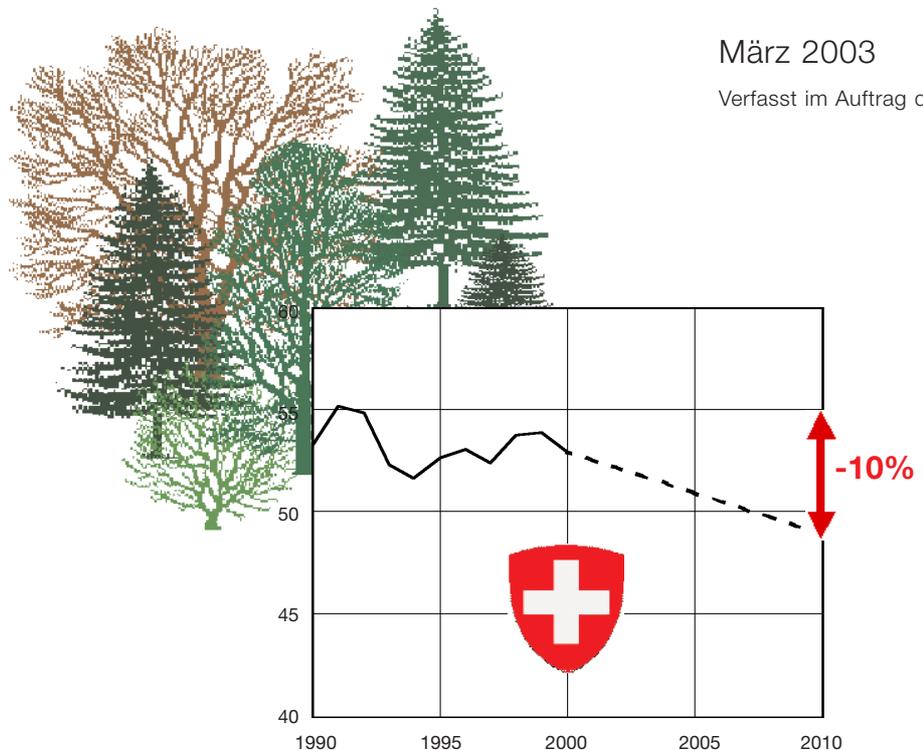


A. Fischlin, B. Buchter
L. Matile, K. Ammon, E. Hepperle
J. Leifeld und J. Fuhrer

Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz

März 2003

Verfasst im Auftrag des BUWAL



Die Berichte der Systemökologie sind entweder Vorabdrucke oder technische Berichte. Die Vorabdrucke sind Artikel, welche bei einer wissenschaftlichen Zeitschrift zur Publikation eingereicht worden sind; zu einem möglichst frühen Zeitpunkt sollen damit diese Arbeiten interessierten LeserInnen besser zugänglich gemacht werden. Die technischen Berichte dokumentieren erschöpfend Forschungs- und Entwicklungsergebnisse von allgemeinem Interesse. <http://www.ito.umnw.ethz.ch/SysEcol>

Adresse der Autoren:

A. Fischlin, B. Buchter, L. Matile, K. Ammon
Fachgruppe Systemökologie
Institut für Terrestrische Ökologie
Departement für Umweltnaturwissenschaften
ETH Zürich
Grabenstrasse 3
CH-8952 Schlieren/Zürich

E. Hepperle
Fachbereich Bodenschutz
Institut für Terrestrische Ökologie
Departement für Umweltnaturwissenschaften
ETH Zürich
Grabenstrasse 3
CH-8952 Schlieren/Zürich

J. Leifeld, J. Fuhrer
Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL)
Lufthygiene/Klima
Reckenholzstrasse 191
CH-8046 Zürich/Reckenholz

Korrespondierender Autor:

<mailto:andreas.fischlin@ito.umnw.ethz.ch>

Zitierung:

Fischlin, A., Buchter, B., Matile, L., Ammon, K., Hepperle, E., Leifeld, J. & Fuhrer, J., 2003. *Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz*. Verfasst im Auftrag des BUWAL. Systems Ecology Report No. 29, Institut für Terrestrische Ökologie, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Schweiz: 86 pp.

