

## Die Klimapolitik bringt die Wissenschaft an ihre Grenzen

### Die Herausforderung des Kyoto-Protokolls für die Ökologie

Von Andreas Fischlin und Jürg Fuhrer\*

An der Klimakonferenz nächste Woche in Den Haag sollen die offenen Fragen des Kyoto-Protokolls so geregelt werden, dass es von den Industriestaaten ratifiziert werden kann. Die Ökologie ist damit vor grosse Probleme gestellt. Sie muss Arten der Bewirtschaftung von Wald und Feld bezüglich Klimarelevanz quantitativ bewerten.

Nicht nur der Ausstoss von etwa 6 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (GtC) jährlich durch den Verbrauch fossiler Brennstoffe und die Zementproduktion führt zu einem Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre. Auch Abholzungen und Übernutzung von Wäldern, undichte Erdgasleitungen, Kehrlichtdeponien, Kohleflözbrände, Reisanbau, Trockenlegung von Feuchtgebieten, Viehhaltung und Ackerbau führen zu Kohlendioxid-, Methan- und Lachgasemissionen. Total ergibt sich damit eine Emission, die einer Treibhausgaswirkung von rund 10 GtC pro Jahr entspricht. Das Kyoto-Protokoll sieht nun vor, dass die Industriestaaten ihre Emissionen gegenüber dem Jahr 1990 reduzieren müssen (siehe Kasten). Dabei können diese Reduktionsziele nicht nur mit Emissionsminderungen, sondern ergänzend auch durch Einbindung von Kohlenstoff (C) aus der Atmosphäre in terrestrischen Ökosystemen erreicht werden – durch sogenannte durch Menschen veranlasste C-Sequestrierung.

#### Plötzlich im Zentrum der Politik

Jede Tonne C, die so auf Dauer der Atmosphäre entzogen wird, kann den Bedarf an Emissionsreduktionen verringern. Potenzielle C-Speicher, wie Wälder, Feuchtgebiete, Acker- und Grünlandböden, erhalten damit eine zusätzliche Bedeutung und ihre Bewirtschaftung eine neue Zielsetzung. Praktisch gilt es, erstens die grossen Mengen an C-Vorräten der Landökosysteme (sie sind fast viermal so gross wie derjenige der Atmosphäre) zu schützen, zweitens deren Aufnahmekapazität zu steigern, das heisst, sogenannte C-Senken zu schaffen, sowie drittens die Lachgasemissionen der Landökosysteme zu verringern. Wälder spielen hierbei eine besondere Rolle, nicht nur weil sie besonders grosse Mengen an C speichern, sondern weil ein Wald wesentlich mehr C enthält als eine Wiese oder ein Acker.

Die Wissenschaft hat den biologischen C-Senken, da langfristig begrenzt, bisher verhältnismässig wenig Beachtung geschenkt. Mit einem Schlag rücken sie nun ins Zentrum der klimapolitischen Diskussion. Gemäss neuesten wissenschaftlichen Abschätzungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist das Potenzial in den Industrieländern grösser (zirka 1 GtC/Jahr) als die gesamten Reduktionsverpflichtungen der Industriestaaten im Rahmen des Kyoto-Protokolls (zirka 0,7 GtC/Jahr). Bis etwa 2050 soll es weltweit gar auf zirka 4 GtC/Jahr gesteigert werden können, bevor es dann an seine Erschöpfungsgrenzen stösst. Damit entsteht politischer Zündstoff, da Senken an die Stelle der Reduktion des Verbrauchs fossiler Brennstoffe treten können. Die bestehenden Unsicherheiten müssen erst noch ausdiskutiert, offene Fragen geklärt und die Modalitäten nicht nur rechtlich, sondern auch wissenschaftlich glaubwürdig festgelegt werden. Die Forschung ist also gefordert, damit Missbrauch nicht Tür und Tor geöffnet wird. Sie benötigt aber Zeit und Geld, und es besteht die Gefahr, dass der politische Wille zum Handeln die Wissenschaft überrumpelt.

