Verschmutzung und der Belastungen späterer Generationen durchführen konnten, wird der Süden nun, obwohl nach wie vor unterentwickelt, potentiell bei der Schadensbeseitigung und -verhinderung mit belastet. Dieses intergenerationale Gerechtigkeitsproblem ist im Süden stark im Bewusstsein verankert und wird daher auch Bestandteil einer globalen Lösung sein müssen. Mit welchem konkreten Instrumentarium, Pigousteuer (Ökosteuer) oder Zertifikatehandel, eine globale Umweltpolitik umgesetzt werden soll, ist noch offen und auch sicherlich von praktischen und technischen Problemen abhängig. Sicher wird jedoch sein, dass Steuern nur so erhoben werden, wie es die Gerechtigkeitsempfindung hinsichtlich der intra- und intergenerationalen Verteilung zulässt. Ähnlich werden auch Umweltzertifikate nur so verteilt werden können, dass sowohl die inter- als auch intragenerationale Verteilungsgerechtigkeit bei der Zuteilung der Zertifikate berücksichtigt wird. Die Asymmetrien dieser Welt, sowohl innerhalb der aktuellen Generation als auch zwischen den Generationen des Südens und des Nordens, stellen das Hauptproblem bei der effizienten und gerechten Lösung des Klimaproblems dar.

## 5. Zusammenfassende Ergebnisse

Die Gestaltung einer globalen Klimaschutzpolitik ist in erster Linie ein zentrales ökonomisches Problem. Ziel muss eine effiziente globale Strategie mit einer gerechten Lastenverteilung sein. Dabei sollte zunächst nach einer erst besten Lösung gesucht werden, bevor erst dann, wenn diese beste Lösung nicht umsetzbar ist, alternative Lösungen in Betracht zu ziehen sind. Ein wesentliches Problem bei der Suche nach einer effizienten und gerechten Klimapolitik sind die massiven ökonomischen und technischen Asymmetrien zwischen dem reichen und fortgeschrittenen Norden und dem weitgehend weniger entwickelten und ärmeren Süden.

Die erste und wichtigste Erkenntnis für eine effiziente Politik lautet: Die Verschmutzungsreduktion muss dort beginnen, wo sie am leichtesten (mit geringstem Aufwand) erfolgen kann. Wenn in Entwicklungs- und Schwellenländern (Süden) mit geringer Energieeffizienz mit einfachen Mitteln und geringem Ressourceneinsatz am meisten Verschmutzung vermieden werden kann sollte dort am stärksten investiert werden. Der entwickelte Norden dagegen hätte einen hohen Aufwand die bereits effizienten Technologien weiter zu verbessern. Die daher, aus Weltweit effiziente Maßnahme wäre, den Süden solange mit effizienzverbessernder Technologie auszustatten, bis ein ähnliches Grenzeffizienzniveau wie im Norden erreicht wäre.

Für die Frage gerechten globalen Lastenverteilung gilt: Da der ganz überwiegende Teil der historisch akkumulierten und heute Klima verändernd wirkenden Gesamtverschmutzung vom Norden verursacht wurde, würde das Verursacherprinzip und das Leistungsfähigkeitsprinzip einen ganz überwiegenden Teil der Lastenübernahme dem Norden zuordnen.

## **Literatur**

Baumol, W.J.; Oates, W.E. (1971): The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment, *Swedish Journal of Economics*, 73, 42-54.

Baumol, W.J.; Oates, W.E. (1988): *The theory of environmental policy*, 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge.

Bommer, R.; Schulze, G.G. (1999): Environmental improvement with trade liberalization, *European Journal of Political Economy*, 15, 639-661.

Cansier, D. (1996): *Umweltökonomie*, 2. Auflage, UTB für Wissenschaft, Lucius & Lucius, Stuttgart.

Carbon Dioxide Information Analysis Center (2009).

Christiansen, A.C.; Arvanitakis, A.; Tangen, K.; Hasselknippe, H. (2005): Price determinants in the EU emissions trading scheme *Climate Policy*, 5, 15-30.

Convery, F.J. (2009): Reflections-The Emerging Literature on Emissions Trading in Europe, *Review of Environmental Economics and Policy*, 3, 121-137.

Dales, J.H. (1968): *Pollution, Property and Prices*, University of Toronto Press, Toronto.