Titelbild: CO₂-Emissionen der Schweiz (in Megatonnen) von 1990 bis Gegenwart und projizierter Verlauf bis 2010 gemäss CO₂-Gesetz und Kyoto Protokoll (Quelle Treibhausgasinventar BUWAL).

VORWORT DES AUFTRAGGEBERS

Das Kyoto Protokoll sieht die Möglichkeit vor, Senken für die Erfüllung der Klimaverpflichtung anzurechnen. Das heisst, dass zusätzlich zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen die Kohlenstoffaufnahme und -speicherung in Wäldern oder landwirtschaftlichen Böden gefördert werden kann. Der Stellenwert der Senken für die Klimapolitik ist umstritten. Einige Länder messen ihnen eine grosse Bedeutung zu. An den Klimakonferenzen wurde deshalb intensiv über ihre Anrechenbarkeit diskutiert. Auch in der Schweiz hat das Thema schon in die politische Diskussion Eingang gefunden. Zur Zeit ist offen, in welchem Ausmass die Anrechnung von Senken zur Erfüllung der Kyoto Verpflichtung für die Schweiz möglich und auch zweckmässig ist.

Die Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff in der Biosphäre war bis vor wenigen Jahren kein prioritäres wissenschaftliches Untersuchungsobjekt. Dementsprechend sind unsere Kenntnisse unvollständig und Daten nur beschränkt verfügbar. Es ging bei der vorliegenden Arbeit darum, eine Bestandaufnahme des vorhandenen Wissens zu den folgenden Fragen zu machen:

1. Was wissen wir über die Kohlenstoffspeicherung in der Biosphäre der Schweiz?
2. Welche Möglichkeiten gibt es, diese zu erhöhen und so für die Erfüllung der Kyoto-Verpflichtung nutzbar zu machen?
3. Was wissen wir über die ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen, wenn die Kohlenstoffspeicherung in den Wäldern oder in landwirtschaftlichen Böden aktiv erhöht und konserviert werden soll?
4. Welche weiteren Grundlagen braucht es, damit die Schweiz in der Lage sein wird, Senken gemäss den Rahmenbedingungen des Kyoto-Protokolls anzurechnen?

Der vorliegende Bericht beinhaltet eine Zusammenstellung des aktuellen Wissensstandes. Die Arbeit der Autoren wurde von einer Gruppe mit breitem Wissensspektrum kritisch begleitet. Der Inhalt liegt in der Verantwortung der Autoren und muss nicht notwendigerweise die Haltung des BUWAL repräsentieren. Das BUWAL dankt den Autoren für ihre seriöse und aufwändige Arbeit.

VORWORT DES PROJEKTLEITERS

Die Schweiz ist im Begriff das Kyoto-Protokoll zu ratifizieren. Die Mehrheit der beteiligten Länder hat dies schon getan und seit dem Weltgipfel in Johannesburg zeichnet sich ab, dass das Kyoto-Protokoll die erforderlichen Quoten erreichen wird. Es ist also damit zu rechnen, dass es in absehbarer Zeit in Kraft tritt und völkerrechtlich verbindlich wird.

Die vorangehenden Verhandlungen im Rahmen der Klimakonvention UNFCCC¹ haben ergeben, dass zur Erfüllung der Reduktionsverpflichtungen gemäss dem Kyoto-Protokoll auch gewisse Massnahmen verrechenbar werden, die eine Erhöhung ökosystemarer Senken für Treibhausgase zur Folge haben. Ökosysteme wie Wälder, Wiesen oder Äcker spielen für das Klima eine wechselseitige Rolle. Einerseits können insbesondere Wälder die Rolle von Senken für das Treibhausgas CO₂ spielen. Andererseits können Störungen, z. B. ein Sturm ähnlich wie Lothar, dazu führen, dass die gleichen Ökosysteme, die vorgängig Kohlenstoff gespeichert haben, auf einmal zu Treibhausgasquellen werden. Die exakte Rolle, welche Ökosysteme im sogenannten Klimasystem spielen, ist deshalb Gegenstand aktueller, wissenschaftlicher Forschung. Zudem ist vorderhand noch nicht im Einzelnen klar, wie in der Praxis Senken oder Quellen technisch erfasst werden sollen. Schliesslich und nicht zuletzt war und bleibt die Berücksichtigung der Senken auch aus politischen Gründen stark umstritten. Für die schweizerische Verwaltung unter der Federführung des BUWAL ergab sich damit die Notwendigkeit, über aussagekräftige Grundlagen zur Beurteilung der Möglichkeiten, der Zweckmässigkeit und der Rahmenbedingungen bei der Nutzung von Senken zu verfügen. Dazu galt es, die damit verbundenen technisch-wissenschaftlichen Probleme aufzuzeigen, die vorhandenen Datengrundlagen und allfällig schon bekannte Methoden zusammenzustellen sowie die möglichen Konsequenzen auf die Klima-, Energie-, Forst- und Landwirtschaftspolitik abzuklären und in Form eines Berichtes bereitzustellen.