Einem praktikablen, transparenten und überprüfbaren nationalen Buchhaltungssystem für Senken stehen zahlreiche Hindernisse im Weg, die nur durch wissenschaftliche Untersuchungen

und technische Entwicklungen überwunden werden können. Bedarf besteht zum Beispiel in Bezug auf das Verständnis der langfristigen Dynamik des Kohlenstoffhaushalts der Ökosysteme unter verschiedenen Bewirtschaftungsformen und der möglichen Nebeneffekte, die räumlich und zeitlich voneinander entkoppelt auftreten könnten. Gemäss Kyoto-Protokoll sind Senken sodann nur anrechenbar, wenn sie durch zusätzlich seit frühestens 1990 ergriffene Massnahmen zustande kommen. Das Protokoll erwähnt namentlich Aufforstung, Wiederaufforstung und Rodung. Die Bedeutung dieser Bezeichnungen ist in der Praxis aber nicht so eindeutig geregelt, wie dies den Anschein haben mag. Zudem hängen sie mit der Definition des Begriffs Wald zusammen.

#### Probleme bereits bei den Definitionen

Aus schweizerischer Sicht mag das erstaunen. Wenn man sich jedoch die Verhältnisse anderer Länder vor Augen hält, zum Beispiel Mexiko mit grossen Gebieten mit lockeren Baumbeständen, den sogenannten Savannen, so wird klar, dass eine genauere Auslegung nötig ist. Das Fällen eines einzigen Baumes darf nicht bereits als Landnutzungsänderung aufgefasst werden, sicherlich muss jedoch das Roden grosser Waldgebiete darunter fallen. Wie dicht müssen jedoch die Bäume stehen, und ab welcher Grösse ist ein Wald ein Wald? Das schweizerische Forstgesetz gibt hierzu eine Antwort, auf internationaler Ebene ist etwas Vergleichbares aber erst noch zu erarbeiten.

Wird Holz geerntet, so erfolgt das in vielen Ländern im Gegensatz zur Schweiz durch großflächigen Kahlschlag. Ist eine Forstwirtschaft nachhaltig, dann sollte eine geschlagene Fläche in wenigen Jahrzehnten wieder mit ähnlich vielen Bäumen bewachsen sein. Der durchschnittliche Kohlenstoffvorrat ändert sich also nicht. Trotz vorübergehendem Kahlschlag ist diese Waldnutzung also nicht mit einer klimarelevanten Landnutzungsänderung verbunden. Wald wäre – dies eine Definitionsvariante – demnach nicht einfach Wald, sondern bloss eine Fläche, die meist mit Bäumen bestockt ist und als Wald genutzt wird. Andere Definitionen berücksichtigen die menschlichen Absichten nicht und gehen bloss von der momentanen Situation aus, wie sie mittels Fernerkundung relativ leicht zu erfassen ist. Je nach Definition ergibt sich somit ein ganz anderes Bild. Wie sollen also wirkliche Landnutzungsänderungen kostengünstig, effizient und genügend genau erfasst und quantifiziert werden können? Eine heute noch ungelöste Frage. Einige Länder wie Australien sind nun im Begriff, im grossen Stil das erforderliche Wissen und dessen Umsetzung aufzubauen. Sie hoffen, dieses Know-how und entsprechende Technologien bald auch gewinnbringend exportieren zu können.

Das Kyoto-Protokoll erlaubt – vor allem im Hinblick auf spätere Erfassungsperioden – aber auch den Einbezug weiterer menschlicher Aktivitäten, die nicht mit einer Landnutzungsänderung, sondern mit neuen forst- und landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsformen innerhalb sonst gleicher Nutzung verknüpft sind. Der Artikel wurde absichtlich offen formuliert, damit Länder diese Aktivitäten selbst wählen können. In der Forstwirtschaft kommen unter anderem die Erhöhung

der Umtriebszeit und die sogenannte Verjüngung unter dem Schirm in Frage, in der Landwirtschaft die Umstellung der Bewirtschaftung auf eine bodenschonende Bearbeitung mit reduziertem Pflugeinsatz, die Umwandlung von Acker- in Grünland oder «Agroforstwirtschaft» als Kombination von Land- und Forstwirtschaft.

