

02
06

> CO₂-Senken und -Quellen in der Waldwirtschaft

Anrechnung im Rahmen des Kyoto-Protokolls



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

02
—
06

> CO₂-Senken und -Quellen in der Waldwirtschaft

Anrechnung im Rahmen des Kyoto-Protokolls

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Andreas Fischlin, Bernhard Buchter, Luzi Matile

Fachgruppe Systemökologie, Departement für Umweltwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH Zürich);

Kapitel 7: Peter Hofer, Ruedi Taverna, (GEO Partner AG);

Klaus Richter (EMPA); Frank Werner (Umwelt & Entwicklung)

Begleitung BAFU

Richard Volz, Andrea Burkhardt

Lektorat

Martin Läubli (WISSDOC)

Zitiervorschlag

Fischlin A., Buchter B., Matile L., Hofer P., Taverna R. 2006:
CO₂-Senken und -Quellen in der Waldwirtschaft – Anrechnung im
Rahmen des Kyoto-Protokolls. Umwelt-Wissen Nr. 0602.
Bundesamt für Umwelt, Bern. 45 S.

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch

Titelfoto

© BAFU

Bezug

BAFU

Dokumentation

CH-3003 Bern

Fax +41 (0) 31 324 02 16

docu@bafu.admin.ch

<http://www.umwelt-schweiz.ch/publikationen>

Bestellnummer / Preis:

UW-0602-D / CHF 10.– (inkl. MWSt)

Diese Publikation ist auch in französischer, italienischer und
englischer Sprache erhältlich (UW-0602-F, UW-0602-I, UW-0602-E).

> Inhalt

Abstracts	5
Vorwort	7
Zusammenfassung	9
Einleitung	11
<hr/>	
1 Was sind CO₂-Senken?	13
<hr/>	
2 Grundsätze zur Anrechnung der Senken	16
<hr/>	
3 Zwingende Anrechnung: Aufforstungen und Rodungen (Artikel 3.3)	18
<hr/>	
4 Freiwillige Anrechnung der Waldbewirtschaftung (Artikel 3.4)	20
<hr/>	
5 Senkenpotenzial und -politik in der Schweiz	22
<hr/>	
6 Senkenanrechnung und Folgen für die Funktionen des Waldes	27
<hr/>	
7 Beitrag der Holznutzung zum Klimaschutz	29
<hr/>	
8 Fazit	33

Anhänge	35
A1 Treibhausgasemissionen gemäss Kyoto-Protokoll 1990 und 2000 sowie geschätzte Entwicklung bis 2010 in CO ₂ -Äquivalenten	35
A2 Direkte menschliche Einflüsse, Vergandung und Einwuchs	36
A3 Walddefinitionen nach Kyoto-Protokoll und Schweizer Recht	36
A4 Geschichtlicher Hintergrund des Klimaschutzes	38
A5 Glossar	40
A6 Weitere Informationen	44
<hr/>	
Verzeichnisse	45
Abbildungen	45
Tabellen	45

> Abstracts

Under the Kyoto Protocol, most industrialized countries are obliged to reduce their greenhouse gas emissions: like the EU, Switzerland must achieve a reduction of eight percent as compared with 1990 levels. Biological sinks and carbon sources arising from changes in land use – i.e. afforestation and deforestation – must be taken into account in the calculation of the authorized national emissions of greenhouse gases. As opposed to this, the inclusion of sinks and sources in areas in which there has been no change in land use is voluntary. The net absorption of carbon dioxide by ecosystems is defined as a sink and its net release into the atmosphere constitutes a source. Human activities such as afforestation, deforestation, forest management and agriculture influence the carbon stocks stored in ecosystems. In Switzerland, the carbon source arising from deforestation probably exceeds the size of the sink created through afforestation. Forest management offers the greatest sink potential. However, its incorporation into the emissions accounting is subject to certain conditions and the quantity of the removal that can be taken into account in this way is restricted.

Das Kyoto-Protokoll verpflichtet die meisten Industriestaaten zur Begrenzung ihrer Treibhausgasemissionen: die Schweiz wie die EU zu einer Reduktion von acht Prozent gegenüber dem Stand von 1990. Bei der Abrechnung der erlaubten landesweiten Emissionen von Treibhausgasen in der nationalen Bilanz müssen auch biologische Senken und Quellen aus Landnutzungsänderungen – Aufforstungen und Rodungen – einbezogen werden. Die Anrechnung von Senken und Quellen bei gleich bleibenden Landnutzungen – Wald- und Landwirtschaft – ist hingegen freiwillig. Als Senke wird die Nettoaufnahme von Kohlendioxid durch Ökosysteme bezeichnet, als Quelle die Nettoabgabe an die Atmosphäre. Menschliche Tätigkeiten wie Aufforstungen, Rodungen, Wald- und Landwirtschaft beeinflussen den Kohlenstoffvorrat in Ökosystemen. In der Schweiz dürfte die Quelle aus Rodungen grösser sein als die Senke aus Aufforstungen. Das grösste Senkenpotenzial stellt die Waldbewirtschaftung dar. Ihre Anrechenbarkeit ist aber an Bedingungen geknüpft, und die Menge ist begrenzt.

Le Protocole de Kyoto oblige la plupart des Etats industrialisés à limiter leurs émissions de gaz à effet de serre: la Suisse comme l'UE doivent réduire leurs émissions de 8 % par rapport au niveau de 1990. Le bilan des émissions de gaz à effet de serre autorisées sur l'ensemble du territoire doit aussi prendre en considération les puits et les sources de carbone découlant des changements d'utilisation des sols – reboisements et déboisements. Lorsque l'utilisation du territoire n'est pas modifiée, la prise en compte des puits et des sources – exploitation forestière et agriculture – est en revanche facultative. On désigne par puits de carbone l'absorption nette de dioxyde de carbone par des écosystèmes et par source de carbone sa libération nette dans l'atmosphère. Les activités humaines, telles que les reboisements, les déboisements, l'exploitation forestière et l'agriculture, ont une influence sur les stocks de carbone des écosystèmes. En

Keywords:

climate protection,
Kyoto Protocol,
sinks,
afforestation,
deforestation,
forest management,
reduction in emissions,
land use,
changes in land use

Stichwörter:

Klimaschutz,
Kyoto-Protokoll,
Senken,
Aufforstungen,
Rodungen,
Waldbewirtschaftung,
Reduktion der Emissionen,
Landnutzung,
Landnutzungsänderungen

Mots-clés :

protection du climat,
Protocole de Kyoto,
puits de carbone,
reboisements,
déboisements,
gestion de la forêt,
réduction des émissions,
utilisation du territoire,
changement d'utilisation des sols

Suisse, les sources de carbone provenant des déboisements pourraient être plus importantes que les puits de carbone résultant des reboisements. La gestion des forêts représente le potentiel de puits de carbone le plus important. La prise en compte de ces puits est toutefois liée à des conditions, et les quantités sont limitées.

Il Protocollo di Kyoto impegna la maggior parte dei Paesi industrializzati a limitare le emissioni di gas serra: per la Svizzera e l'Unione Europea la riduzione è pari all'8 per cento rispetto al 1990. Ai fini del computo delle quote d'emissione consentite, i bilanci nazionali devono considerare anche i serbatoi di carbonio agro-forestali e le fonti di emissione connesse ai cambiamenti di uso del suolo (afforestazione e deforestazione). Il computo di serbatoi e fonti con uso del suolo invariato (agricolo o forestale) è invece facoltativo. Si parla di serbatoio o pozzo di carbonio quando si ha un bilancio di assorbimento netto di CO₂ da parte degli ecosistemi, mentre si ha una fonte d'emissione quando risulta un'emissione netta nell'atmosfera. Le attività umane di afforestazione e deforestazione, unitamente alla gestione forestale o agricola, influenzano i livelli degli stock di carbonio. In Svizzera, le emissioni prodotte dalla deforestazione dovrebbero essere superiori all'assorbimento risultante dall'afforestazione. Il più alto potenziale di stoccaggio è offerto dalla gestione forestale, anche se è quantitativamente limitato e il suo conteggio è vincolato al rispetto di precise condizioni.

Parole chiave:

protezione del clima,
Protocollo di Kyoto,
serbatoi di carbonio,
afforestazione,
deforestazione,
gestione forestale,
riduzione delle emissioni,
uso del suolo,
cambiamenti di uso del suolo

> Vorwort

Der Wald ist zentral für das Leben auf der Erde, denn er bietet Lebensräume, Schutz und Ressourcen. Er liefert nicht nur Holz, das wir als Rohstoff nutzen können, sondern sorgt dank seiner Aufnahmefähigkeit auch für einen ausgeglichenen Wasserkreislauf; er schützt den Boden vor Erosion, und er reguliert das Klima.

Durch seine Eigenschaft, Kohlenstoff aufzunehmen und zu speichern hilft er, den CO₂-Gehalt in der Luft zu senken, das heisst, er ist eine CO₂-Senke. Damit trägt er zur Milderung des Treibhauseffektes und der drohenden Klimaerwärmung bei. Diese Funktion wird im Rahmen der Klimakonvention anerkannt, und das Kyoto-Protokoll regelt, wie diese wichtige Leistung einbezogen werden kann.

Allerdings kann der Wald nicht unbeschränkt als CO₂-Senke wirken. Mit zunehmendem Alter erlahmt die Senkenwirkung. Absterben der Bäume, Stürme, Waldbrände und Borkenkäfer setzen gebundenes CO₂ wieder frei. Falls die Freisetzung überwiegt, wird der Wald sogar zur CO₂-Quelle. Diese Umstände sind bei einer Anrechnung des Waldes als CO₂-Senke zu berücksichtigen.

Die Regelungen gemäss Kyoto-Protokoll sind, auf Grund der harten internationalen Verhandlungen, komplex und strikt und verlangen eine umfassende und überprüfbare Berechnung der CO₂-Leistung. Die vorliegende Publikation erklärt auf verständliche Art die Anrechnung der CO₂-Senke im Wald.

Die aktuellen Regeln gelten für die erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls von 2008 bis 2012. Es ist davon auszugehen, dass sie im Hinblick auf die zweite Verpflichtungsperiode grösstenteils übernommen, teilweise jedoch überarbeitet werden. Insbesondere soll Holz, das sich bestens zur Herstellung langlebiger Produkte eignet, erst dann als Quelle verrechnet werden, wenn seine Lebensdauer abgelaufen ist und es verbrannt wird.

Erst bei Berücksichtigung des ganzen Anwendungspotenzials des Holzes wird die klimapolitische Wirkung des Waldes voll zum Tragen kommen, denn der Wald steuert nicht nur als CO₂-Senke zum Klimaschutz bei. Eine nachhaltige Nutzung von Holz und dessen Verwendung für den Bau von Gebäuden, Möbeln oder anderen Gebrauchsgegenständen hilft CO₂-Emissionen verhindern und kann CO₂ für viele Jahrzehnte binden.

Die grösste Wirkung entfaltet die Verwendung von Holz jedoch dadurch, dass viel weniger CO₂ freigesetzt wird als dies beispielsweise beim Einsatz von Beton, Metall oder Glas der Fall ist. Verbrennt man Holz an Stelle von fossilen Brennstoffen wie Erdöl, werden die CO₂-Emissionen gesenkt (Substitutionseffekt). Weil das bei der Verbrennung von Holz frei werdende CO₂ wieder vom nachwachsenden Holz aufgenommen wird, muss es in der nationalen Treibhausgasbilanz nicht mitgerechnet wer-

den. Der Wald trägt auf lange Sicht am besten zum Klimaschutz bei, wenn sein Holz genutzt und in langlebige Objekte verwandelt wird, so dass Emissionen reduziert werden. Auch wenn sich Senken jetzt anrechnen lassen, leisten langfristig, d.h. in etwa 50 Jahren, nur die Erhaltung und die nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz!

Bruno Oberle

Direktor Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Zusammenfassung

Das Kyoto-Protokoll ist seit dem 16. Februar 2005 in Kraft. Darin verpflichten sich in erster Linie die Industriestaaten, die Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008 bis 2012 zu senken. Das Kyoto-Protokoll gibt Staaten mit einer Verpflichtung die Möglichkeit, einen Teil der Reduktionsauflagen mit Hilfe von so genannten Senkenleistungen zu erfüllen.

Eine Senke ist zum Beispiel der Wald, wenn er mehr CO₂ (Kohlendioxid) aufnimmt, als er abgibt. Je mehr CO₂ in Form von Kohlenstoff in der Biomasse dauerhaft gespeichert ist, desto weniger wird die Atmosphäre belastet. Verliert der Wald hingegen mehr CO₂, als er aufnimmt, dann ist er eine Quelle. Dies wirkt sich auf die Atmosphäre nachteilig aus. Der Schweizer Wald ist derzeit eine Senke. Er bindet jährlich 4 Millionen Tonnen CO₂; davon fallen allerdings drei Viertel durch Holznutzung und absterbende Bäume sogleich wieder weg.

Das Kyoto-Protokoll schreibt vor, Aufforstungen (Senke) und Rodungen (Quelle) zu berücksichtigen (Artikel 3.3), und verlangt eine jährliche Bilanzierung im nationalen Treibhausgasinventar. Senkenleistungen aus Aufforstungen sind in der Schweiz klein. Ein weit grösseres Potenzial hat eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Das Kyoto-Protokoll erlaubt die Anrechnung solcher Senkenleistungen (Artikel 3.4), sofern sie nachweislich auf menschliche Eingriffe nach 1990 zurückzuführen sind.

Angesichts der Schwierigkeit, das menschliche Verdienst von den natürlichen Effekten zu unterscheiden, wurde für jedes Land die maximal anrechenbare Senkenleistung aus der Waldbewirtschaftung limitiert. Die Schweiz kann sich maximal 1,83 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr anrechnen lassen; das entspricht etwa 45 Prozent der Kyoto-Reduktionsverpflichtung. Gemäss einer ETH-Studie (Fischlin et al. 2003¹) ist es jedoch nicht sicher, ob die Schweiz diese Obergrenze überhaupt erreicht. Eine Abschätzung des Senkenpotenzials für die Verpflichtungsperiode 2008 bis 2012 werden erst die Daten des dritten Landesforstinventars ermöglichen. Die Resultate der Erhebung sind jedoch nicht vor 2008 verfügbar. Die tatsächliche Senkenleistung schliesslich kann erst ermittelt werden, wenn die Daten der Jahre 2008 bis 2012 ausgewertet sind.