Ziel dieses Berichtes ist es, aus unabhängiger, wissenschaftlicher Sicht eine im vorgegebenen Rahmen möglichst umfassende Übersicht über den aktuellen Wissensstand zu geben. Dazu gehört auch eine Zusammenstellung der zurzeit offenen Fragen zur Senkenthematik sowie der möglichen Anrechenbarkeit für die Reduktionsverpflichtungen unter dem Kyoto-Protokoll. Die Fachgruppe Systemökologie der ETHZ² erhielt den Auftrag, diese Aufgabe zu übernehmen.

Andreas Fischlin Zürich, im Februar 2003

¹ United Nations Framework Convention on Climate Change

² Institut für terrestrische Ökologie, Departement für Umweltnaturwissenschaften, ETH Zürich

VERDANKUNGEN

Die vorliegende Arbeit wurde von einer Gruppe aus Vertretern der Administration und der Wissenschaft begleitet. In regelmässigen Abständen haben sich alle Beteiligten getroffen, um den Fortschritt sowie die Richtung der Arbeiten zu diskutieren und Entscheidungen über den Fortgang gemeinsam zu fällen. Als Projektleiter trug Andreas Fischlin von der Fachgruppe Terrestrische Systemökologie (ETHZ) die Verantwortung für die Durchführung des Projektes. Vorsitzender der Begleitgruppe war Richard Volz von der Eidgenössischen Forstdirektion (BUWAL). Dass Richard Volz als Vertreter der Eidgenössischen Forstdirektion und Andreas Fischlin als Wissenschaftsvertreter in der schweizerischen Delegation in den vergangenen Jahren bei den Klimaverhandlungen im Bereich Senken mitgewirkt haben, war beiden für diese Arbeit von grossem Vorteil.

Wir bedanken uns für die wohlwollenden und ebenso kritischen Kommentare und Anregungen von den Mitgliedern der Begleitgruppe, insbesondere Richard Volz (Vorsitzender der Begleitgruppe), Markus Nauser, Jose Romero und Paul Filliger (BUWAL), Heinz Hänni (BLW), Jens Leifeld und Jürg Fuhrer (FAL), Franz Schmithüsen und Harald Bugmann (ETH), Josef Janssen und Urs Springer (HSG).

In einem parallel laufenden Projekt³ unter der Leitung von Jürg Fuhrer wurde an der FAL analysiert, welche Senkenwirkungen in der Landwirtschaft gegenwärtig vorhanden sind und mit welchem Potential an landwirtschaftlichen Senkenleistungen in Zukunft unter günstigsten Annahmen gerechnet werden könnte. Die Ergebnisse aus diesem Projekt haben die Autoren Jens Leifeld und Jürg Fuhrer grosszügigerweise in zusammengefasster Form für die Eingliederung in diesen Bericht zur Verfügung gestellt. Dafür möchten wir im Namen des Projektteams den beiden Mitautoren recht herzlich danken.

Fachliche Unterstützung boten uns Edgar Kaufmann bezüglich LFI, Stefan Zimmermann zum Thema Boden und Jürg Bucher zu COST E21 (alle WSL) und zur Arealstatistik Mitarbeiter des Amtes für Statistik.

Informationen zu geplanten und laufenden sogenannten "Senkenprojekten" erhielten wir von Hubertus Schmidtke (Silvaconsult, Winterthur) und Georg Schoop (Stadtforstamt, Baden).