#### Zielkonflikte

Bei der Festlegung der Rahmenbedingungen gilt es aber auch mögliche Zielkonflikte im Auge zu behalten. Die zusätzliche C-Sequestrierung darf nicht durch eine gesteigerte Emission anderer Treibhausgase erkauft werden. Beispielsweise könnte man durch eine Steigerung der Produktivität von Acker- und Wiesenkulturen den Kohlenstofftransfer in den Boden verstärken. Wird dies durch zusätzliche Düngung und in trockenen Gebieten durch Bewässerung erreicht, so besteht aber nicht nur die Gefahr, dass Stickstoff ins Grundwasser gelangt, sondern dass insgesamt die Emission von Lachgas zunimmt. Lachgas ist als Treibhausgas im Vergleich zum Kohlendioxid jedoch 310-mal wirkungsvoller, und der positive Klimaeffekt würde damit wieder aufgehoben.

Ähnliche Konflikte gibt es im Wald. Alte Waldbestände speichern grosse Mengen an Kohlenstoff in Holz und Boden. Bei einer Umwandlung in eine jungwüchsige Plantage geht er grösstenteils verloren. Gleichzeitig nimmt die Artenvielfalt drastisch ab. In solchen Fällen leistet die bloss kurzfristig optimierte C-Speicherung keinen echten Beitrag zum Klimaschutz und ist erst noch ökologisch zweifelhaft. Stattdessen wäre dafür zu sorgen, dass Kohlenstoff wirklich dauerhaft eingebunden bleibt und nicht in die Atmosphäre zurückkehren kann. Es gilt auch die Gefahr widersinniger Anreize abzuwenden, zum Beispiel zur «rechtzeitigen» Rodung vor 2008, um dann während der Verpflichtungsperiode mit schnellwüchsigen Plantagen aufzuforsten.

Das neue Ziel einer Kohlenstoff speichernden Bewirtschaftung der Ökosysteme muss also nicht nur mit den Bedürfnissen des Klimaschutzes, sondern auch mit den vielfältigen Ansprüchen heutiger Gesellschaften integral und langfristig in Einklang gebracht werden. Es ist sicherzustellen, dass Ökosysteme nebst der C-Speicherung weiterhin die übrigen Funktionen wahrnehmen. Die Erhaltung der Diversität oder Leistung von Schutzfunktionen, beispielsweise eines Bannwaldes, dürfen durch einseitige Berücksichtigung der C-Speicherung nicht gefährdet werden.

#### Geschenke der Natur?

Die Einbindung von Kohlenstoff in Biomasse und Böden ist ein natürlicher Prozess, der unter dem Einfluss von Klima, Vegetation und Bodeneigenschaften bis zu Jahrtausenden beansprucht kann. Auch die sich ändernde Umwelt spielt eine Rolle: die steigende Kohlendioxidkonzentration, die zum sogenannten CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt führt, klimatische Veränderungen, die das Pflanzenwachstum fördern, oder der Eintrag von Stickstoff aus Schadstoffemissionen, der ebenfalls einen Düngereffekt haben kann. Den Beitrag dieser «Geschenke der Natur» gilt es von C-Vorratsänderungen abziehen, sonst würde der Grundsat, dass nur anrechenbar ist, was durch Men-

schenhand veranlasst wurde, verletzt. Es entsteht auch ein widersinniger Anreiz, da die Bekämpfung des CO<sub>2</sub>-Anstiegs dank einer höheren CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft «besser» möglich wird. Bedenklicher scheint noch, dass das Anrechnen solcher «Geschenke» unter dem Protokoll langfristig als neue Kompensation für Emissionen gelten würde, obwohl uns diese «Geschenke» schon seit Jahrzehnten vor einem noch stärkeren CO<sub>2</sub>-Anstieg bewahrt haben.