Die jährliche Bilanzierung von Senken und Quellen verlangt einen grossen administrativ-technischen Aufwand. Ein Monitoringsystem ist notwendig, um die Veränderungen der Senkenleistung zu überwachen. Wo Senken ausgewiesen sind, hat das jeweilige Industrieland das Recht, im entsprechenden Umfang mehr CO₂ zu emittieren. Gleichzeitig besteht die Pflicht, auch nach Ablauf der Verpflichtungsperiode über die angerechneten Senkenleistungen Rechenschaft abzulegen.

¹ Fischlin et al. 2003: Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. www.sysecol.ethz.ch/Reports.html – siehe auch Anhang A6.

Senken bieten langfristig keinen nachhaltigen Klimaschutz:

- > Die Senkenleistung nimmt in alten Wäldern ab und wird in wenigen Jahrzehnten erlahmen.
- > Stürme, Waldbrände oder Borkenkäferepidemien können den gespeicherten Kohlenstoff freisetzen, der Wald wird dann sogar zur Quelle.
- > Die Option Senken gibt uns lediglich den erforderlichen zeitlichen Spielraum, bis mit Energiesparmassnahmen und klimafreundlichen Alternativenergien die CO₂-Emissionen substanziell reduziert werden können.

Der Bundesrat will die Senken als Reserve für den Fall einer ungünstigen Emissionsentwicklung nutzen. Die Schweizer Waldpolitik ist nicht gezielt auf die Förderung von Senkenwäldern ausgerichtet. Vielmehr will sie den klimafreundlichen Energieträger und Baustoff Holz fördern. Senkenwälder sind deshalb lediglich als Ergänzung, v.a. bei unrentabler Nutzung, anzusehen. Als Energieträger ersetzt Holz fossile Brennstoffe; als alternativer Baustoff verringert Holz die CO₂-Emissionen, die sonst bei der Herstellung von Produkten etwa aus Metallen oder Beton entstehen. Ein energetisch genutzter Kubikmeter Holz vermeidet die Emission von 0,6 Tonnen CO₂ aus fossilen Energieträgern. Als Baustoff hat die gleiche Menge Holz ein Vermeidungspotenzial von 1 Tonne CO₂.

> Einleitung

Das Kyoto-Protokoll trat anfangs des Jahres 2005 in Kraft. Dies ist unter anderem einer besonderen Option im Vertrag zu verdanken: der Anrechnung der Senkenleistung, zum Beispiel von Wäldern, die mehr CO₂ aus der Luft aufnehmen, als sie wieder abgeben. So können die Vertragsstaaten ihre Verpflichtungen, CO₂-Emissionen zu reduzieren, leichter erreichen. Die vorliegende Publikation erläutert die Anrechnungsweise der Senken sowie ihre politische und ökologische Bedeutung im internationalen Kontext und für die Schweiz.

Am 11. Dezember 1997 beschliessen nach zähen Verhandlungen die Vertragsstaaten der UNO-Klimarahmenkonvention (UNFCCC²) im japanischen Kyoto das Kyoto-Protokoll. 84 Staaten unterzeichnen das Abkommen. Darunter sind alle Industriestaaten inklusive die mittel- und osteuropäischen Länder. Diese verpflichten sich völkerrechtlich verbindlich, Treibhausgase zu reduzieren. In den folgenden Kapiteln ist vereinfacht nur noch von Industriestaaten die Rede. Ausgenommen sind dabei die USA und Australien: Sie haben erklärt, das Protokoll nicht zu ratifizieren.

Kyoto-Protokoll

Seit dem 16. Februar 2005 ist das Kyoto-Protokoll in Kraft. Die Voraussetzung dafür ist erfüllt, seit Russland das Klimaabkommen im November 2004 ratifiziert hat: Das Protokoll mussten mindestens 55 Vertragsstaaten ratifizieren, die für mindestens 55 Prozent der CO₂-Emissionen (Basis 1990) der Industriestaaten verantwortlich sind. Bis Ende 2005 galt der Vertrag in 157 Staaten.

Die «Kyoto-Staaten» verpflichten sich gemäss Protokoll, die jährlichen Treibhausgasemissionen (Basis 1990) insgesamt um 5,2 Prozent zu senken, wobei für die beteiligten Länder unterschiedliche Reduktionsverpflichtungen vereinbart wurden, namentlich für die EU und die Schweiz 8 Prozent. Das 5,2-Prozent-Ziel wird ohne die USA allerdings nicht erreicht.

Verpflichtung

Die Vertragsstaaten müssen die Verpflichtung in den Jahren zwischen 2008 und 2012 erfüllen. Sie sollen die Ziele erreichen, indem sie mehrheitlich die Emissionen im eigenen Land reduzieren. Zusätzliche Optionen sind: Einkauf von handelbaren Emissionsgutschriften, Investitionen in klimafreundliche Projekte in andern Ländern und die Anrechnung biologischer Senken im Inland.

Die Reduktionsverpflichtung bezieht sich auf die Emissionen der wichtigsten Treibhausgase: Kohlendioxid (CO₂) aus der Verbrennung fossiler Treib- und Brennstoffe (Erdöl, Kohle, Erdgas) im Verkehr, in den Haushalten und in der Industrie; Methan (CH₄) in der Schweiz vor allem aus Viehzucht und Abfalldeponien; Lachgas (N₂O) hauptsächlich durch Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft. Dazu die synthetischen

Treibhausgase

² Das Übereinkommen der Vereinten Nationen zur Klimaänderung wurde 1992 am Umweltgipfel in Rio de Janeiro beschlossen – <http://unfccc.de>.

Gase: Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) aus der Aluminiumproduktion und Halbleiterherstellung; Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC) aus Kälte-, Schäumungs- und Treibmitteln; Schwefelhexafluorid (SF₆) aus elektrischen Versorgungsanlagen, Schallschutzanlagen sowie der Aluminium- und Magnesiumproduktion. In der Schweiz ist CO₂ mit einem Anteil von 82 Prozent an den gesamten Emissionen das wichtigste Treibhausgas, gefolgt von Methan (9%) und Lachgas (7%). Der Anteil der synthetischen Gase ist gering³.

Das CO₂-Gesetz ist die wichtigste Grundlage in der Schweiz, die Kyoto-Auflagen zu erfüllen. Es schreibt vor, die CO₂-Emissionen (Basis 1990) bis zum Jahr 2010 um 10 Prozent zu reduzieren. Konkret: 15 Prozent weniger Emissionen aus Brennstoffen, 8 Prozent weniger Emissionen aus Treibstoffen (ohne Flugtreibstoff internationaler Flüge). Freiwillige Anstrengungen, so zeigen Modellrechnungen, wirken nur bei den Brennstoffen: Die CO₂-Emissionen, so die Schätzungen, werden bis 2010 um rund 11 Prozent sinken. Bei den Treibstoffen hingegen ist mit einem Anstieg um gut 8 Prozent zu rechnen. Das heisst: Ohne zusätzliche Massnahmen werden im Jahr 2010 Verkehr, Industrie und Haushalte 2,9 Millionen Tonnen CO₂ mehr ausstossen als das Gesetz vorschreibt.

CO₂-Gesetz

Das Kyoto-Protokoll gewährt den Industriestaaten Flexibilität bei der Zielerreichung: Senkenleistungen aus der Waldbewirtschaftung, dem Ackerbau und der Graslandbewirtschaftung können angerechnet werden. Wälder sind dann Senken, wenn sie mehr Kohlendioxid aus der Luft in Form von Kohlenstoff im Stammholz, in Zweigen und Wurzeln lagern, als sie wieder durch die Atmung abgeben (Kapitel 1). Wo Senken ausgewiesen sind, kann das jeweilige Industrieland entsprechend mehr Treibhausgas emittieren. Allerdings schreibt das Kyoto-Protokoll einen Maximalwert und bestimmte Bedingungen (Kapitel 2) vor. National- und Ständerat haben beschlossen, die Option Senke zu nutzen. Wie gross die Senkenleistung für den Schweizer Wald ist (Kapitel 3 und 4), wird erst nach der Auswertung des 3. Landesforstinventars voraussichtlich Ende 2008 zuverlässig abschätzbar sein. Klar ist: Eine langfristige Senkenleistung des Waldes ist nur durch eine nachhaltige Waldbewirtschaftung garantiert (Kapitel 6 und 7). Der Bundesrat sieht in den Senkenleistungen gemäss Botschaft⁴ eine Reserve, falls sich der Verlauf der CO₂-Emissionen ungünstig entwickelt (Kapitel 5).

Senken

³ Kenngrössen zur Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz – http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_klima/index.html.

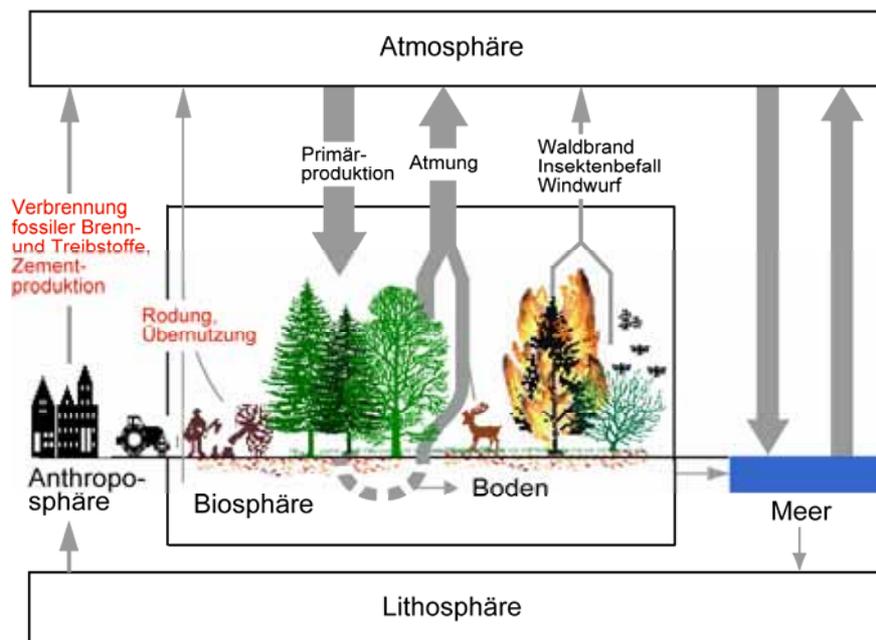
⁴ SR 05.057: Botschaft zur Genehmigung des CO₂-Abgabengesetzes für Brennstoffe.

1 > Was sind CO₂-Senken?

Der Mensch bringt den Kohlenstoffkreislauf der Erde aus dem Gleichgewicht. Er emittiert mehr CO₂ (Kohlendioxid) in die Luft, als Pflanzen und Meere schlucken können. So reichert sich das Treibhausgas in der Atmosphäre an: Die Erde wärmt sich auf. Ökosysteme, die mehr CO₂ aufnehmen, als sie abgeben, können diesen Prozess bremsen. Nimmt zum Beispiel ein Wald CO₂ auf und speichert den Kohlenstoff dauerhaft in der Biomasse, so nimmt in der Atmosphäre der CO₂-Gehalt ab. Der Wald wirkt als Senke. Wälder haben von allen Ökosystemen das grösste Senkenpotenzial. Wald kann aber auch zu einer CO₂-Quelle werden.

Abb. 1 > Globaler Kohlenstoffkreislauf.

Zwischen Biosphäre und Ozean einerseits und Atmosphäre andererseits besteht ein intensiver Austausch von CO₂. Im natürlichen Zustand ist dieser Austausch ausgeglichen. Der Mensch verändert dieses Gleichgewicht, indem er zusätzliches CO₂ freisetzt (Verbrennung fossiler Energien und Rodungen). (Details siehe Glossar)



Das Gas Kohlendioxid (CO₂) spielt eine Schlüsselrolle im «Ökosystem» Erde. Die Pflanzen der Kontinente und die Meere tauschen mit der Atmosphäre riesige Mengen CO₂ aus. Pflanzen lagern dank des biochemischen Prozesses der Fotosynthese CO₂ in Form energiereicher Kohlenstoffverbindungen in ihrer Biomasse ein. Der Mensch, Tiere und Mikroorganismen atmen CO₂ aus. Dadurch entsteht ein weltweit geschlossener Kreislauf (Abb. 1). Aber auch Pflanzen atmen, was im Zusammenhang mit Senken besonders wichtig ist. Sie veratmen sogar einen grossen Teil des aufgenommenen Kohlenstoffs in Form von CO₂ und geben diesen wieder an die Atmosphäre zurück. Zudem wird bei der Zerstörung von Biomasse ebenfalls CO₂ freigesetzt: beispielsweise durch Insekten, Feuer und Rodungen. Der Mensch bringt mit der Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe diesen Kohlenstoffkreislauf (Abb. 1) aus dem Gleichgewicht. Auch wenn der anthropogene Beitrag im Vergleich zum gesamten Umsatz klein erscheint, hat sich in der Folge die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre seit Beginn der Industrialisierung um 30 Prozent erhöht. Gut die Hälfte des zusätzlich die Atmosphäre belastenden CO₂ verbleibt in der Atmosphäre; je ein Viertel nehmen Pflanzen und die Ozeane auf. Mit dem Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre erwärmt sich die Erde.

Kohlenstoffkreislauf

Wälder nehmen CO₂ auf und bauen den Kohlenstoff in der Biomasse ein (Abb. 2):

- > in den Blättern für Stunden bis Monate,
- > in Zweigen und Ästen für Jahre,
- > im Stamm für Jahrzehnte bis Jahrhunderte,
- > im Boden während Jahrhunderten bis Jahrtausenden.

Nehmen Ökosysteme wie der Wald mehr CO₂ auf als sie veratmen, so reichert sich Kohlenstoff in der Biomasse an (Abb. 2). Der Wald wird zur Senke. Der Schweizer Wald bindet derzeit jährlich 4 Millionen Tonnen CO₂, das entspricht etwa 8 Prozent der gegenwärtigen CO₂-Emissionen. Doch drei Viertel davon werden durch Nutzung und absterbende Bäume wieder entfernt.