Schliesslich bedanken wir uns auch für die wohlwollende Unterstützung der diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten durch den Auftraggeber, dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), namentlich Philippe Roche, Direktor des BUWAL, Markus Nauser, Sektion Ökonomie und Klima, Werner Schärer, Eidgenössischer Forstdirektor, und insbesondere Richard Volz, Eidgenössische Forstdirektion.

Allen genannten Personen sei an dieser Stelle für ihre Bereitwilligkeit mitzuarbeiten, und uns ihre Zeit sowie wertvollen Informationen und Mittel zur Verfügung zu stellen, im Namen des Projektteams, bestehend aus Andreas Fischlin (Leiter), Bernhard Buchter, Luzius Matile, Karin Ammon und Erwin Hepperle, herzlichst gedankt.

³ Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agricultural soils in Switzerland.

ZUSAMMENFASSUNG

Aus den Verhandlungen zum sog. Kyoto-Protokoll (KP) der Vertragsparteien des "Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen" (UNFCCC)⁴ sind die Einigung von Bonn und die Vereinbarungen von Marrakesch hervorgegangen. Darin sind die Senken als ein Mechanismus verankert, mit dem die beschlossene Treibhausgasreduktion während der ersten Verpflichtungsperiode 2008 – 2012 erreicht werden soll. In dieser Periode ist die Schweiz verpflichtet, die jährlichen Gesamtemissionen in sog. CO₂-Äquivalenten⁵ gegenüber 1990 um durchschnittlich 8% zu senken, was 1'160 kt C/a entspricht. Für die Anrechnung der Senken hat die Schweiz gemäss Artikel 3.3 des KPs Aufforstungen, Wiederaufforstungen und Rodungen zu berücksichtigen, während sie nach Artikel 3.4 in schon bestehenden Wäldern, Wiesen und Äckern für die erste Verpflichtungsperiode noch wählen kann, welche Aktivitäten sie sich anrechnen lassen will. In allen genannten Bereichen spielen lediglich die drei Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O) eine Rolle⁶. Dem ober- und unterirdischen Kohlenstoffvorrat eines Ökosystems (C-Gehalt) fällt dabei eine entscheidende Rolle zu, denn ein Ökosystem vermag Kohlenstoff mit der Atmosphäre sowohl über das Kohlendioxid auszutauschen als auch, je nach Situation, über das Methan. Die Lachgasemission wird hauptsächlich durch den Wasserhaushalt und die Düngung des Agroökosystems beeinflusst.

In diesem Bericht wurde zunächst versucht, sektorenweise das gegenwärtige Potential der forst- und landwirtschaftlichen Senken in der Schweiz quantitativ abzuschätzen. Die aktuelle Datenlage und der heutige Stand der Forschung in der Schweiz erlauben es nicht, den möglichen Anteil der Senken in der nationalen Treibhausgasbilanz in befriedigender Weise zu bestimmen. Trotzdem konnten erste, grobe Schätzungen vorgenommen werden.

Erstens spielen Veränderungen der Waldfläche eine Rolle. Gemäss KP sind derartige Veränderungen unter Artikel 3.3 anzurechnen. Bislang wurde die Waldzunahme auf 6'300 ha/a beziffert, unsere Analyse ergab dagegen lediglich 1'100 – 4'300 ha/a. Die damit verbundene Senkenwirkung beträgt ca. 21 – 72 kt C/a, die Quellenwirkung der Waldabnahme inklusive Rodungen ca. 0.3 – 46 kt C/a. Daraus folgt eine Nettosenkenwirkung unter Art. 3.3 von ca. -25 (Quelle!) bis +72 kt C/a. Da keine Vorrats- und Datumsangaben in der Rodungsstatistik enthalten sind und es in der Schweiz keine zentrale Erfassung von Auf- und Wiederaufforstungen gibt, fehlen zur Zeit die Daten, die zu einer genaueren Erfassung erforderlich wären.