Dorn, R. (1996): *Effizienz umweltpolitischer Instrumente zur Emissionshinderung. Technische und ökonomische Kriterien*. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Farzin, Y.H. (1996): Optimal pricing of environmental and natural resource use with stock externalities, *Journal of Public Economics*, 62, 31-57.

Giraudet, L.-G.; Quirion, P. (2008): Efficiency and Distributional Impacts of Tradeable White Certificates Compared to Taxes, Subsidies and Regulations, *Fondazione Eni Enrico Mattei, Nota di lavoro 88.2008, International Energy Markets*.

Gries, T. (1995): *Wachstum, Humankapital und die Dynamik der komparativen Vorteile*, Tübingen 1995.

Gries, T.; Jungblut, S. (1997a): Catching-up and Structural Change, *Economia Internazionale*, Vol. 50, No. 4, 3-24.

Gries, T.; Jungblut, S. (1997b): Catching-up of Economies in Transformation, in: Welfens, P.J.J.; Wolf, H.C. (1997), *Banking, International Capital Flows and Growth in Europe*, Springer, 297-311.

Guruswamy Babu, P.; Kavi Kumar, K.S.; Murthy, N.S. (1997): An overlapping generations model with exhaustible resources and stock pollution, *Ecological Economics*, 21, 35-43.

Harmeling, S.; Bals, C.; Sterk, W.; Watanabe, R. (2009): *Funding Sources for International Climate Policy*, Briefing Papers, März 2009.

Hoel, M.; Karp, L. (2002): Taxes versus Quotas for a stock pollutant, *Resource and Energy Economics*, 24, 367-384.

International Energy Agency (2009).

Lieb, C.M. (2004): The Environmental Kuznets Curve and Flow versus Stock Pollution: The Neglect of Future Damages, *Environmental & Resource Economics*, 29, 483-506.

Malthus, T. R. (1798): *An essay on the principle of population*, Neue Auflage, Flew, A. (1970) (Hrsg.), Baltimore, Penguin Books.

Milanovic, B.; Yitzhaki, S. (2002): Decomposing world income distribution: does the world have a middle class?, *Review of Income and Wealth*, Series 48, Number 2.

Neary, J.P. (2006): International Trade and the Environment: Theoretical and Policy Linkages, *Environmental & Resource Economics*, 33, 95-118.

OECD (2005): *Bridge Over Troubled Water*.

OECD (2009a): *Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation*.

OECD (2009b): *The Economics of Climate Change Mitigation - Policies and Options for Global Action beyond 2012*.

Oikonomou, V.; Jepma, C.; Becchis, F.; Russolillo, D. (2008): White Certificates for energy efficiency improvement with energy taxes: A theoretic economic model, *Energy Economics*, 30, 3044-3062.

Ott, H.; Mersmann, F.; Sterk, W.; Watanabe, R; Wegmann, B.; Curtius, H. (2009): Internationale Finanzmittel für den Klimaschutz, *Wuppertal Papers*, Nr. 181, Juni 2009.

Penn World Table (2009).

Perman, R.; Ma, Y.; McGilvray, J.; Common, M. (2003): *Natural Resource and Environment Economics*, third edition, Pearson Education Limited, Essex.

Pigou, A.C. (1920): *The economics of welfare*, McMillan, London.

Rose, A., Stevens, B., Edmonds, J., Wise, M. (1998): International Equity and Differentiation in Global Warming Policy, An Application to Tradeable Emission Permits, *Environmental and Resource Economics*, 12, 25–51.

Stern, N. (2006): *The Economics of Climate Change*, The Stern Review, Cambridge.

Xabadia, A.; Goetz, R.U.; Zilberman, D. (2005): Control of accumulating stock pollution by heterogeneous producers, *Journal of Economic Dynamics & Control*, 30, 1105-1130.

Xabadia, A.; Goetz, R.U.; Zilberman, D. (2008): The Gains from Differentiated Policies to Control Stock Pollution When Producers are Heterogeneous, *American Journal of Agriculture Econims* 90(4), 1059-1073.