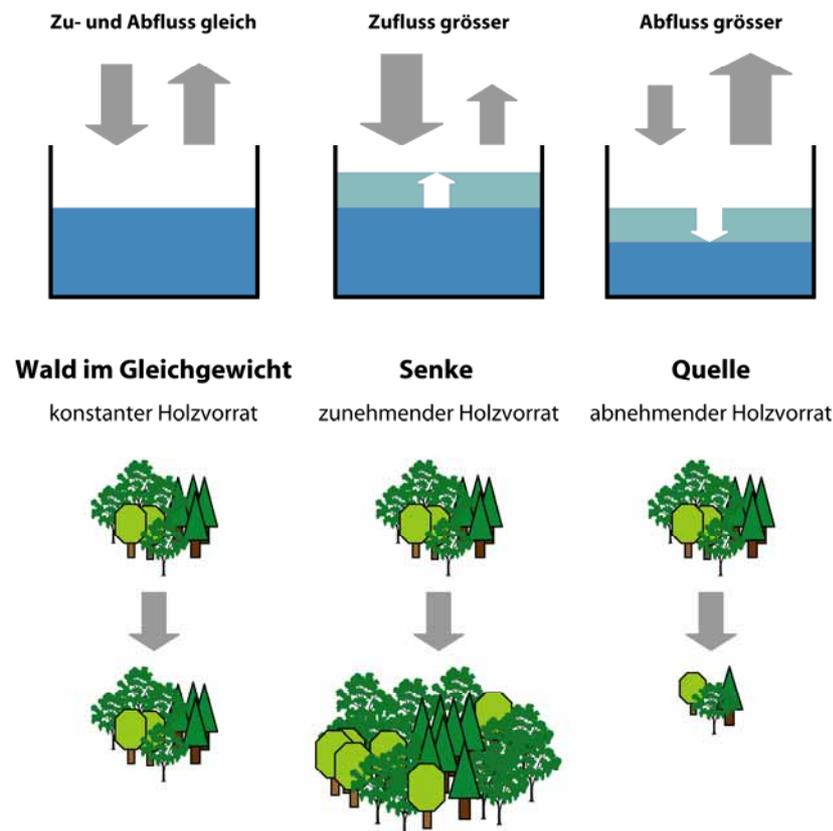
Definition Senke

Die UNO-Klimarahmenkonvention UNFCCC fordert, die Kohlenstoffvorräte auf den Kontinenten zu erhalten, Senken zu fördern und deren Leistung zu steigern. Weltweit gut ein Fünftel der vom Mensch verursachten CO₂-Belastung in der Atmosphäre entsteht nämlich durch Waldrodungen (wachsender Landbedarf für die Landwirtschaft) und Übernutzung der Wälder (Abb. 1). Biologische Senken hätten das Potenzial, in den nächsten 50 Jahren etwa die Hälfte der heutigen weltweiten CO₂-Emissionen auszugleichen⁵. Das Kyoto-Protokoll setzt die UNFCCC-Forderungen um, indem es für die Industriestaaten die Anrechnung von Senken erlaubt (Kapitel 2, 3 und 4).

Senken erhalten und fördern

⁵ Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Land use, Land-Use Change, and Forestry, 2000 – www.ipcc.ch.

Abb. 2 > Der Wald im Gleichgewicht, als Senke und als Quelle.



Quelle: BAFU.

Der Schutz und die Förderung von Senken reichen allerdings für den in diesem Jahrhundert erforderlichen, langfristig wirksamen Klimaschutz nicht aus. Sie zögern das unumgängliche, eigentliche Ziel nur hinaus: die starke Reduktion der CO₂-Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen auf einen Bruchteil des heutigen Verbrauchs. Zudem kann die Anrechnung der Senken in der Zukunft auch zu einer Last werden. Ein Ökosystem kann sich von einer Senke in eine Quelle verwandeln. Dabei spielen viele Faktoren eine Rolle, die sich von Jahr zu Jahr ändern können: Witterung, Alter der Pflanzen, Artenzusammensetzung, Bestandesstruktur, Krankheiten, Insektenbefall, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, Bewirtschaftung und Nutzung. Der Sturm «Lothar» beispielsweise zerstörte mehr Holz im Schweizer Wald, als im gleichen Jahr nachwuchs. Der Wald wurde zu einer Quelle. Nimmt man die erwartete Klimaentwicklung der derzeitigen Klimamodelle zum Massstab, dürften sich in Zukunft beispielsweise Waldbrände und unter Umständen auch Insektenbefall und vielleicht sogar Stürme häufen. Eine Vorhersage der Senkenleistungen ist folglich mit Unsicherheiten verbunden.

Kein langfristiger Klimaschutz

2 > Grundsätze zur Anrechnung der Senken

Die Anrechnung von Senken gibt den Industriestaaten das Recht, mehr CO₂ zu emittieren. Die Länder haben einschränkende Bestimmungen für die Senkenanrechnung beschlossen, damit das eigentliche Ziel des Kyoto-Protokolls, nämlich insgesamt eine Reduktion der Treibhausgasemissionen zu erreichen, nicht unterlaufen wird. Die Senkenpolitik erfordert einen beträchtlichen technischen und administrativen Aufwand. Der Bund muss jährlich eine Bilanz über die Senkenleistung der Vegetation vorweisen. Dabei sind die Böden ebenfalls zu berücksichtigen.

Die Zustimmung einiger wichtiger Vertragsparteien zum Kyoto-Protokoll war nur unter einer Bedingung zu erreichen: Die Anrechnung von Senkenleistungen sollte die Verpflichtung zur CO₂-Reduktion erleichtern (Abb. 3). Die Senkenpolitik war den Umweltverbänden ein Dorn im Auge. Diese fürchteten Schlupflöcher, durch welche die Vertragsstaaten das eigentliche Ziel des Kyoto-Protokolls unterlaufen könnten: die Reduktion der Treibhausgasemissionen, insbesondere aus der Verbrennung fossiler Treib- und Brennstoffe. An den Klimakonferenzen in Bonn und in Marrakesch beschlossen deshalb die Vertragsstaaten einschränkende Bestimmungen für die Senkenanrechnung (Kapitel 3 und 4).

Politische Ausgangslage

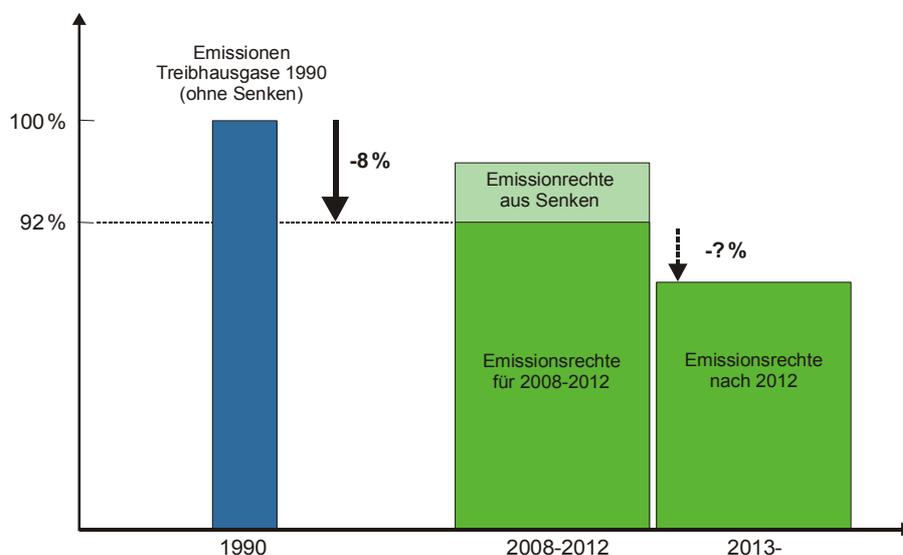
Die Senken sind im Kyoto-Protokoll in zwei Artikeln konkret geregelt: Nach Artikel 3.3 müssen die Vertragsstaaten Aufforstungen, Wiederaufforstungen und Rodungen in einem nationalen Treibhausgasinventar verbuchen (Kapitel 3). Die Anrechnung von Senken aus land- und forstwirtschaftlicher Bewirtschaftung ist hingegen nach Artikel 3.4 für die erste Verpflichtungsperiode zwischen 2008 und 2012 fakultativ (Kapitel 4). Bei Anrechnung erhöht die Zunahme des Kohlenstoffvorrats in den Jahren 2008 bis 2012 den Umfang der Emissionsrechte (Abb. 3). Das heisst: Der Staat darf so viel mehr CO₂ emittieren, wie er durch Senkenleistungen bindet. Quellen hingegen, also die Abnahme des Kohlenstoffvorrats, müssen von den Emissionsrechten abgezogen werden. Das Kyoto-Protokoll erlaubt auch die Anrechnung von Senkenprojekten im Ausland. Hier wird aber nur auf die inländischen Senken eingegangen.

Für die erste Verpflichtungsperiode muss jeder Industriestaat bis spätestens September 2006 dem UNO-Klimasekretariat einen Bericht zu Artikel 3.4 einreichen: Darin muss er die wald- und landwirtschaftlichen Aktivitäten, welche angerechnet werden, bezeichnen und die Art und Weise der Erfassung dokumentieren. Wichtig ist, dass eine Bewirtschaftung seit dem 1.1.1990 stattgefunden haben muss, damit die Zunahme des Kohlenstoffvorrats in den Jahren 2008 bis 2012 anrechenbar ist.

Zeitraumen

Abb. 3 > Von den Treibhausgasemissionen im Jahr 1990 muss die Schweiz 8 Prozent reduzieren.

Sie erhält demnach im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 Emissionsrechte im Umfang von 92 Prozent der Emissionen von 1990. Wenn sie Senken anrechnen kann, so werden damit zusätzliche Emissionsrechte erzeugt. Diese berechtigen zu entsprechenden Mehremissionen. Falls überschüssige Emissionsgutschriften nicht gebraucht werden, können sie in die nächste Verpflichtungsperiode nach 2012 übertragen oder verkauft werden. Für die Festlegung der Emissionsrechte nach 2012 wird aber wiederum von den Emissionsrechten 2008 bis 2012 ohne die aufgestockten Emissionsrechte aus den Senken ausgegangen.



Quelle: BAFU.

Der Bund führt ein nationales Treibhausgasinventar⁶. Das verlangt die UNO-Klimarahmenkonvention. Das Kyoto-Protokoll erfordert unter anderem wegen der hinzugekommenen Anrechnung der Senken weiteren administrativ-technischen Aufwand. Im Treibhausgasinventar ist neben der jährlichen Bilanz zu den Emissionen der im Kyoto-Protokoll erwähnten Treibhausgase (siehe Einleitung und Glossar) auch die jährliche CO₂-Aufnahme oder -Abgabe der Wälder und der landwirtschaftlichen Böden aufgeführt⁶. Künftig muss der Bund also eine jährliche Bilanz aller Kohlenstoffspeicher ziehen: oberirdisches Pflanzenmaterial, Wurzeln, Streuauflage, Totholz, Boden. Dazu ist ein Monitoringsystem zu unterhalten, das die Senkenleistung überwacht. Das Kyoto-Protokoll sieht vor, dass die Verpflichtung, über die Senkenleistung Rechenschaft abzulegen, für künftige Verpflichtungsperioden nach 2012 bestehen bleibt.

Administrativ-technischer Aufwand

Das IPCC (siehe Glossar) hat im Auftrag der UNO in den letzten Jahren ein Methodenhandbuch zur Anrechnung von Senken nach dem Kyoto-Protokoll erarbeitet. Das Ziel ist, eine einheitliche, transparente und überprüfbare Berichterstattung zu gewährleisten.

Einheitliche Berichterstattung

⁶ www.climate-reporting.ch.

3 > Zwingende Anrechnung: Aufforstungen und Rodungen (Artikel 3.3)

Aufforstungen, Wiederaufforstungen und Rodungen, die der Mensch seit 1990 vorgenommen hat, muss jeder Industriestaat mit Reduktionsverpflichtung jährlich bilanzieren.

Industriestaaten müssen Aufforstungen, Wiederaufforstungen und Rodungen jährlich im nationalen Treibhausgasinventar bilanzieren. Das heisst: Sie müssen die Veränderungen des Kohlenstoffvorrates der lebenden und toten Bäume (Stamm, Äste, Wurzeln), der Streu sowie des Bodens ausweisen.

Verpflichtung

Anrechenbar sind nur Flächen, die der Mensch seit 1990 durch sein Dazutun verändert hat. Nicht als Aufforstung gilt demnach beispielsweise eine natürlich vergandete Fläche, die sich ohne menschlichen Eingriff zu einem Wald entwickelt hat. Führt ein Naturereignis, z.B. ein Hangrutsch, zu einer grossflächigen Entwaldung, so gilt dies nicht als Rodung. Aufforstungen und Rodungen müssen geografisch lokalisierbar sein: Sie sollen während späteren Verpflichtungsperioden in der Bilanz aufgeführt werden. Damit ist gewährleistet, dass die Folgen von Aufforstungen und Rodungen auf den CO₂-Haushalt auch in Zukunft erfasst werden können. Das ist für einen glaubwürdigen Klimaschutz entscheidend. Laut Kyoto-Protokoll gilt als Aufforstung, Wiederaufforstung und Rodung:

Einschränkungen

- > **Aufforstung/Wiederaufforstung:** Bewaldung nach 1. Januar 1990 durch den Menschen (Pflanzen, Säen oder Förderung des natürlichen Aufwuchses) auf einer Fläche, die am 31. Dezember 1989 noch kein Wald war⁷.
- > **Rodung:** Nach dem 1. Januar 1990 Entwaldung durch den Menschen auf einer Fläche, die vorher Wald war.