Zweitens kann auch der Kohlenstoffvorrat bestehender Wälder ändern. Gemäss KP können Veränderungen des Kohlenstoffvorrats in schon bestehenden Ökosystemen in der ersten Verpflichtungsperiode aufgrund eines vorgängigen, nationalen Entscheids unter Artikel 3.4 sektorenweise in die nationale Treibhausgasbilanz eingebracht werden. Die sog. Waldwirtschaft ("forest management") ist hier der Sektor, der quantitativ am stärksten ins Gewicht fällt. Man kann zur Zeit annehmen, dass der Kohlenstoffvorrat in den schweizerischen Wäldern infolge der Entwicklung der Waldwirtschaft in den letzten hundert Jahren zugenommen hat und im

⁴ United Nations Framework Convention on Climate Change: <http://www.unfccc.de>

⁵ Hierbei sind laut KP vier Treibhausgase (Kohlendioxid CO₂, Methan CH₄, Lachgas od. Distickstoffoxid N₂O, Schwefelhexafluorid SF₆) und zwei Treibhausgasgruppen (teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe HFCs, ganz- oder perfluorierte Kohlenstoffverbindungen PFCs) zu berücksichtigen und jeweils in CO₂-Äquivalenten umzurechnen.

⁶ Diese Gase sind anteilmässig allerdings zu 98.6% an der schweizerischen Treibhausgasbilanz beteiligt: CO₂ 83.1%, CH₄ 8.6% und N₂O 6.9%.

mer noch zunimmt und dadurch eine Senkenleistung zustande kommt. Nach KP ist aber nur der Teil dieser Senkenleistung anrechenbar, der vom Mensch verursacht ist und der durch seit 1990 getroffene Massnahmen zustande kommt. Dank dem Landesforstinventar (LFI) ist die Datenlage für bestehende Wälder, wie sie gemäss Artikel 3.4 erforderlich ist, etwas besser, obwohl auch hier entscheidende Daten zurzeit noch fehlen. So gibt es beispielsweise keine verlässlichen Pflege- und Ernteangaben, wie sie für die Abrechnung gemäss KP notwendig sind. Die Schätzung ergab eine Senkenleistung von ca. 300 kt C/a. Dies liegt unter der Obergrenze von 500 kt C/a, die der Schweiz aufgrund der Verhandlungsergebnisse zum KP maximal zusteht. Stossend an obigen Schätzungen ist, dass zuverlässige Angaben zu so wichtigen Kompartimenten wie dem Waldboden grösstenteils fehlen. Um solche Unsicherheiten zu reduzieren, ist das LFI in Zukunft den Bedürfnissen des KPs anzupassen und allenfalls durch weitere Erhebungen zu ergänzen. Auch zu erfassen ist insbesondere, inwiefern Änderungen im ober- wie auch im unterirdischen Kohlenstoffvorrat wirklich auf menschliche Einflüsse zurückzuführen sind.

Drittens können sich die Kohlenstoffvorräte bestehender Agroökosysteme, d.h. von Wiesen, Weiden und Äckern, verändern. Artikel 3.4 räumt – analog zur Forstwirtschaft – die Möglichkeit ein, in der ersten Vertragsperiode Senkenleistungen in den Sektoren Ackerbau ("cropland management") und Grünlandbewirtschaftung ("grassland management") in die nationale Treibhausgasbilanz einzubringen. Auch in diesem Fall ist vorgängig ein nationaler Entscheid zu treffen, welche Aktivitäten angerechnet werden sollen. Für die problematischen organischen Böden ist die Datenbasis im Bereich der Landwirtschaft ähnlich unsicher wie bei den Waldböden. Die Schätzungen ergaben eine Quellenwirkung von 90 – 260 kt C/a. Landwirtschaftliche Massnahmen wie pflugloser Ackerbau oder die Umwandlung ökologischer Ausgleichsflächen in Dauergrünland scheinen vorteilhaft und lohnend, insbesondere wenn zukünftige Forschungsarbeiten diese ersten Schätzungen bestätigen sollten. Extensivierungen in der Landwirtschaft könnten für die Treibhausgase CH₄ und N₂O zusätzliche Verbesserungen von ca. 7 kt C/a bringen. Der Verlust von Landwirtschaftsland durch Überbauung wurde bis heute nicht untersucht, obwohl er zu einem Abbau organischer Substanz führt, für den eine ähnliche Grössenordnung wie für die organischen Böden vermutet wird. Dieser Tatsache sollte vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden.