Es gibt Vorschläge, mittels wissenschaftlicher Methoden diese natürlichen Effekte von direkten menschlichen Einflüssen zu trennen. Die Unterscheidung ist aber beim gegenwärtigen Stand des Wissens in der Praxis äusserst schwierig und selbst bei wissenschaftlich angelegten Experimenten nur punktuell möglich. Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten: Die Einrichtung von Kontrollflächen, auf welchen die ausgewählte Aktivität ausbleibt und lediglich natürliche Prozesse das Ausmass der Veränderung im C-Vorrat bestimmen, oder eine Abschätzung mit Hilfe von ökologischen Modellen. Beide Ansätze sind mit erheblichen Schwierigkeiten und Kosten verbunden, besonders wenn sie grossflächig angewandt werden sollen. Als Alternative wird erwogen, Beiträge aus Senken generell mit pauschalen Abzügen zu belegen und damit also nur teilweise anzurechnen. Politisch brisant ist, dass diese «Geschenke der Natur» in der Nordhemisphäre, das heisst in den Industrieländern und vor allem den USA, besonders gross sind.

Im Rahmen des sogenannten Clean Development Mechanism (CDM), über den Klima-Projekte in den Entwicklungsländern möglich werden sollen, akzentuiert sich diese Problematik noch zusätzlich. Je nach der Festlegung der Regeln kann beispielsweise ein Projekt eines Industriestaates in einem Entwicklungsland zum Schutz eines bestehenden Waldes vor der Abholzung dem Industriestaat ermöglichen, im eigenen Land dafür eine gleichwertige Menge an fossilen Brennstoffen zu verbrennen. Damit ergibt sich aber die Gefahr eines Freipasses für zusätzliche eigene Emissionen in grösseren Mengen, nämlich der maximal gleichen Menge, wie sie durch diese Wälder gespeichert wird. Die vermiedene Abholzung ist eigentlich gar nicht messbar, da sie ja eben vermieden wurde. Vielleicht war die Rodungsgefahr auch nur vermeintlich. Dies käme

wiederum einer Ankurbelung der Klimaänderung gleich. Von vielen Seiten wird daher gefordert, dass der Schutz existierender Wälder nicht als CDM-Projekte zuzulassen sei, nicht zuletzt auch weil an der Gewährleistung der Langfristigkeit solcher Kohlenstoffspeicherungen gezweifelt wird. Die Ungewissheit über die Zukunft der Ökosysteme bei einem sich ändernden Klima nährt diese Bedenken zusätzlich.

#### Unsicherheit und Messbarkeit

Aus Sicht der Wissenschaft gibt es aber noch weitere Unsicherheiten, die vielleicht nie befriedigend geklärt werden können. Sie spielen aber eine entscheidende Rolle und beruhen unter anderem auf der grossen Vielfalt an Ökosystemen und möglichen C-Senken – von dauerhaften bis scheinbaren – oder darauf, dass die langfristige und damit klimawirksame Art der Speicherung nur in weltumspannenden geographischen Dimensionen und sehr grossen, experimentell kaum zugänglichen Zeiträumen erfassbar ist. Die Langzeitperspektive ist deshalb nötig, weil seltene Grossereignisse entscheidend sein können. Man denke an das Auftreten von grossflächigen Waldbränden oder an einen alle 35 Jahre auftretenden Kahlfrass durch Insekten wie deN Balsamtannenriebwälder. So wird befürchtet, dass die Berechnung der Senkengrösse während der kurzen Verpflichtungsperioden infolge der natürlichen Variabilität leicht zu manipulieren ist – nicht zuletzt wegen des Fehlens verlässlicher Methoden zur grossflächigen Erfassung der Treibhausgasflüsse.

Erschwerend wirkt sich hier aus, dass die wichtigsten Treibhausgase auch durch natürliche Prozesse in riesigen Mengen zwischen Atmosphäre und Biosphäre ausgetauscht werden. Diese Flüsse betragen rund das 20fache der anthropogenen Emissionen (siehe Grafik). Es gilt mit der Prinzessin die Erbsen unter den zwölf Matratzen aufzuspüren. Die natürlichen Flüsse weisen auch grosse zeitliche Schwankungen auf, die nur dank Langzeitbeobachtungen mit technisch aufwendigen Messsystemen zu erfassen sind. Kurzfristige, klimatische Veränderungen wie «El Niño» können innerhalb eines Jahrzehnts das Vorzeichen der Nettobilanz für ganze Kontinente umkehren.