Bei Rodungen wird der gesamte Holzvorrat, der über Jahrzehnte in einem Wald gebildet wurde, auf einmal entfernt und muss als Quelle verrechnet werden. In den ersten Jahren nach einer Aufforstung oder Wiederaufforstung ist der Kohlenstoffzuwachs noch klein. Aufforstungen brauchen bei uns Jahrzehnte, bis sie die Senkenleistung eines ausgewachsenen Waldes erreichen (Abb. 4). Wird heute in der Schweiz eine gleich grosse Fläche gerodet und aufgeforstet, ist die Bilanz anfänglich, insbesondere in der Verpflichtungsperiode 2008 bis 2012, netto negativ. Es gibt aber Länder, welche

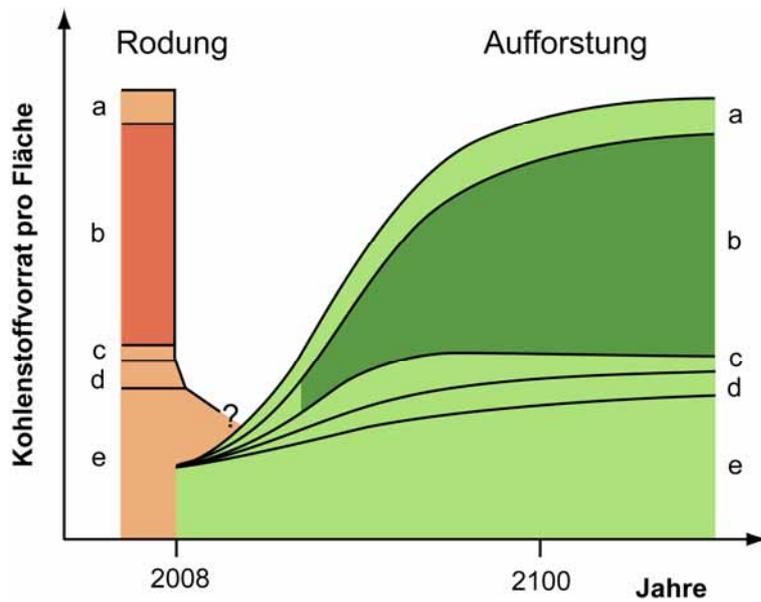
Senke oder Quelle

⁷ Als Aufforstung gilt, wenn die betreffende Fläche mindestens 50 Jahre lang nicht als Wald genutzt wurde. Als Wiederaufforstung gilt, wenn die betreffende Fläche weniger als 50 Jahre lang nicht als Wald genutzt wurde.

grosse Flächen aufforsten und so bald trotzdem netto eine Senkenleistung aus Rodungen und Aufforstungen erzielen können.

Abb. 4 > Schematische Darstellung der Änderung des Kohlenstoffvorrates bei einer Rodung und bei gleichzeitiger Aufforstung einer gleich grossen Ersatzfläche.

Bei der Rodung wird der gesamte Kohlenstoffspeicher, der sich im Wald über Jahrzehnte gebildet hat, auf einmal entfernt (bräunliche Flächen); demgegenüber wird bei der Aufforstung der Vorrat in einem neuen Wald nur langsam wieder aufgebaut (grüne Flächen).



Kohlenstoffvorrat in a: Zweige, b: Derbholz (dicker als 7 cm), c: Sträucher, d: Wurzeln, e: Boden.

4 > Freiwillige Anrechnung der Waldbewirtschaftung (Artikel 3.4)

Die Industriestaaten haben die Option, Waldflächen als Senken anzurechnen, welche sie nach 1990 bewirtschaftet und gepflegt haben. Die Bedeutung dieser Senkenleistung ist beträchtlich, da diese Flächen in den meisten Industriestaaten quantitativ weit mehr ins Gewicht fallen als diejenigen, auf denen aufgeforstet oder gerodet wird. Es ist allerdings grundsätzlich schwierig, das Verdienst des Menschen an einer Senkenleistung von den natürlichen Effekten zu unterscheiden. Deshalb schreibt das Kyoto-Protokoll einen Maximalwert für die Senkenanrechnung fest. Wer sich für eine Anrechnung der Senkenleistung aus der Waldbewirtschaftung entscheidet, geht auch ein Risiko ein: Sturm, Insektenfrass oder andere Schäden können den Wald in eine Quelle verwandeln.

Die Industriestaaten haben die Option, die Senkenleistung aus der Waldbewirtschaftung anzurechnen. Das Kyoto-Protokoll verlangt eine jährliche exakte Bilanz der Senkenleistung bzw. Quellenwirkung der bewirtschafteten Waldfläche und den Nachweis der Bewirtschaftung. Bewirtschaftung ist hier ein weit gefasster Begriff. Dazu zählt zum Beispiel auch die Ausscheidung eines Reservates.

Option

Die Industriestaaten haben auch die Option, Acker- und Graslandflächen als Senken anzurechnen, welche sie nach 1990 landwirtschaftlich genutzt und gepflegt haben. Darauf wird jedoch nicht weiter eingegangen. In der Schweiz ist ihr Potenzial kleiner.

Senkenleistungen von Wäldern sind nur anrechenbar, wenn sie nach dem 1. Januar 1990 bewirtschaftet worden sind. Für die erste Verpflichtungsperiode muss jeder Industriestaat bis September 2006 deklarieren, welche Bewirtschaftung er anzurechnen wünscht und welche Mess- und Erfassungsmethoden er einsetzt. Angesichts der Schwierigkeiten, den menschlichen Anteil an der Senkenleistung von demjenigen natürlicher Effekte zu unterscheiden, ist für jedes Land eine Obergrenze bestimmt worden. Für die Schweiz beträgt dieser Wert 1,83 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr (siehe Kapitel 5 und Glossar). Jede Senkenleistung oberhalb dieser Grenze verfällt und ist nicht anrechenbar.

Auflagen

Wer sich für die Anrechnung der Waldbewirtschaftung entscheidet, geht ein Risiko ein. Die Senkenleistung ist nicht garantiert. Eine Senke kann zu einer Quelle werden, der Holzverlust kann den Holzzuwachs übertreffen:

Risiko

- > nach Stürmen wie Vivian und Lothar,
- > durch Lawinen, Steinschlag, Schlammlawinen, Rutschungen oder Feuer,
- > durch Insektenfrass wie zum Beispiel durch den Borkenkäfer.

Mit dem Alter der Senkenwälder können das Risiko für Insektenbefall und die Anfälligkeit für Sturmschäden steigen. Nach solchen Ereignissen dauert es oft Jahre, im Gebirge sogar Jahrzehnte, bis der geschädigte bzw. nachwachsende Wald wieder die alte Senkenleistung erbringt.

5 > Senkenpotenzial und -politik in der Schweiz

Die Waldbewirtschaftung hat das grösste Senkenpotenzial. Die Schweiz kann sich maximal 1,83 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr anrechnen lassen; das entspricht etwa 45 Prozent der Kyoto-Reduktionsverpflichtung. Doch selbst bei einer extremen Senkenförderung sind gegen Ende des 21. Jahrhunderts in der Schweiz die Potenziale gänzlich ausgeschöpft. Senken können daher nur dazu dienen, kurz- bis mittelfristig eine ungünstige Emissionsentwicklung zu dämpfen.

Aufforstungen, Wiederaufforstungen, Rodungen, die der Mensch nach 1990 vorgenommen hat, muss der Vertragsstaat jährlich bilanzieren.

Artikel 3.3

Für die Ermittlung der Senkenleistung durch Aufforstungen sowie Wiederaufforstungen und der Quellenwirkung durch Rodungen sind genaue Erhebungen notwendig. Das bisherige Landesforstinventar genügt den Anforderungen des Kyoto-Protokolls nicht (ETH Studie⁸): Erstens erwies es sich als zu grobmaschig, um diese kleinen Waldflächen zuverlässig zu erfassen. Zweitens werden Waldstichproben früherer Inventare nicht mehr erfasst, wenn der Wald in der Zwischenzeit verschwunden ist. Diese Lücke wird mit Hilfe der Arealstatistik teilweise geschlossen⁸. Drittens ist nur schwer feststellbar, ob direkte Eingriffe des Menschen oder andere Gründe für die erfassten Aufforstungen und Entwaldungen verantwortlich sind (vgl. Anhang A2). Falls natürliche Prozesse wie Vergandung oder Windwurf eine Entwaldung verursachen, fallen sie nicht unter Artikel 3.3. Es müssen deshalb Informationen über Rodungen und Aufforstungen eigens ausgewertet werden. Allerdings gibt es in der schweizerischen Rodungsstatistik keine Holzvorratsangaben. Profitieren kann die Schweiz aus Artikel 3.3 ohnehin kaum: Die Nettobilanz dürfte negativ sein, selbst wenn Rodungen durch flächengleiche Aufforstungen kompensiert werden (vgl. Abb. 4).

Bedeutung für die Schweiz

Die Industriestaaten haben die Option, Waldflächen als Senken anzurechnen, wenn der Wald nach dem 1. Januar 1990 bewirtschaftet wurde.

Artikel 3.4

Im 18. und 19. Jahrhundert wirkte der Wald als Kohlenstoffquelle, weil die Nutzung nicht nachhaltig war; sie war grösser als der Zuwachs. In der jüngeren Vergangenheit blieb der Kohlenstoffvorrat in wenigen intensiv genutzten Mittellandwäldern konstant, Nutzung und Holzzuwachs hielten sich in etwa die Waage. Heute ist die Nutzung im Grossteil des Schweizer Waldes kleiner als der Zuwachs. So bildet die Waldbewirtschaftung in der Schweiz wie auch in den meisten übrigen Industrieländern das grösste Senkenpotenzial: Zwischen 1985 bis 1995, so das Landesforstinventar (LFI), hat der

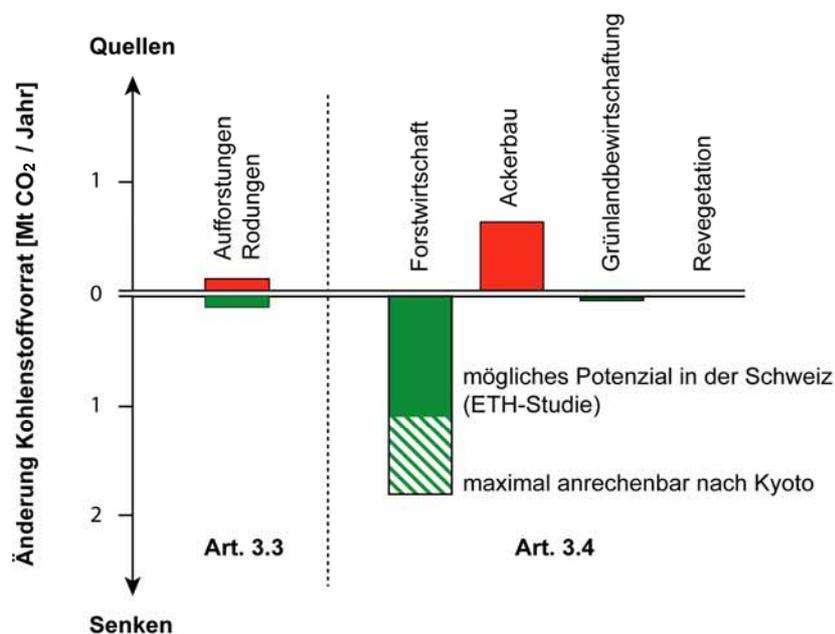
Bedeutung für die Schweiz

⁸ Fischlin et al. 2003: Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. www.sysecol.ethz.ch/Reports.html.

Schweizer Wald durchschnittlich jährlich 3,6 Millionen Tonnen CO₂ gebunden. Das ist etwa ein Zwölftel dessen, was Verkehr, Industrie und Haushalte jährlich in die Luft entlassen. Allerdings ist zu beachten, dass nur ein Bruchteil dieser Senkenleistung gemäss Kyoto-Protokoll anrechenbar ist. Gegenwärtig läuft die Erhebung für das 3. LFI. Eine erste Auswertung von einem Drittel der Waldfläche deutet auf eine geringere Senkenwirkung als in den Jahren 1985 bis 1995 hin. Die Resultate zeigen damit die bestehenden Unsicherheiten bei der Prognose der Senkenleistung für die nächsten Jahre. Nach Kyoto-Protokoll gelten lediglich die Senkenleistungen in der Verpflichtungsperiode zwischen 2008 und 2012. Die festgesetzte Obergrenze beträgt für die Schweiz 1,83 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr (siehe Glossar). Das entspricht etwa 45 Prozent der Kyoto-Verpflichtung. Gemäss einer ETH-Studie⁹ ist es nicht sicher, ob die Schweiz mit den Auflagen des Kyoto-Protokolls (Bewirtschaftung nach 1990) diese Obergrenze erreicht (Abb. 5).

Abb. 5 > Schweizerische Senken und Quellen.

Schweizerische Senken und Quellen von Aufforstungen und Rodungen¹⁰ (Artikel 3.3) und bei gleich bleibender Landnutzung (Artikel 3.4).



Senken = grün, Quellen = rot.

⁹ Fischlin et al. 2003: Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. www.sysecol.ethz.ch/Reports.html.

¹⁰ Infolge ungenügender Datenlage sind diese Abschätzungen mit sehr grossen Unsicherheiten behaftet.

Eine zusätzliche Unsicherheit entsteht durch unerwartete Ereignisse wie Stürme, Borkenkäferbefall oder Waldbrände. Zum Beispiel verursachte Lothar netto einen Verlust von 4 Millionen¹¹ Kubikmeter Holz, was rund 4 Millionen Tonnen CO₂ entspricht. Würde sich ein Sturm wie «Lothar» während der Verpflichtungsperiode ereignen, könnte die Schweiz auf einen Schlag das Doppelte der Emissionsgutschriften verlieren, die sie aus der Senkenanrechnung zu gewinnen hofft (Abb. 6). Ein junger Wald macht den Verlust der Senkenleistung nach einem Sturm oder nach einer Ernte nicht gleich wett, weil in den ersten Jahren die CO₂-Aufnahme durch das Wachstum vorerst noch kleiner ist als der CO₂-Verlust durch den Abbau der unterirdischen Biomasse.

Das Kyoto-Protokoll verlangt, dass die Kohlenstoffvorräte lebender und toter Bäume, der Wurzeln, der Streu sowie des Bodens erfasst werden. In der Schweiz werden bislang zuverlässige Angaben nur zu lebenden Bäumen und Totholz erhoben. Die unterirdische Biomasse wie zum Beispiel der Wurzeln wird gemäss gängiger Praxis aus der oberirdischen Biomasse mittels so genannter Expansionsfaktoren berechnet. Da die Biomasse des Totholzes erst beim zweiten Landesforstinventar (LFI2) bestimmt wurde, sind Veränderungen erst nach Auswertung des laufenden LFI3 ab 2008 verfügbar. Auf der Basis dieser Daten kann dann das Senkenpotenzial für die Jahre 2008 bis 2012 durch Waldbewirtschaftung einigermaßen realistisch abgeschätzt werden. Ein grosser Unsicherheitsfaktor ist der Boden. Mit dem heutigen Wissen ist der CO₂-Haushalt nicht zuverlässig zu bestimmen. Dafür wäre ein Bodeninventar notwendig.