## 6. Anhang

### Anhang 1: Eine homogene Welt

#### Modell 1:<sup>19</sup> Optimale Umweltpolitik bei akkumulierender Verschmutzungsdynamik

##### **Repräsentative Konsumenten**

Die Welt ist homogen. Es gibt keine Unterschiede zwischen Ländern und Regionen in Gestalt unterschiedlicher Konsumenten mit entsprechenden Präferenzen oder in Gestalt unterschiedlicher Produzenten und Technologien. Damit gibt es nur einen repräsentativen Konsumenten, der aus dem Weltprodukt  $C$  konsumiert. Die Umweltverschmutzung ist global

---

<sup>19</sup> Dieses Modell basiert im Wesentlichen auf den Darstellungen bei Perman et al. (2003), Kapitel 16. Für weitere theoretische Modelle siehe z.B. Farzin (1996), Lieb (2004). Für eine Diskussion in einem OLG-System siehe Guruswamy Babu/Kavi Kumar/Murthy (1997).

und die daraus entstehenden Umweltschäden  $E$  müssen vom repräsentativen Konsumenten (innerhalb seiner Nutzenentscheidungen  $U(C, E)$ ) ertragen und berücksichtigt werden. Der Wohlstand in der Welt ist unter Berücksichtigung auch zukünftiger Generationen beschrieben durch

$$W = \int_0^{\infty} U(C, E) e^{-\rho t} dt \quad U_C > 0 \quad U_E < 0.$$

## Umweltschäden

Die Umweltschäden  $E$  entstehen durch den Verbrauch fossiler Rohstoffe  $R$  und in Kombination mit dem bereits erreichten Zustand an Umweltverschmutzung  $A$ .

$$E = E(R, A) \quad E_R > 0, \quad E_A > 0$$

## Produktion

Produziert wird das aggregierte Gut  $Q$  mit den Produktionsfaktoren erschöpfbare Ressource  $R$  und akkumulierbares Kapital  $K$ . Die Umweltschäden  $E$  wirken zu einem Teil direkt als negative Externalität auf den Produktionsprozess

$$Q = Q(R, K, E), \quad Q_R > 0, \quad Q_K > 0, \quad Q_E < 0$$

## Schadensbeseitigungstechnologie

Die Schadensbeseitigung ist nicht Schadensvermeidung. Während die Schadensvermeidungstechnologie direkt zur Verminderung der Entstehung des Schadens beiträgt, ist die Schadensbeseitigungstechnologie  $F$  in der Lage, einen entstandenen Schaden zu reduzieren. Da  $V$  die eingesetzten Kosten der Schadensbekämpfung sind, verbessert sich die Schadensbeseitigung mit stärkeren Anstrengungen

$$F = F(V) \quad F_V > 0$$

## Ressourcenbestand und Verschmutzungsbestand

Der Ressourcenbestand  $S$  nimmt mit der Entnahme und dem Verbrauch im Produktionsprozess  $R$  ab.

$$\dot{S} = -R$$

Der Verschmutzungsbestand z.B. (CO<sub>2</sub> Bestand) ändert sich mit den Verschmutzungszuwachs durch den aktuellen Verbrauch  $M(R)$  abzüglich des natürlichen Abbaus durch Regeneration mit der Regenerationsrate  $\alpha$  und abzüglich der beseitigten Schäden durch die Schadensbeseitigungstechnologie.

$$\dot{A}(t) = M(R) - \alpha A - F(V)$$

$$A(t) = \int_0^t (M(R) - \alpha A - F(V)) d\tau$$

## Budgetrestriktion des Konsumenten

Da beide Regionen bis auf den gemeinsamen Verschmutzungszusammenhang völlig getrennt sind, haben beide auch getrennte Akkumulations- und Konsumententscheidungen.

$$\dot{K} = Q - C - V$$

## Optimales Kontrollproblem und Lösung:

### Gegenwartswert Hamilton-Gleichung:

Ein weltweites Optimierungsproblem wird durch einen fiktiven Weltplaner gelöst

$$H = U(C, E) + P(-R) + \omega[Q(R, K, E) - C - V] + \lambda[M(R) - \alpha A - F(V)]$$

### Bedingungen erster Ordnung:

Konsum- und Akkumulationsbedingung :

$$\frac{\partial H}{\partial C} = U_C - \gamma_b = 0.$$

Ressourcennutzung:

$$\frac{\partial H}{\partial R} = U_E E_R - U_E E_R - P + \gamma_Q R - \gamma_M M_R = 0$$

Verschmutzungsäuberung:

$$\frac{\partial H}{\partial V} = \gamma_b - \gamma_V = 0$$

Schattenpreisentwicklungen:

$$\dot{P} = -\frac{\partial H}{\partial S} + \rho P \Leftrightarrow \dot{P} = \rho P$$

$$\dot{\omega} = -\frac{\partial H}{\partial K} + \rho \omega \Leftrightarrow \dot{\omega} = \rho \omega - Q_K \omega$$