Schliesslich entstehen Unsicherheiten, weil eine nationale, das heisst geographisch genügend genaue Aufschlüsselung der Treibhausgasflüsse

schwierig ist. Es sind landesweite Kohlenstoff-Bilanzen von Kleinststaaten wie der Schweiz bis zu den grossen Ländern wie Russland, Kanada und den USA zu erstellen. Dies stellt eine nie da gewesene Aufgabe für die Ökosystemforschung dar. Am «einfachsten» schätzt man die Netto-C-Austauschraten über jedem Land durch Messen des gesamten Kohlenstoffgehalts der Ökosysteme am Anfang und am Ende jeder Bemessungsperiode, das heisst als C-Vorrats-Änderungen. Das könnte bedeuten, dass wir alle fünf Jahre ein schweizerisches Landesforstinventar benötigen – eine aufwendige Arbeit. Zu bedenken ist auch die grosse natürliche, räumliche Variabilität der in Ökosystemen gespeicherten C-Vorräte. Beispielsweise für Böden mit einer meist geringen Vorratsänderung von wenigen Prozenten in fünf Jahren ist ein solches Unterfangen nur durch entsprechend dichte und damit kostenintensive Beprobung befriedigend zu bewältigen.

#### Win-Win-Situationen schaffen

Angeichts der Fülle ungelöster wissenschaftlicher Fragen und Probleme liegt der Schluss nahe, dass man besser auf den Einbezug der biologischen Kohlenstoffsinken verzichtet und sich ausschliesslich auf die Reduktion fossiler Emissionen konzentrieren sollte. Das Kyoto-Protokoll will aber, trotz Schwierigkeiten, neue Anreize schaffen, so dass eine auch im Sinne des Klimaschutzes nachhaltige Bewirtschaftung von Ökosystemen langfristig gefördert wird, was durchaus möglich ist. Es gilt daher einen Vertragsrahmen zu schaffen, der gewährleistet, dass die biologischen Senken wirklich mithelfen, die Treibhausgasemissionen insgesamt zu reduzieren, und dass die angestrebte Bewirtschaftung der Biosphäre mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung unseres Planeten in Einklang gebracht wird. So entstünden langfristig Win-Win-Situationen, nicht nur zum Vorteil der Umwelt, sondern auch zu unserem eigenen und demjenigen unserer Nachkommen.

\* Fischlin forscht und lehrt an der ETH Zürich über terrestrische Ökosysteme im Klimawandel. Er ist als wissenschaftlicher Experte für die Klimakonventionsgremien tätig. Führer untersucht an der Eidgenössischen Forschungsanstalt Reckenholz/Liebefeld die Folgen von Luftverschmutzung und Klimawandel für Agrarökosysteme.

### *Das Klimaprotokoll von Kyoto*

bt. Ende 1997 hat die 3. Vertragsparteienkonferenz der Klimakonvention in Japan das Kyoto-Protokoll verabschiedet. Es sieht vor, dass der Treibhausgasausstoss von 38 Industrienationen, die namentlich aufgeführt sind, in der Periode 2008 bis 2012 gesamthaft um mindestens 5 Prozent niedriger sein muss als 1990. Damit soll ein wichtiger Schritt gegen die befürchtete Klimaerwärmung gemacht werden. Viele Fragen sind im Protokoll aber nicht eindeutig geregelt, weshalb die meisten Industrienationen die Ratifikation bisher verweigert haben. Die nächsten Montag in Den Haag beginnende 6. Vertragsparteienkonferenz soll diese Lücken nun füllen, so dass das Protokoll im Jahr 2002 in Kraft treten kann. Eine der heikelsten offenen Fragen betrifft die Berücksichtigung der sogenannten Senken, die Kohlendioxid der Atmosphäre entziehen und in Landökosystemen, zum Beispiel Wäldern, speichern sollen.