Daten des Landesforstinventars

Alle Senkenleistungen, ob global oder lokal, sind begrenzt. Selbst bei einer Politik extremer Senkenförderung, beispielsweise durch starke Aufforstung oder durch die Erhöhung der Umtriebszeiten (Bäume später nutzen), sind am Ende dieses Jahrhunderts in der Schweiz die Potenziale ausgeschöpft (Abb. 7). Dann wird die Senkenwirkung des Schweizer Waldes auf unbedeutende Werte erlahmt sein. Der fortwährend durch die Fotosynthese eingebundene Kohlenstoff wird in Form von CO₂ zum Beispiel durch Bodenatmung und Zersetzungsprozesse von Streu- und Totholz vollumfänglich wieder an die Luft abgegeben. Bereits in wenigen Jahrzehnten wird die Senkenleistung stark nachlassen, weil der Wald dann ein Alter erreicht haben wird, bei dem das Wachstum und damit die Kohlenstoffbindung deutlich reduziert ist. Hinzu kommt, dass sich bei einer weiteren Klimaerwärmung gemäss heutigen Klimamodellen global und lokal Trockenperioden (erhöhte Waldbrandgefahr, geschwächte Bäume) und vielleicht auch Stürme häufen, was unter anderem den Insektenbefall verstärken dürfte. Ob die weiterhin erwartete CO₂-Zunahme in der Atmosphäre den Wald düngt und so das Wachstum der Bäume antreibt, ist unsicher. Untersuchungen in einem typischen Wald des schweizerischen Mittellandes liefern Indizien, dass eine CO₂-Düngung den Holzzuwachs nicht verstärkt¹².

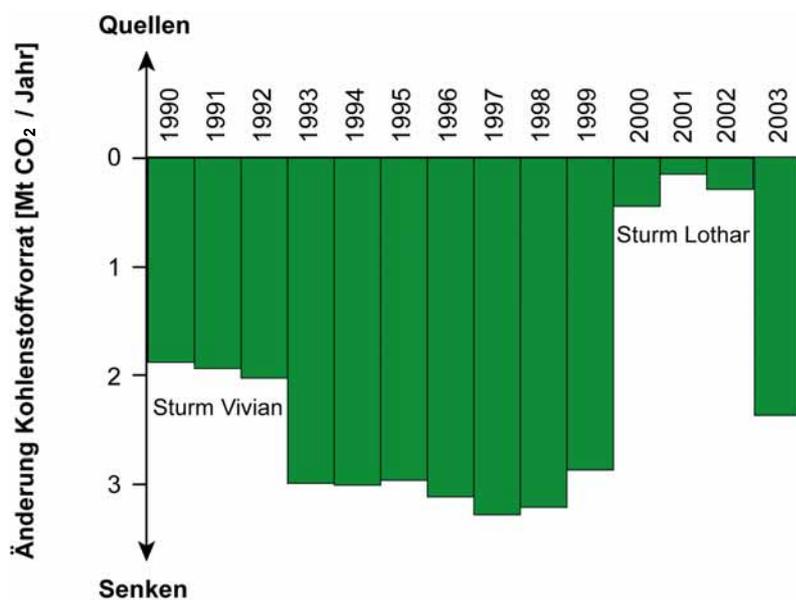
Natürliche Begrenzung der Senkenleistung

¹¹ Diese Zahl berechnet sich aus der Differenz von ca. 14 Millionen Kubikmeter Sturmholz minus des jährlichen Vorratzzuwachses von ca. 10 Millionen Kubikmeter.

¹² Körner C. et al. 2005: «Science» Bd. 309, S.1360–1362.

Abb. 6 > CO₂-Bilanz des Waldes von 1990 bis 2003 gemäss dem Treibhausgasinventar der Schweiz.

Der Wald erscheint immer als eine Senke, selbst in den Jahren mit den starken Schäden durch die Stürme Vivian und Lothar. Dies aber nur, weil die Werte über drei Jahre gemittelt werden. In Tat und Wahrheit war der Schweizer Wald im Jahr 2000 eine Quelle. Erfasst ist nur die lebende Biomasse der Bäume ohne Totholz und Boden. Für das Kyoto-Protokoll sind die Leistungen in der Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 massgebend. Zudem sind maximal 1,83 Mio. t CO₂ anrechenbar, und es gelten zusätzliche Bestimmungen, so dass die Werte des Treibhausgasinventars nicht direkt auf die Kyoto-Verpflichtung übertragen werden können.



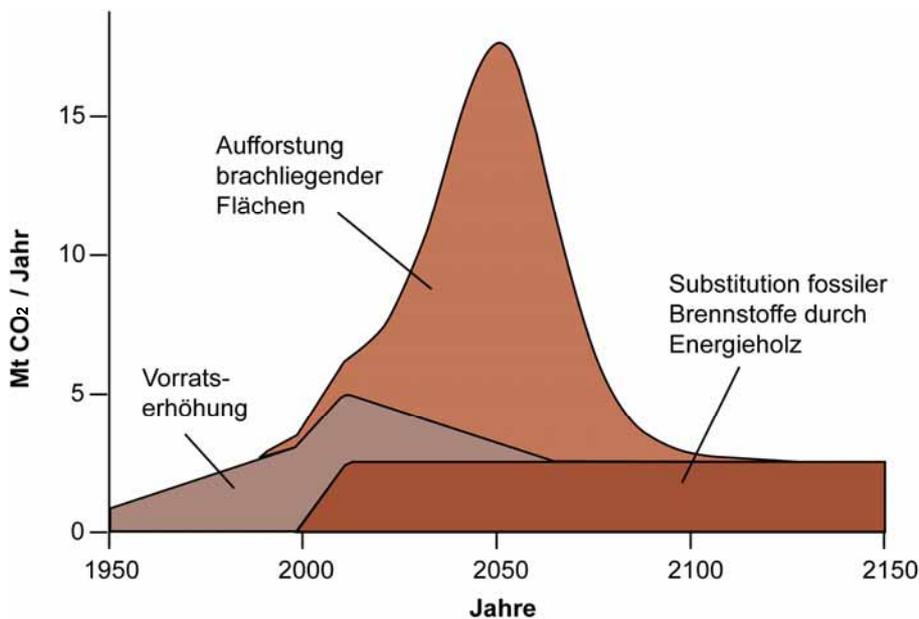
Quelle: BAFU.

Aus all den genannten Gründen vermögen Senken nur vorübergehend und ergänzend einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten (Abb. 7). Sie ermöglichen einen Zeitgewinn, um emissionsarmen Technologien zum Durchbruch zu verhelfen.

Eine ebenso klimawirksame Alternative zur Senkenleistung des Waldes bietet sich in Form zusätzlicher Holznutzung an. Einerseits ersetzt Energieholz fossile Brennstoffe. Andererseits wird durch die Verwendung von Holz als Baumaterial fossile Energie eingespart, die sonst für die Herstellung von Kunststoff, Stahl, Aluminium oder Beton benötigt wird (Kapitel 7). Im Unterschied zur im Verlaufe der Zeit erlahmenden Senkenleistung ist die Holznutzung nachhaltig über beliebig lange Zeiträume fortsetzbar (Abb. 7). Eine auf nachhaltige Waldwirtschaft ausgerichtete Holznutzung kann deshalb als wirklich dauerhafter, langfristig wirksamer, da unerschöpflicher, forstwirtschaftlicher Beitrag zum Klimaschutz angesehen werden.

Abb. 7 > Theoretisch mögliche Senkenleistung des Waldes in der Schweiz durch Aufforstung (Artikel 3.3) und Waldbewirtschaftung (Artikel 3.4).

In dieser Modellrechnung (ETH-Studie¹³) wurde nur die lebende Biomasse der Bäume ohne Totholz und Boden erfasst. Für die Erfüllung des Kyoto-Protokolls sind die Leistungen in der Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 massgebend.



Der Bundesrat befürwortet die Anrechnung von Senkenleistungen, sofern diese nicht im Widerspruch zum Gemeininteresse und zu den längerfristigen Zielsetzungen von Klimapolitik sowie Wald- und Landwirtschaft stehen.¹⁴ Angesichts der Berechnungsunsicherheiten und der zeitlichen Grenzen bilden allfällige Senkenleistungen eine Reserve für den Fall, dass die Emissionen auf Grund von kalten Wintern, stärkerem Wirtschaftswachstum oder Stromproduktion mit fossilen Brennstoffen ansteigen. Die Anrechnung von Senken an die Reduktionsziele des CO₂-Gesetzes ist nicht zulässig. Anrechenbar ist hingegen eine verstärkte Nutzung des Holzes als CO₂-neutraler Energieträger und als Ersatz für Materialien, die mit fossiler Energie erzeugt wurden. Verbautes Holz, in dem Kohlenstoff auch nach der Ernte weiter gespeichert bleibt, ist ja gemäss Kyoto-Protokoll 2008 bis 2012 nicht als Senkenleistung anrechenbar (Kapitel 7).

Senken als Reserve bei ungünstiger Emissionsentwicklung

¹³ Fischlin et al. 2003: Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. www.sysecol.ethz.ch/Reports.html.

¹⁴ SR 05.057: Botschaft zur Genehmigung des CO₂-Abgabengesetzes für Brennstoffe.

6 > Senkenanrechnung und Folgen für die Funktionen des Waldes

In Wäldern, die als Senken wirken, nimmt das durchschnittliche Alter der Bäume meist zu. Nach Jahren oder auch Jahrzehnten verringert sich ihre Vitalität. Die Senkenwirkung dauert deshalb nicht beliebig lange an und erschöpft sich im Verlaufe von Jahrzehnten. Eine einseitig forcierte Senkenpolitik steht auch im Widerspruch zur Forderung, mehr Holz zu nutzen.

Derzeit nimmt der Kohlenstoffvorrat des Schweizer Waldes zu. Die Konsequenz: Das durchschnittliche Alter der Bäume steigt an und damit tendenziell auch der Anteil kranker oder geschwächter Bäume. Sterben diese ab oder fallen sie um und reissen gleichzeitig im vorratsreichen, dichten Wald noch andere Bäume mit, nimmt der CO₂-Verlust im Wald auf natürliche Weise zu. Dies geschieht so lange, bis sich Aufnahme und Abgabe von CO₂ etwa die Waage halten. «Bäume wachsen nicht in den Himmel!» Die Senkenwirkung des Waldes kann daher nicht beliebig lange andauern. Der Holzvorrat im Schweizer Wald ist abgesehen von der Alpensüdseite im europäischen Vergleich gross (Tab. 1) und die Senkenwirkung des Schweizer Waldes somit etwas stärker begrenzt.

Lebenszyklus eines Waldes

Tab. 1 > Holzvorräte stehender, lebender Bäume in der Schweiz und in Europa in m³/ha.

Schweiz				Deutschland	Österreich	Italien	Finnland
Mittelland	Alpen	Alpensüdseite	gesamt				
435	298	207	354	271	286	169	86

Quelle: LFI2.

Unklar ist zurzeit, wie sich die Nutzung der Wälder als Senken auf andere Leistungen des Waldes, wie zum Beispiel auf die Biodiversität, auswirkt. Einerseits begünstigt sie eine Entwicklung in Richtung Urwald, andererseits vermindern dichtere und dunklere Wälder die Vielfalt im Unterholz. Es stellt sich zudem die Frage, ob ältere Senkenwälder Funktionen wie Schutz vor Steinschlag und Lawinen weiterhin erfüllen können.

Einfluss auf Waldfunktionen

Die Senkenoption im Kyoto-Protokoll und die Forderung nach einer verstärkten Holznutzung (für Energieholz und Baustoffe) vergrössert die Palette der Funktionen des Waldes: Zu den Funktionen Wirtschaftswald zur Produktion traditioneller Holzprodukte, Schutzwald, Erholungswald in Ballungs- und Tourismusregionen und Naturwald im

Neue Funktionen des Waldes

Dienst des Naturschutzes kommen die Senken- und die Bioenergiefunktion dazu. Waldfunktionen sollten dort entflochten werden, wo sie sich gegenseitig konkurrieren. So darf zum Beispiel die Funktion eines Schutzwaldes nicht durch die Senkenanreicherung beeinträchtigt werden. Aber auch andere mögliche Beeinträchtigungen wie zum Beispiel die Holznutzung müssen geprüft werden. Hingegen könnte sich ein unrentabler, schlecht erschlossener Wald gut als Senkenwald eignen. Die Ausscheidung von Senken gilt demnach auch als Chance für die Waldwirtschaft. Senkenleistung steht nicht notwendigerweise mit der Holznutzung in Konflikt, sondern stellt eine sinnvolle Ergänzung dar, nämlich da, wo die Nutzung wenig angezeigt oder schon aus rein wirtschaftlichen Gründen unrentabel ist.

Eine völlige Entflechtung der Waldfunktionen ist allerdings nicht im Sinne des nationalen Waldprogramms¹⁵. Es legt die Vorrangfunktionen für den Schutz vor Naturgefahren und für die Biodiversität fest. Der übrige Wirtschaftswald soll nach marktwirtschaftlichen Grundsätzen bewirtschaftet werden, ohne allerdings die Nachhaltigkeit der Holznutzung zu gefährden. Der klimafreundliche Rohstoff Holz soll als Energieträger und Baustoff gefördert und die Senkenleistung des Waldes soll unter marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten anerkannt werden.

**Waldprogramm setzt
auf Holznutzung**

¹⁵ Projektleitung WAP-CH 2004: Waldprogramm Schweiz (WAP-CH). Schriftenreihe Umwelt Nr. 363, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 117 S. www.umwelt-schweiz.ch/wap.

7 > Beitrag der Holznutzung zum Klimaschutz

Der Wald kann nicht nur als Senke zum Klimaschutz beitragen. Auch die Verwendung des Rohstoffes Holz als Bau- und Werkstoff sowie als Energieträger reduziert die CO₂-Emissionen. Untersuchungen zeigen, dass die Senke im Wald nicht beliebig vergrössert werden kann. Die Reduktion der CO₂-Emissionen durch Holznutzung hingegen ist unbegrenzt und damit ein wesentlicher Beitrag zu einem langfristigen Klimaschutz.

Holz wird unterschiedlich eingesetzt: für Konstruktionsteile, Möbel, Verpackungen, Papierherstellung, Heizung. Für eine Reduktion der CO₂-Emissionen sind folgende Aspekte relevant:

Reduktion der CO₂-Emissionen

- > Ersatz (Substitution) konventioneller Bau- und Werkstoffe durch Holzprodukte,
- > Ersatz fossiler Energieträger durch die Verbrennung von Waldholz, Produktionsrestholz und Gebrauchtholz,
- > Erhöhung des Kohlenstofflagers durch die Verwendung von langlebigen Holzprodukten im Zivilisationskreislauf.