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial A} + \rho \lambda \Leftrightarrow \dot{\lambda} = \alpha \lambda + \rho \lambda - U_E E_A$$

Aus diesen Bedingungen erster Ordnung lassen sich die für das jeweilige Problem optimalen Politikstrategien entwickeln. Dies soll insbesondere für den Preispfad der Ressource geschehen. Insbesondere ist der korrigierte Preispfad ( $P^{net}$ ) bei einer weltweit optimalen Steuerung darzustellen:

$$P^{net} = \gamma_Q R - P - U_E E_R - U_E E_R - \gamma_M M_R$$

Ergebnis einer effizienten Weltpolitik könnte eine Ressourcenverbrauchssteuer sein, die auf die Ressourcenverwendungen erhoben wird. Diese Steuer umfasst die Komponenten  $-U_E E_R - U_E E_R - \gamma_M M_R$ . Anstelle einer Steuer könnte auch die Ausgabe von Zertifikaten mit entsprechender optimaler Knappheit den Preis auf dieses optimale Niveau anheben. Zertifikat und Steuerlösung wären im Prinzip auch effizient, sofern die Informations- und Transaktionskosten nicht wesentlich unterscheiden.

## Anhang 2: 2 asymmetrische Regionen

### Modell 2:<sup>20</sup> Optimale Umweltpolitik bei akkumulierender und asymmetrischer Verschmutzungsdynamik

#### Repräsentative Konsumenten in 2 Weltregionen

Die Welt besteht aus 2 Weltregionen, dem einkommensstarken und technologisch fortgeschrittenen Norden und dem einkommensarmen und technologisch rückständigen Süden. Beide Regionen produzieren und konsumieren getrennt, die einzige gemeinsame Nutzung besteht in der Nutzung der gemeinsamen Umwelt (Atmosphäre). Damit gibt es einen repräsentativen Konsumenten der das Süd-Produkt konsumiert  $C^S$  und einen der das Nord-Produkt konsumiert  $C^N$ . Die Umweltverschmutzung ist global und die daraus entstehenden Umweltschäden  $E$  müssen beide gleichermaßen ertragen

$$U^N = U(C^N, E) \quad U_{C^N} > 0 \quad U_E < 0,$$

$$U^S = U(C^S, E) \quad U_{C^S} > 0 \quad U_E < 0.$$

Der Wohlstand auch unter Berücksichtigung zukünftiger Generationen in beiden Weltregionen ist damit

$$W^N = \int_0^{\infty} U(C^N, E) e^{-\rho t} dt$$

$$W^S = \int_0^{\infty} U(C^S, E) e^{-\rho t} dt$$

#### Umweltschäden

Die lokalen Umweltschäden  $E^i$  entstehen durch den lokalen Verbrauch fossiler Rohstoffe  $R^i$  und in Kombination mit dem bereits erreichten Zustand an Umweltverschmutzung  $A$ . Da der Norden weiter entwickelt ist, wird angenommen dass er dank besserer Technologie weniger verschmutzt als der Süden. Dieses Verschmutzungsdifferential kann zur Vereinfachung des Modells auch so interpretiert werden, dass der Norden gar nicht mehr verschmutzt, während der Süden dies tut. Auch wenn dies natürlich nicht die Realität wiedergibt, pointiert diese extreme Darstellung jedoch die Asymmetrie zwischen Norden und Süden, deren Auswirkungen hier herausgearbeitet werden sollen, besonders gut.

$E^N = 0$  d.h. saubere Technologie im Norden

$$E = E^S = E^S(R^S) + E(A) \quad E_R^S > 0, \quad E_A > 0$$

#### Produktion

Produziert wird das aggregierte Gut  $Q$  mit den Produktionsfaktoren erschöpfbare Ressource  $R$  und akkumulierbares Kapital  $K$ . Die asymmetrischen Bedingungen spiegeln sich auch im Produktionsprozess wider. Während die Filtertechnologien im Norden im Extremfall keinerlei direkte negative Rückwirkung auf den eigenen lokalen Produktionsprozess  $Q^N$  steht, wirken die lokal erzeugten Umweltschäden im Süden  $E^S$  als negative Externalität auf den eigenen

<sup>20</sup> Die Berücksichtigung heterogener Agenten bei akkumulierenden Verschmutzungsbeständen ist nur in wenigen Beiträgen diskutiert. Vgl. hierzu z.B. Xabadia/Goetz/Zilberman (2005) und (2008) oder Hoel/Karp (2002).