Wird Holz aus dem Wald entfernt, führt dies zu einer Abnahme des dortigen Kohlenstoffvorrates. Die Holzernte wird deshalb gemäss Kyoto-Protokoll in der Senkenbilanz als CO₂-Emission verbucht. Diese Betrachtung vernachlässigt, dass es eine Rolle spielt, wie das Holz verwendet wird. Wird Holz für langlebige Holzprodukte verwendet, bleibt der Kohlenstoff darin gebunden. Hinzu kommt: Für die Herstellung etwa eines Dachstuhles oder von Möbeln aus Holz wird weniger Energie verbraucht, als wenn konventionelle Materialien wie Beton oder Aluminium eingesetzt werden. Das heisst: Es wird auch weniger CO₂ ausgestossen. Die globalen Treibhausgasemissionen werden deshalb durch die vermehrte Verwendung von Holzprodukten reduziert (Tab. 2).

Tab. 2 > Substitutionseffekte durch die Verwendung von Holz pro m³.

Holzeinsatz	Vermeidung von CO ₂ -Emissionen in Tonnen CO ₂ pro m ³ Holz
Substitution von konventionellen Bau-/Werkstoffen inkl. energetischer Nutzung von Rest- und Gebrauchtholz	1,0
Substitution von fossilen Energieträgern	0,6
Liegenlassen von Holz im Wald	0,0

Quelle: BUWAL 2005.

Gemäss Kyoto-Protokoll sind für die CO₂-Bilanzen die nationalen Grenzen massgebend (Tab. 3). Wenn Holzprodukte ausgeführt werden, belasten die Energiemengen, die zu ihrer Herstellung aufgewendet wurden, die CO₂-Bilanz der Schweiz. Um diese Energiemenge wird die CO₂-Bilanz im importierenden Land entlastet. Auch die CO₂-Einsparungen durch die Substitutionseffekte führen im Ausland zu einer besseren CO₂-Bilanz. Werden dagegen Holzprodukte eingeführt, fällt die CO₂-Belastung zu ihrer Herstellung im Ausland an, die CO₂-Bilanz der Schweiz dagegen wird durch die Auslagerung der Produktion entlastet.

**Auswirkungen
des Holzaussehenshandels**

Tab. 3 > Wechselwirkung zwischen Aktivitäten und CO₂-Effekten im In- und Ausland.

Schweiz exportiert Holz	CO₂-Effekte
Vorratsveränderung im Wald	Werden durch die Schweiz genutztes Holz oder Holzprodukte exportiert, kann die Nutzung des Waldes im Ausland reduziert werden. Die Senke im Ausland nimmt zu, in der Schweiz nimmt sie ab.
Substitutionseffekt Material (inkl. energetischer Nutzung)	Werden im Ausland konventionelle Materialien (Beton, Aluminium usw.) durch Schweizer Holz ersetzt, entsteht eine CO ₂ -Minderbelastung im Ausland.
Vorratsveränderung im Zivilisationskreislauf	Werden im Ausland konventionelle Materialien durch Produkte aus Schweizer Holz ersetzt, steigt dort der Kohlenstoffvorrat an.
Schweiz importiert Holz	CO₂-Effekte
Vorratsveränderung im Wald	Wird im Ausland genutztes Holz importiert, kann die Nutzung im Schweizer Wald reduziert werden. Die Senke im Schweizer Wald nimmt zu, im Ausland nimmt sie ab.
Substitutionseffekt Material (inkl. energetischer Nutzung)	Werden in der Schweiz konventionelle Materialien durch importierte Holzprodukte ersetzt, verbessert sich die inländische CO ₂ -Bilanz. Die Produktionsemissionen werden dem Ausland belastet.
Vorratsveränderung im Zivilisationskreislauf	Werden in der Schweiz konventionelle Materialien durch importierte Holzprodukte ersetzt, erhöht sich der inländische Kohlenstoffvorrat.

Weil Brennholz aus dem Wald und Restholz aus der Holzverarbeitung praktisch nicht exportiert werden, kommt ihre Verbrennung der Schweiz zugute: Die Holzverbrennung ersetzt direkt fossile Energieträger wie Heizöl oder Erdgas. Global betrachtet – ohne Berücksichtigung der Landesgrenzen – gelten die Substitutionseffekte, die in Tabelle 2 dargestellt sind.

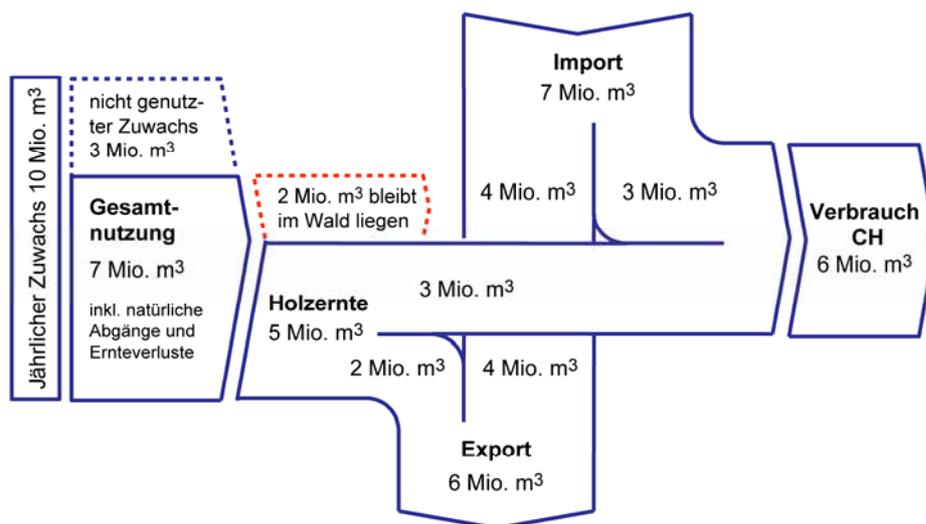
Eine Erhöhung der jährlichen Holzernte im Schweizer Wald von heute 5 Millionen m³ auf 9 Millionen m³ ist machbar (Abb. 8). Das zeigen Zwischenresultate einer neuen Studie¹⁶, die im Auftrag des BAFU erstellt wird. Sie stützen sich auf den Holzzuwachs (Nutzungspotenzial) im Schweizer Wald und auf Abschätzungen der Marktpotenziale ab. Zur Umsetzung einer solchen Nutzungserhöhung muss jedoch ein politischer Wille vorhanden sein, der zu günstigeren Rahmenbedingungen führt.

**Profit durch Steigerung der
Holzernte**

¹⁶ GEO Partner AG, EMPA, Dr. Werner Umwelt & Entwicklung.

Abb. 8 > Nutzungspotenzial und Materialfluss des Holzes.

Nutzungspotenzial und Materialfluss des Holzes in der Schweiz (2003) in Mio. m³ feste Holzmasse, gerundet.



Quelle: BUWAL 2005.

Eine Steigerung der jährlichen Holzernte im Schweizer Wald auf 9 Millionen m³ bringt global eine Reduktion von rund 8 Millionen Tonnen CO₂. Darin sind die Senkenwirkungen der aus dem Holz entstandenen Produkte sowie sämtliche Substitutionsleistungen enthalten. Diese Nutzungspolitik ist nachhaltig, weil auch kommende Generationen von der optimierten CO₂-Wirkung des Waldes und der Holzverwendung profitieren können (Tab. 4). Bei der erhöhten Holznutzung geht die Senkenleistung im Wald entsprechend zurück.

Tab. 4 > Globale CO₂-Reduktion durch Schweizer Holzernte von 9 Mio. m³ im Jahre 2030.

Holzsoriment / Wald	Holzernte Schweiz ²	Substitution Energieholz ³	Substitution Holzprodukte ⁵	Vorratsveränderung Holzprodukte ⁴	Total
	Mio. m ³	Mio. t CO ₂ -Äquivalente			
Nutzholz ¹	6,4	2,2	3,0	1,3	6,5
Brennholz	2,6	1,6			1,6
Globale CO ₂ -Effekte		3,8	3,0	1,3	8,1

¹ Der Holzassesshandel ist berücksichtigt.

² Die Steigerung der Schweizer Holzernte erfolgt kontinuierlich und erreicht nach 30 Jahren 9 Mio. m³ (daher das Jahr 2030).

³ Energieholz umfasst Brennholz aus dem Wald, Restholz aus der Holzverarbeitung und Gebrauchtholz vom Abbruch.

⁴ Es wird davon ausgegangen, dass ins Ausland exportierte Schweizer Holzprodukte je zur Hälfte ausländische Holzprodukte und konventionelle Produkte ersetzen.

⁵ Diese Vorratsveränderung bei den Holzprodukten ist gemäss Kyoto-Protokoll zurzeit nicht anrechenbar.

Quelle: GEO Partner AG, EMPA, Dr. Werner Umwelt & Entwicklung, WSL 2005.

Die Studie zeigt einen weiteren wichtigen Aspekt: Bei einer Verringerung der Holznutzung von heute 5 Millionen m³ auf 3 Millionen m³ wird zu Beginn die Senkenwirkung des Waldes stark erhöht. Nach einigen Jahrzehnten aber nimmt diese Wirkung ab, und das System wird zu einem Risikofaktor, weil der Wald in der Zwischenzeit einen sehr hohen Vorrat aufgebaut hat und damit möglicherweise auf Stürme und andere Waldschäden empfindlicher reagiert.

In Ergänzung zur Klimawirkung zeigt die Studie eine soziale Komponente auf: Bei einer Verringerung der Holznutzung von heute 5 Millionen m³ auf 3 Millionen m³ gehen rund 10'000 Arbeitsplätze verloren, bei einer Steigerung der Nutzung auf 9 Millionen m³ dagegen werden rund 30'000 neue Arbeitsplätze geschaffen.

Bei der Holznutzung stehen die Wirkungen der Substitution von Produkten und Energieträgern langfristig gesehen klar im Vordergrund. Die Senkenwirkungen sind weder im Wald noch im Zivilisationskreislauf beliebig steuerbar und können auch zu Quellen werden (Sturmereignisse). Demgegenüber sind die Substitutionsleistungen sofort wirksam und nicht reversibel. Aus klimapolitischen Überlegungen führen deshalb langfristig einzig Substitutionsleistungen zu einem dauerhaften Lösungsbeitrag.

8 > Fazit

1. Das Ziel des Kyoto-Protokolls ist in erster Linie, in den Industrieländern die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Treib- und Brennstoff zu reduzieren. Die Anrechnung von Senken ist mengenmässig begrenzt und nur eine Ergänzung zu den Reduktionsmassnahmen. Das heisst: Die Option Senken schafft allenfalls einen zeitlichen Spielraum, bis mit Energiesparmassnahmen und klimafreundlichen Alternativen die CO₂-Emissionen effektiv reduziert werden können.

Die Anrechnung von Senken kann Reduktionsmassnahmen ergänzen.
2. Senken sind nicht unerschöpflich, bieten also keinen langfristig nachhaltigen Klimaschutz. Aufforstungen sind flächenmässig begrenzt, und in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts erlahmt die Kohlenstoffspeicherung in den bestehenden Wäldern. Da Wälder hohe Kohlenstoffmengen speichern, stellen sie für die Klimapolitik ein gewisses Risiko dar, das sich durch eine Förderung von Senkenwäldern tendenziell erhöht. Stürme, Trockenheit, Waldbrände oder Borkenkäferepidemien können die Senkenwirkung reduzieren oder sogar dazu führen, dass der Wald zu einer Quelle wird: Der gespeicherte Kohlenstoff gelangt als CO₂ wieder zurück in die Atmosphäre. Eine erlahmte Senkenwirkung und allenfalls zusätzlich aus Wäldern entweichende CO₂-Emissionen müssen mit anderen Reduktionsmassnahmen kompensiert werden. Die heutige Anrechnung der Senkenleistung zwingt also künftige Generationen zu zusätzlichen CO₂-Reduktionsanstrengungen beim Verbrauch fossiler Treib- und Brennstoffe.

Senken bieten keinen langfristigen Beitrag zum Klimaschutz.
3. Auch für die Zeit nach 2012 dürfte die Funktion des Waldes in den Klimaverhandlungen eine wichtige Rolle spielen. Staaten wie Russland oder Kanada mit beträchtlichen Waldflächen sind interessiert daran, die Senkenoption zu nutzen. Gleichzeitig wird die Bedeutung der Holznutzung (Holzenergie und langlebige Holzprodukte) für den zukünftigen Klimaschutz zunehmen.

Senken spielen in künftigen Klimaverhandlungen eine wichtige Rolle.
4. Wer Senken anrechnet, verpflichtet sich bis in die ferne Zukunft, über die Leistung der Wälder Rechenschaft abzulegen. So muss das Monitoring und Reporting weitergeführt werden. Auf diesem Wege müssen auch spätere Senken und Quellen erfasst werden.

Überwachung muss über Jahrzehnte erfolgen.
5. Mit der periodischen Erfassung der Kohlenstoffbilanz grosser Landflächen ergibt sich längerfristig ein Instrument, dank dem die menschlichen Einflüsse auf die Ökosysteme und schliesslich auf das Klimasystem besser erkannt werden. Dies ist zu begrüssen, denn grossflächige Rodungen und die Übernutzung von Wäldern, insbesondere in Entwicklungsländern, tragen mit einem Fünftel der CO₂-Emissionen entscheidend zur weltweiten Klimabelastung bei. Daher ist künftig jegliche Übernutzung von Wäldern zu verhindern und weltweit eine nachhaltige Waldnutzung zu fördern.

Die Kohlenstoffbilanz hilft, Ökosysteme besser zu bewirtschaften.

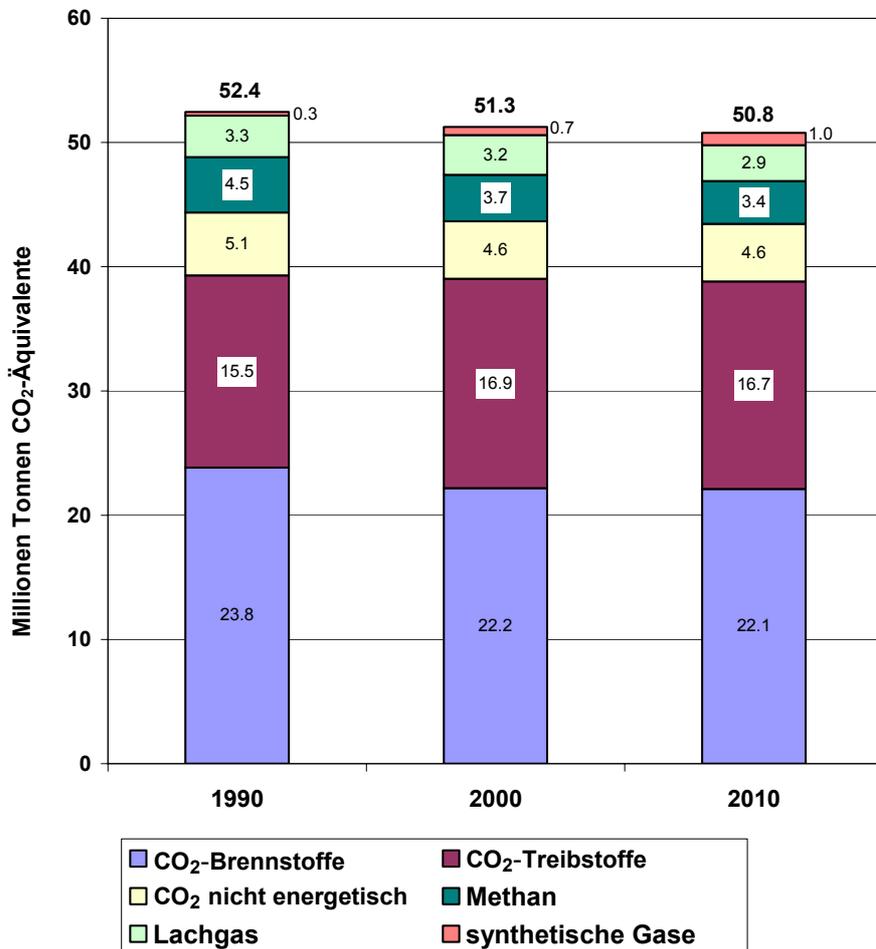
6. Die Senkenleistung des Schweizer Waldes ist zeitlich begrenzt, lässt sich nur mit beträchtlichem Aufwand berechnen und ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Deshalb kann es nicht das Ziel sein, die Schweizer Waldpolitik spezifisch und einseitig auf die Förderung von Senkenwäldern auszurichten. Diese sind zwar – zusammen mit den CO₂-Leistungen der Holznutzung – im Waldprogramm vorgesehen und ergänzen die herkömmlichen Waldfunktionen um einen klimapolitisch bedeutsamen Aspekt. Der Schwerpunkt soll aber langfristig in einer nachhaltigen Waldnutzung liegen, das heisst in der Förderung des klimafreundlichen Energieträgers und Baustoffes Holz.

Der Schwerpunkt des Waldprogrammes liegt in einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung.

> Anhänge

> A1 Treibhausgasemissionen gemäss Kyoto-Protokoll 1990 und 2000 sowie geschätzte Entwicklung bis 2010 in CO₂-Äquivalenten

Abb. 9 > Treibhausgasemissionen sowie geschätzte Entwicklung.



> **A2 Direkte menschliche Einflüsse, Vergandung und Einwuchs**

Erhöhungen des Kohlenstoffvorrats, die nicht auf direktes (Art. 3.3) bzw. indirektes (Art. 3.4) menschliches Einwirken zurückzuführen sind, dürfen nicht als Senke angerechnet werden. Verringert sich der Kohlenstoffvorrat ohne menschliches Einwirken, muss dies aber auch nicht als Quelle angerechnet werden. Nicht angerechnet wird daher zum Beispiel eine vergandende Fläche, also landwirtschaftliches Land, das ohne jegliches menschliches Zutun neu zu Wald wird. Wird das Aufkommen von Wald aber durch Massnahmen wie Einzäunung in Gang gesetzt und gefördert, so gilt dies im Sinne des Kyoto-Protokolls als anrechenbare Auf- bzw. Wiederaufforstung. Unberücksichtigt bleibt die Zerstörung nicht bewirtschafteter Wälder durch Naturereignisse wie Stürme, Brände und Lawinen, es sei denn, die vormalige Waldfläche wird danach landwirtschaftlich genutzt oder überbaut. Unbewirtschaftete Wälder sind ausgeklammert, weil das Kyoto-Protokoll bloss Anreize für menschliches Handeln, das dem Klimaschutz dient, schaffen will.

Ertragsarme, schwer zugängliche und nutzungs-extensive Standorte in der Landwirtschaft werden je länger je weniger genutzt. In höheren Lagen wird häufig die Nutzung aufgegeben. Die Flächen verganden und werden unterhalb der Waldgrenze im Laufe der Zeit wieder zu Wald. Die Waldfläche in der Schweiz nimmt daher weiterhin zu. Da diese Wälder oft ohne menschliches Dazutun entstehen, können sie korrekterweise nicht angerechnet werden (Art. 3.3). Meist fehlt auch ein klarer Entscheid, welcher zumindest vorhanden sein müsste, damit ein direkter menschlicher Einfluss überhaupt geltend gemacht werden könnte.

Die Frage der einwachsenden Flächen betrifft nicht nur die Schweiz, sondern auch die Nachbarländer. Es könnte daher sinnvoll sein, das Problem der Anrechnung solcher Flächen in Mitteleuropa gemeinsam zu lösen. Gemäss den Richtlinien zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls gibt es zum Beispiel die Möglichkeit, einwachsende Flächen zuerst als nicht bewirtschaftetes Grasland zu klassifizieren, sofern 1990 noch kein Wald vorhanden war. Später würde daraus dann nicht bewirtschafteter Wald. Hingegen würde es sich im Fall, dass der Wald bereits 1990 vorhanden war, um nicht bewirtschafteten Wald handeln, der nicht angerechnet werden kann. In beiden Fällen kann die Bewirtschaftung nachträglich beginnen, wobei darunter Bewirtschaftung im konventionellen Sinn, aber auch die Ausscheidung als Reservat verstanden werden kann. Damit werden die Flächen anrechenbar. Die gleiche Überlegung gilt auch für Gebüschwälder.

> **A3 Walddefinitionen nach Kyoto-Protokoll und Schweizer Recht**

Damit bestocktes Land gemäss der Definition des Kyoto-Protokolls als Wald gilt, müssen die folgenden drei Anforderungen erfüllt sein: minimale Fläche, minimaler Deckungsgrad durch die Baumkronen und minimal erreichbare Baumhöhe. Die minimale Fläche (0,05–1 ha), der minimale Deckungsgrad (10–30%) und die minimal erreichbare Baumhöhe (2–5 m) müssen von jedem Land spätestens bis zum Herbst 2006 innerhalb der in Klammern angegebenen Werte bestimmt werden. Einmal festge-

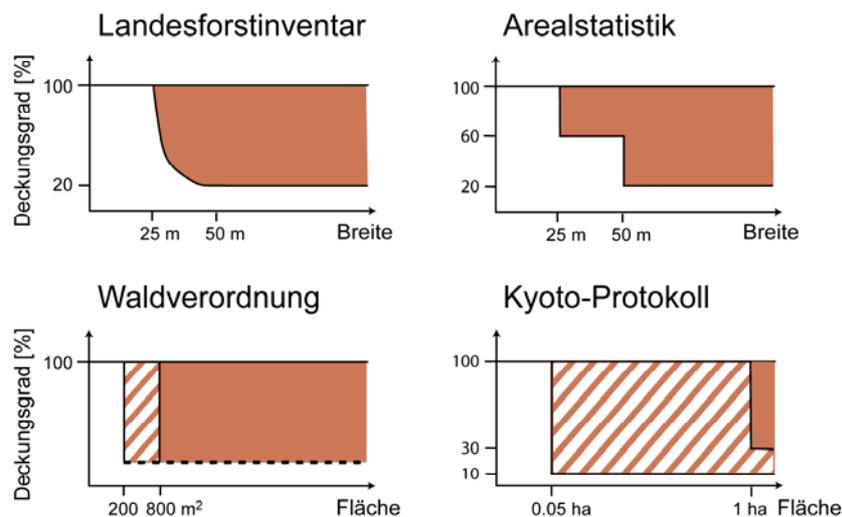
legt, können diese Werte nachträglich nicht mehr verändert werden. Sie sind massgebend für die Erfassung von Aufforstungen und Rodungen, die in der Bilanz angerechnet werden müssen (Art. 3.3). Naturverjüngungen, Pflanzungen und Flächen, die nach der Holzernte oder nach natürlichen Ereignissen wie Sturm oder Brand für eine begrenzte Zeit unbestockt sind, bleiben gemäss Kyoto-Protokoll Wald, vorausgesetzt, die Flächen werden weiterhin als Wald genutzt.

In der Schweiz werden unterschiedliche Walddefinitionen angewendet (Abb. 10). Die Walddefinitionen nach dem Landesforstinventar (LFI) und der Arealstatistik lassen sich ins Schema der Definition nach dem Kyoto-Protokoll einfügen. Hingegen unterschreitet das minimale Flächenmass gemäss Waldverordnung die untere Flächengrenze gemäss Kyoto-Protokoll. Zudem schöpfen die Kantone mittels kantonal festgelegter Walddefinitionen den Spielraum innerhalb der nationalen Bestimmung in unterschiedlicher Weise aus.

Für die Schweiz rechtlich verbindlich sind sowohl die Definition nach Kyoto-Protokoll als auch die Definition nach Waldgesetz. Das Kyoto-Protokoll ist für die Anrechnung der Senkenleistung massgeblich, der Waldbegriff des Waldgesetzes hat dagegen Auswirkungen darauf, ob eine Fläche der Waldgesetzgebung untersteht. Die Walddefinitionen nach Arealstatistik und Landesforstinventar dienen allein statistischen Zwecken. Für die Anrechnung ans Kyoto-Protokoll muss geprüft werden, welche Definition anwendbar ist und wieweit die verschiedenen Definitionen allenfalls harmonisiert werden müssten.

Abb. 10 > Walddefinitionen.

Walddefinitionen gemäss Landesforstinventar, Arealstatistik, Waldverordnung und Kyoto-Protokoll.



Schraffiert = Spielraum zur Wahl einer Definition.

> A4 Geschichtlicher Hintergrund des Klimaschutzes

1979

An der ersten Weltklimakonferenz wird das Klimaforschungsprogramm (WCP) initiiert, und die Regierungen werden aufgefordert, sich im Klimaschutz zu engagieren.

1988

Gründung des zwischenstaatlichen Sachverständigenausschusses für Klimaänderung (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC).

1990

Der erste Lagebericht des IPCC fasst das Wissen über Klimaschutz und -wandel sowie die Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft zusammen.

1990

An der zweiten Weltklimakonferenz werden eine Konvention zum Schutz des Klimas gefordert und wichtige Prinzipien davon verabschiedet.

1992

Am Umweltgipfel in Rio wird die Rahmenkonvention UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) beschlossen, die zum erklärten Ziel hat, die Treibhausgaskonzentrationen der Atmosphäre auf einem ungefährlichen Niveau zu stabilisieren.

1994

Die UNFCCC tritt in Kraft, nachdem 50 Staaten (inkl. USA an vierter Stelle) sie ratifiziert haben.

1995

Der zweite IPCC-Bericht kommt zum Schluss, dass es einen erkennbaren Einfluss des Menschen auf das globale Klima gibt.

Ab 1995

Jährliche Zusammenkunft der Vertragsstaaten der Klimakonvention (COP). Im Mandat von Berlin wird festgehalten, dass ein wirksamer Klimaschutz besondere Anstrengungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen erfordere.

1996

Die revidierten Anleitungen zur Berechnung der Treibhausgasinventare werden erstellt (IPPC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories).

1997

Die dritte Konferenz (COP3) verabschiedet in Kyoto ein Protokoll, das als verpflichtende Grundlage für die Umsetzung der Emissionsreduktionen dient. Das Hauptziel, gestützt auf marktwirtschaftliche Prinzipien, besteht darin, die Treibhausgasemissionen zwischen 2008 und 2012 in länderspezifischer Art, aber insgesamt um 5,2%, gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren. Damit es in Kraft tritt, müssen es mindestens

55 Länder ratifizieren. Zudem müssen die ratifizierenden Länder insgesamt für mindestens 55% der CO₂-Emissionen der Industrieländer von 1990 verantwortlich sein.

2000

Der Spezialbericht des IPCC zu Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft erscheint (Special Report on Land Use, Land-Use Change, and Forestry – IPCC SR-LULUCF). Er spielt bei den Verhandlungen zu den Senkenfragen eine wichtige Rolle.

2000/01

Die Konferenzen der Vertragsparteien (COP6/6 bis und COP7) einigen sich bei der konkreten Umsetzung und Ausgestaltung des Kyoto-Protokolls (Vereinbarungen von Bonn und Marrakesch).

2001

Dritter IPCC-Lagebericht zum Klima erscheint: Der menschliche Einfluss auf die Klimaänderung wird erhärtet. Die in den letzten 50 Jahren beobachtete Erwärmung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit (66–90%) vorwiegend auf die durch den Menschen erhöhten Treibhausgaskonzentrationen zurückzuführen.

2001

Die USA erklären, dass sie das Kyoto-Protokoll nicht ratifizieren werden. Trotz letzter Kompromisse, die die Anforderungen des Protokolls weiter aufweichen, ist das politische Signal klar: Auch ohne die USA will die Staatengemeinschaft eine verbindliche, international koordinierte Politik zum Schutz des Klimas.

2001

Die Konferenz der Vertragsparteien in Marrakesch (COP7) fordert das IPCC auf, ein Handbuch zu Fragen der Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft zu erstellen (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, GPG-LULUCF).

2003

Die Schweiz ratifiziert das Kyoto-Protokoll. Sie verpflichtet sich damit, ihre Treibhausgasemissionen zwischen 2008 und 2012 gegenüber dem Stand von 1990 im Schnitt um 8% (gleich wie EU) zu reduzieren.

2003

Die Konferenz der Vertragsparteien (COP9) in Mailand empfiehlt den Ländern, den in der Zwischenzeit erstellten GPG-LULUCF anzuwenden.

2005

Das Kyoto-Protokoll tritt 90 Tage nach der Ratifikation durch Russland am 16.2.2005 in Kraft und wird damit für die Schweiz völkerrechtlich verbindlich.

> A5 Glossar

Annex-I-Länder

Der Annex I der Klimarahmenkonvention von 1992 listet alle Länder auf, die im Rahmen der Klimarahmenkonvention die Selbstverpflichtung zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen per 2000 auf den Stand von 1990 übernommen haben. Auf der Liste stehen alle OECD-Länder (ausser Korea und Mexiko) sowie alle osteuropäischen Länder. Der Begriff «Annex-I-Länder» wird daher oft synonym mit «Industrieländer» benutzt.