Produktionsprozess des Südens  $Q^S$ ,

$$\begin{aligned} Q^N &= Q^N(Q^N, K^N) \\ Q^S &= Q^S(Q^S, K^S, E^S) \end{aligned}$$

### Schadensbeseitigungstechnologie

Die Schadensbeseitigung ist nicht Schadensvermeidung. Während die Schadensvermeidungstechnologie direkt zur Verminderung der Entstehung des Schadens beiträgt, ist die lokal wirkende Schadensbeseitigungstechnologie  $F^i$  in der Lage, einen entstandenen Schaden zu reduzieren. Da im Norden in dieser Modellwelt ohnehin kein Schaden entsteht, benötigt dieser auch keine Beseitigungstechnologie. Da  $V^N$  die eingesetzten Kosten der Schadensbekämpfung sind, verbessert sich die Schadensbeseitigung mit stärkeren Anstrengungen.

$$\begin{aligned} F^N &= F^N(V^N) = 0 \text{ unnötig, da keine lokal bekämpfbaren Schäden} \\ F^S &= F^S(V^S) \\ F &= F^S \end{aligned}$$

### Ressourcenbestand und Verschmutzungsbestand

Der Ressourcenbestand  $S$  nimmt mit der Entnahme und dem Verbrauch im Produktionsprozess  $R$  ab.

$$\dot{S} = -R$$

$$R = R^N + R^S$$

Der Verschmutzungsbestand z.B. (CO2 Bestand) ändert sich mit den Verschmutzungszuwachs durch den aktuellen Verbrauch  $M^S(R)$  abzüglich des natürlichen Abbaus durch Regeneration mit der Regenerationsrate  $\alpha$  und abzüglich der beseitigten Schäden durch die Schadensbeseitigungstechnologie. :

$$\begin{aligned} \dot{A} &= M^S(R) - \alpha A - F^S(V) \\ A(t) &= \int_0^t (M^S(R) - \alpha A - F^S(V)) d\tau \end{aligned}$$

### Budgetrestriktion des Konsumenten

Da beide Regionen bis auf den gemeinsamen Verschmutzungszusammenhang völlig getrennt sind, haben beide auch getrennte Akkumulations- und Konsumentenscheidungen.

$$\begin{aligned} K^N &= K^N(Q^N, C^N) \\ K^S &= K^S(Q^S, C^S, V^S) \end{aligned}$$

### Optimales Kontrollproblem und Lösung:

#### Gegenwartswert Hamilton-Gleichung:

Nord und Süd völlig getrennt, haben nur einen Berührungspunkt, nämlich die gemeinsame

Verschmutzung.

$$N) \quad H^N = U^N(C^N, E) + P(-R^N) + \omega^N [Q^N(R^N, K^N) - C^N]$$

$$S) \quad H^S = U^S(C^S, E) + P(-R^S) + \omega^S [Q^S(R^S, K^S) - C^S - V^S] + \lambda [M^S(R^S) - \alpha A - F^S(V^S)]$$

$$\begin{aligned} \text{World) } H^W &= U^N(C^N, E(R^S, A)) + U^S(C^S, E(R^S, A)) + P(-R) \\ &+ \omega^N [Q^N(R^N, K^N) - C^N] + \omega^S [Q^S(R^S, K^S) - C^S - V^S] \\ &+ \lambda [M^S(R^S, A) - \alpha A - F^S(V^S)] \end{aligned}$$

### Bedingungen erster Ordnung:

Konsum- und Akkumulationsbedingung :

$$N, S, W) \quad \frac{\partial H^i}{\partial C^i} = U_C^i = 0, \quad i \in N, S$$

Ressourcennutzung:

$$N) \quad \frac{\partial H^N}{\partial R^N} = P = \omega^N Q_{R^N} = 0$$

$$S) \quad \frac{\partial H^S}{\partial R^S} = U_E^S E_{R^S} = P = \omega^S Q_{R^S} = \lambda M_{R^S}^S = 0$$

$$W) \quad \frac{\partial H^W}{\partial R^N} = P = \omega^N Q_{R^N} = 0$$

$$W) \quad \frac{\partial H^W}{\partial R^S} = U_E^S E_{R^S} = U_E^N E_{R^S} = P = \omega^S Q_{R^S} = \lambda M_{R^S}^S = 0$$