Aufforstung (Art. 3.3)

Das Kyoto-Protokoll unterscheidet im Artikel 3.3 zwischen Aufforstung und Wiederaufforstung. Als Aufforstung gilt, wenn eine Fläche nach dem 1.1.1990 aufgeforstet wird und darauf seit mehr als 50 Jahren kein Wald gestanden hat. Als Wiederaufforstung gilt, wenn eine Fläche nach dem 1.1.1990 aufgeforstet wird und weniger als 50 Jahre waldfrei war, jedoch zumindest am 31.12.1989 noch waldfrei war. Natürlich einwachsende Landwirtschaftsflächen, die ohne aktives Zutun des Menschen zu Wald werden, gelten nicht als Aufforstungen. Die Senkenleistung einer Aufforstung muss gemäss Kyoto-Protokoll zwingend im nationalen Treibhausgasinventar bilanziert werden.

Biomasse

Gesamte Masse an lebendem organischem «Material» in einem Ökosystem. Das Kyoto-Protokoll und die darauf beruhenden Folgebestimmungen verlangen die Erfassung der Kohlenstoffvorräte der oberirdischen Biomasse (Stamm, Äste), der unterirdischen Biomasse (Wurzeln) sowie zusätzlich der Streu, des Totholzes und der organischen Bodensubstanz. Die Biomasse im Wald wird üblicherweise aus dem mit herkömmlichen Methoden bestimmten Holzvolumen, der Holzdichte und einem Expansionsfaktor für Äste und Wurzeln berechnet.

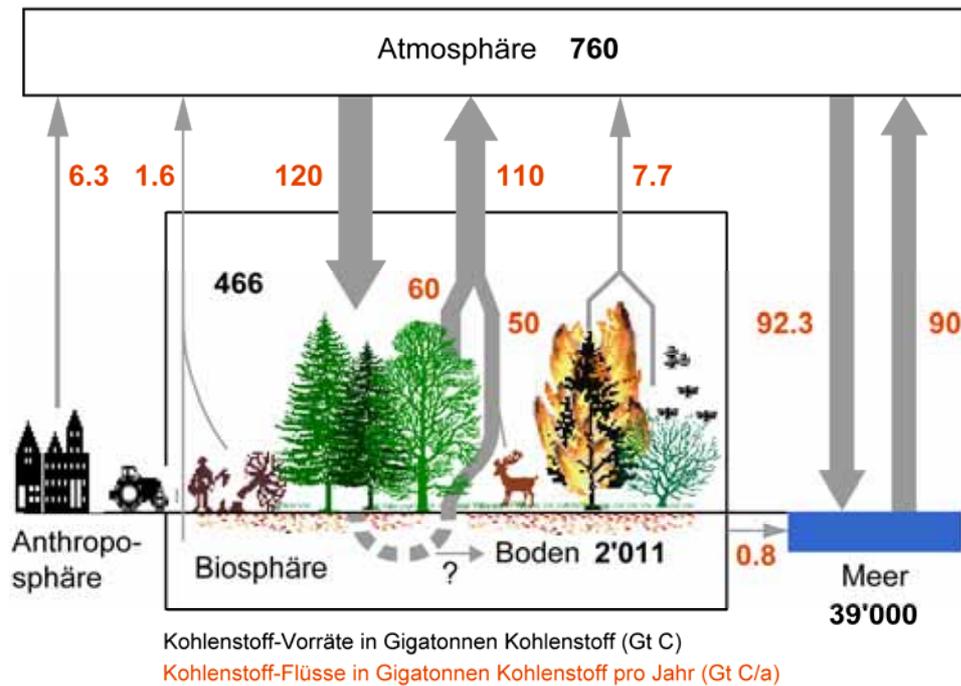
CO₂-Äquivalent

Emissionen der verschiedenen Treibhausgase (siehe Treibhausgase) werden auf CO₂-Äquivalente normiert. Damit wird dem unterschiedlichen Erwärmungspotenzial der Klimagase Rechnung getragen. So entspricht zum Beispiel eine Tonne Methan (CH₄) 21 Tonnen CO₂-Äquivalenten, da das Erwärmungspotenzial von Methan das 21-Fache des Erwärmungspotenzials von CO₂ beträgt. Eine Tonne Lachgas (N₂O) entspricht 310 Tonnen CO₂-Äquivalenten.

CO₂-Flüsse und -Vorräte

Flüsse bezeichnen den CO₂-Austausch zwischen Speichern (Atmosphäre, Meere, Böden, Wälder) und werden üblicherweise in Tonnen CO₂ pro Jahr ausgedrückt. CO₂ wird in der Atmosphäre als CO₂ gespeichert, in den anderen Speichern aber in Form von verschiedenen Kohlenstoffverbindungen. Bei diesen Speichern wird der Vorrat deshalb in Tonnen C angegeben (siehe auch «Einheiten» sowie «Umrechnung Kohlenstoff C in CO₂»).

Globaler Kohlenstoffkreislauf



Quelle: Fischlin et al. 2003 (ETH-Studie) gestützt auf Daten aus Watson et al. 2000. Land Use, Land-Use Change, and Forestry – A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Siehe auch Abb. 1.

Einheiten

Oft verwendete Masseinheiten:

- Kilotonne = kt = 1'000 Tonnen
- Megatonne = Mt = 1'000'000 (Million) Tonnen
- Gigatonne = Gt = 1'000'000'000 (Milliarde) Tonnen

Emission

Der Ausstoss von Treibhausgasen (siehe «Treibhausgase») in die Atmosphäre unter anderem durch Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe, durch chemische Prozesse wie bei der Zementproduktion, aus Abfalldeponien und -verbrennung, durch Entweichen von Kühl-, Treib-, Isolations- und Reinigungsmitteln sowie durch Viehwirtschaft, Düngung, Pflügen und Entwässerung (Melioration).

Fossile Brennstoffe

Erdöl, Kohle und Erdgas. Diese Brennstoffe bestehen aus Kohlenstoffverbindungen, die CO₂ speichern, das in geologisch früheren Zeitaltern eingebunden wurde. Die gespeicherte Energie wird durch Verbrennung in nutzbare Energie umgewandelt. Dabei entsteht unter anderem Kohlendioxid CO₂, das als Gas in die Atmosphäre entweicht.

Holznutzung

Nutzung der Wälder zur Gewinnung von Holz. Angabe meist in m³/a (Kubikmeter pro Jahr). In den Industrieländern ist die Nutzung kleiner als der Zuwachs, in den meisten Entwicklungsländern ist es umgekehrt. Die Holznutzung bedeutet eine Abnahme des Holzvorrats und damit eine Verminderung der Senkenleistung oder bei Übernutzung sogar eine Quelle.

Holzvorrat

Holzvolumen der Bäume. Üblicherweise gemessen ab einem minimalen Stamm- oder Astdurchmesser. Angabe meist in m³/ha (Kubikmeter pro Hektare). Inbegriffen sind manchmal auch dürre und liegende Bäume, nicht aber Wurzeln. 1 m³/ha nutzbares Holz entspricht etwa 1 t gespeichertem CO₂. Im Unterschied zum Holzzuwachs hat der Holzvorrat an und für sich nichts mit der Senkenleistung zu tun (siehe Holzzuwachs).

Holzzuwachs

Zuwachs des oberirdischen, forstwirtschaftlich nutzbaren Holzvolumens der Bäume, also üblicherweise erst ab einem minimalen Stammdurchmesser ohne Äste und ohne Rinde. Angaben meist in m³/ha/a (Kubikmeter pro Hektare und Jahr). Bloss der Holzzuwachs, nicht der Holzvorrat ist mit der Senkenleistung verknüpft.

IPCC

Das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change; Zwischenstaatlicher Sachverständigenausschuss für Klimaänderung) wurde von der World Meteorological Organization (WMO) und dem United Nations Environment Programme (UNEP) gegründet. Das IPCC prüft den wissenschaftlichen, technischen und sozio-ökonomischen Kenntnisstand über Ursachen und Folgen der Klimaänderung und verfasst hierzu in Fünfjahresabständen einen Lagebericht. Im Zusammenhang mit Senken verfasste das IPCC zudem einen Spezialbericht zur Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land-Use Change and Forestry) sowie das Handbuch zur Anrechnung von Senken (Good Practice Guidance Land Use, Land-Use Change and Forestry, siehe Links im Anhang A6).

Kohlendioxid

Kohlendioxid ist ein Gas, das unter anderem bei der Verbrennung von Holz, Kohle, Erdöl und Erdgas, oder bei der Zementproduktion und Abfallverbrennung, wie auch bei der Atmung entsteht. Chemische Bezeichnung: CO₂ (Verbindung aus 1 Kohlenstoff- und 2 Sauerstoffatomen).

Landnutzungsänderung

Der Wechsel der Nutzungsform auf einer bestimmten Landfläche. Im Zusammenhang mit dem Klima ist vor allem der Wechsel zwischen der Nutzung als Wald und Nichtwald von Interesse. Konkret heisst das: Aufforstung bzw. Rodung. Landnutzungsänderungen gibt es auch in der Landwirtschaft, zum Beispiel der Wechsel von Ackerbau auf Graswirtschaft, oder durch die Überbauung von Landwirtschaftsflächen.

Rodung

Gemäss Kyoto-Protokoll müssen Rodungen, die nach dem 1.1.1990 erfolgen, in der nationalen Treibhausgasbilanz verbucht werden. Bei einer Rodung fällt immer eine

CO₂-Quelle an. Für die Quellenanrechnung ist aber nur der CO₂-Verlust zwischen 2008 und 2012 massgebend.

Treibhausgase

Wie das Glasdach eines Treibhauses behindern Treibhausgase in der Atmosphäre die Wärmerückstrahlung von der Erdoberfläche zurück in den Weltraum. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt wäre es auf der Erde 33°C kälter. Die mittlere Temperatur würde bloss -18°C betragen. Die Industrialisierung hat diesen natürlichen Treibhauseffekt verstärkt. Zurzeit enthält die Atmosphäre über 31% mehr CO₂, das einerseits durch Rodung bzw. Übernutzung von Wäldern, andererseits durch die Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe freigesetzt wurde (siehe Abb. bei «CO₂-Flüsse und -Vorräte»). Hält die Zunahme ungebremst an, führt dies im Verlaufe des 21. Jahrhunderts dazu, dass eine gefährliche Störung des Klimasystems nicht mehr ausgeschlossen werden kann. CO₂ ist das wichtigste Treibhausgas (Anteil in der Schweiz ca. 80%), jedoch nicht das einzige von Bedeutung. Zu den vom Kyoto-Protokoll erfassten Treibhausgasen zählen neben dem Kohlendioxid (CO₂) auch Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) sowie drei synthetische Gase bzw. Gasfamilien: Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆). Die Bilanz der Treibhausgasemissionen in der Schweiz ist im Treibhausgasinventar aufgeführt (www.climatereporting.ch).

Umrechnung Kohlenstoff C in CO₂

Oft sind CO₂-Äquivalente auch als Kohlenstoff C aufgeführt, wobei 1 kg Kohlenstoff = 3,7 kg CO₂ entspricht (Molekülgewicht CO₂ / Atomgewicht C = 44/12 ≈ 3,7).

Wiederaufforstung

siehe «Aufforstung»

>

A6 Weitere Informationen

ETH Studie

(Fischlin et al. 2003. Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. System-ökologiebericht No. 29, ISBN 3-9522686-0-7, Departement Umweltwissenschaften, ETH Zürich, 86 S.)

<http://www.sysecol.ethz.ch/Reports.html#29>

Klimakonvention, Kyoto-Protokoll (United Nations Framework Convention on Climate Change)

<http://www.unfccc.int/>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Assessment Reports on Climate Change (Klimaberichte), Special Report on Land Use, Land-Use Change, and Forestry (Spezialberichte), Good Practice Guidance (Methodenhandbücher)

<http://www.ipcc.ch>

ProClim- Forum for Climate and Global Change

<http://www.proclim.ch/>

Klima-Portal von ProClim-

<http://www.climate-change.ch/>

OcCC – Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung

<http://www.occc.ch/>

Allgemeine Informationen zur Klimapolitik der Schweiz, zu rechtlichen Rahmenbedingungen und Daten der Treibhausgasemissionen (BAFU)

http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_klima/index.html

Tagung Waldwirtschaft und Senken, diverse Links (Terrestrische Systemökologie, ETHZ)

<http://www.sysecol.ethz.ch/Senkentagung/index.html>

Landesforstinventar (Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft)

<http://www.wsl.ch/land/products/lfi/>

Arealstatistik (Bundesamt für Statistik)

http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/raum_und_umwelt/raumnutzung_landschaft.html

Allgemeine Informationen zur Holznutzung

<http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/wald/index.html>

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1 Globaler Kohlenstoffkreislauf.	13
Abb. 2 Der Wald im Gleichgewicht, als Senke und als Quelle.	15
Abb. 3 Von den Treibhausgasemissionen im Jahr 1990 muss die Schweiz 8 Prozent reduzieren.	17
Abb. 4 Schematische Darstellung der Änderung des Kohlenstoffvorrates bei einer Rodung und bei gleichzeitiger Aufforstung einer gleich grossen Ersatzfläche.	19
Abb. 5 Schweizerische Senken und Quellen.	23
Abb. 6 CO ₂ -Bilanz des Waldes von 1990 bis 2003 gemäss dem Treibhausgasinventar der Schweiz.	25
Abb. 7 Theoretisch mögliche Senkenleistung des Waldes in der Schweiz durch Aufforstung (Artikel 3.3) und Waldbewirtschaftung (Artikel 3.4).	26
Abb. 8 Nutzungspotenzial und Materialfluss des Holzes.	31
Abb. 9 Treibhausgasemissionen sowie geschätzte Entwicklung.	35
Abb. 10 Waldefinitionen.	37

Tabellen

Tab. 1 Holzvorräte stehender, lebender Bäume in der Schweiz und in Europa in m ³ /ha.	27
Tab. 2 Substitutionseffekte durch die Verwendung von Holz pro m ³ .	29
Tab. 3 Wechselwirkung zwischen Aktivitäten und CO ₂ -Effekten im In- und Ausland.	30
Tab. 4 Globale CO ₂ -Reduktion durch Schweizer Holzernte von 9 Mio. m ³ im Jahre 2030.	31