Verschmutzungsäuberung:

N) keine Schadensbeseitigung, da keine lokal entstandene Verschmutzung

$$S, W) \quad \frac{\partial H^i}{\partial V^S} = -\omega^S - \lambda F_V^S = 0$$

Schattenpreisentwicklungen:

$$P = \frac{\partial H^i}{\partial R^i} = \omega^i Q_{R^i}, \quad P = U_E^S E_{R^S}$$

$$\omega^N = \frac{\partial H^N}{\partial R^N} = \omega^S Q_{R^N}, \quad \omega^N = \omega^S Q_{R^N}$$

$$\omega^S = \frac{\partial H^S}{\partial R^S} = \omega^S Q_{R^S}, \quad \omega^S = \omega^S Q_{R^S}$$

$$P = \frac{\partial H^i}{\partial R^i} = U_E^S E_{R^S}, \quad P = U_E^S E_{R^S}$$

Aus diesen Bedingungen erster Ordnung lassen sich die für das jeweilige Problem optimalen Politikstrategien entwickeln. Dies soll insbesondere für den Preispfad der Ressource geschehen. Dabei sollen 3 Schritte die Abstufungen hin zu einer optimale Problemlösung des Gesamtsystems aufzeigen:

## 1. Preisfad im Norden und im Süden ohne Berücksichtigung der Verschmutzung:

Bei diesen Diskussionen ist immer klar, dass der Norden (unrealistischer Weise) nicht verschmutzt, dies aber zur Pointierung der Effekte der Asymmetrien angenommen wird.

$$\begin{aligned}
 N) \quad & \frac{P^N}{R^N} = P = \omega^N Q_{R^N}^N \\
 S) \quad & \frac{P^S}{R^S} = U_E^S E_{R^S} = P = \omega^S Q_{R^S}^S = \lambda M_{R^S}^S
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N) \quad & P = \omega^N Q_{R^N}^N \\
 S) \quad & P^{net,S} = \omega^S Q_{R^S}^S = P
 \end{aligned}$$

## 2. Preisfad bei ausschließlicher Perspektive des Südens

$$\begin{aligned}
 N) \quad & \frac{P^N}{R^N} = P = \omega^N Q_{R^N}^N \\
 S) \quad & \frac{P^S}{R^S} = U_E^S E_{R^S} = P = \omega^S Q_{R^S}^S = \lambda M_{R^S}^S
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N) \quad & P = \omega^N Q_{R^N}^N \\
 S) \quad & P^{net,S} = \omega^S Q_{R^S}^S = P - U_E^S E_{R^S} - \lambda M_{R^S}^S
 \end{aligned}$$

## 3. Preisfad bei Weltperspektive, optimale Preisgestaltung für die Welt:

$$\begin{aligned}
 W) \quad & \frac{P^W}{R^N} = P = \omega^N Q_{R^N}^N \\
 W) \quad & \frac{P^W}{R^S} = U_E^S E_{R^S} = U_E^N E_{R^S} = P = \omega^S Q_{R^S}^S = \lambda M_{R^S}^S
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N) \quad & P = \omega^N Q_{R^N}^N \\
 S) \quad & P^{net,S} = \omega^S Q_{R^S}^S = P - U_E^S E_{R^S} - U_E^N E_{R^S} - \lambda M_{R^S}^S
 \end{aligned}$$

Ergebnis einer effizienten Weltpolitik könnte eine Ressourcenverbrauchssteuer sein, die nur auf die Ressourcenverwendungen im verschmutzenden Süden erhoben wird. Diese Steuer umfasst die Komponenten  $U_E^S E_{R^S} = U_E^N E_{R^S} = \lambda M_{R^S}^S$ . Allerdings hat diese Preissegmentierung einen erheblichen Anreiz zur illegalen Arbitrage (Schmuggel), der wiederum nur mit erheblichem Kostenaufwand verhindert werden könnte. Daher wäre eine alternative, schmuggelfreie Lösung eine Ressourcenquellensteuer. Bei dieser Variante würde der Norden ebenfalls den korrigierten Ressourcenpreis des Südens Zahlen. Damit wäre der Preis im Norden, gemessen an den schädigenden Effekten, zu hoch und die Ressourcennutzung wäre im Norden zu sehr eingeschränkt.