In einem weiteren Teil werden praktische, politische und wirtschaftliche Pro- und Kontraargumente für Klima-, Energie-, Landwirtschafts-, und Forstpolitik diskutiert. Die Alternativen stützen sich u.a. auf die politischen Wahlmöglichkeiten ab, wie sie durch das KP gegeben sind. Zusammenfassend lässt sich, gestützt auf die heutige Lage in der Schweiz, Folgendes festhalten: Mittelfristig schafft die Berücksichtigung der Senken in der nationalen Treibhausgasbilanz nach dem KP Anreize für die schweizerische Land- und Forstwirtschaft, die nicht nur ihr zugute kommen, sondern grundsätzlich dem Klimaschutz dienen und zugleich in vielen Fällen einen nachhaltigen Umgang mit der Umwelt allgemein fördern können. Dazu gehört insbesondere auch, dass die Nutzung von Holz als Energieträger und Werkstoff gezielt unterstützt wird, was eine geschickte Aufteilung des Waldes nach verschiedenen Nutzungsprioritäten erforderlich macht. Anzustreben wäre dabei eine gewisse funktionale Entflechtung der multifunktional genutzten Waldgebiete durch Einräumen einer Vorrangstellung, falls überhaupt sinnvoll und möglich, für eine der folgenden Hauptfunktionen: Wirtschaftswald zur Produktion traditioneller Holzprodukte in Gebieten, die effizient genug erschlossen und genutzt werden können, Schutzwald insbesondere im Gebirge, Erholungswald in Ballungs- und Tourismusregionen, Naturwald im Dienst des Umweltschutzes, spezialisierter Bioenergiewald, z.B. in Form von Niederwald, und neu der Senkenwald. Auf diese Weise könnte die angespannte Lage in der Forstwirtschaft positive wirtschaftliche Impulse erfahren und sich für die Land- und Forstwirtschaft der Schweiz eine gesamtheitlichere Gestaltung und Wirtschaftsordnung ergeben, die einen gebührenden Beitrag an eine zukunftsweisende Landschafts-, Energie- und Klimapolitik leistet.

Zuletzt wird eine Übersicht über wichtige, aktuelle Forschungen in der Schweiz (vollständig) und dem Ausland (in ausgewählter Form) gegeben und der vordringlichste Forschungs- und Datenbedarf skizziert, indem bestehende Lücken aufgezeigt werden.

RÉSUMÉ

Les négociations menées sur le Protocole de Kyoto (PK) par les Parties à la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)⁷ ont abouti aux accords de Bonn (2001) et de Marrakech (2001). Les puits de carbone y figurent en tant que mécanisme contribuant à obtenir la réduction des émissions de gaz à effet de serre que chaque pays doit réaliser durant la première période d'engagement 2008 – 2012. Au cours de cette période, la Suisse est tenue de diminuer de 8% en moyenne par rapport à 1990 ses émissions totales annuelles exprimées en équivalent-dioxyde de carbone (équivalent-CO₂)⁸, ce qui correspond à 1'160 kt C/a. En vertu de l'alinéa 3 de l'article 3 du PK, pour la comptabilisation des puits de carbone, la Suisse doit prendre en considération les boisements, les reboisements et les déboisements, tandis qu'en vertu de l'alinéa 4 de l'article 3, elle peut choisir pour les forêts, les prairies et les champs les activités pour lesquelles elle voudrait obtenir des crédits d'émission pour la première période d'engagement. Dans tous les secteurs mentionnés, seuls trois gaz à effet de serre jouent un rôle: le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O)⁹. Les stocks de carbone sur pied et en sous-sol d'un écosystème ont donc une fonction décisive étant donné qu'un écosystème peut échanger du carbone avec l'atmosphère aussi bien par le biais du dioxyde de carbone que, selon la situation, par celui du méthane. L'émission d'oxyde nitreux est principalement influencée par le régime des eaux et l'apport d'engrais dans l'écosystème agricole.

Dans le présent rapport, on s'est tout d'abord efforcé d'évaluer quantitativement le potentiel actuel des puits de carbone forestiers et agricoles, par secteur. Les données actuelles et l'état de la recherche en Suisse ne permettent pas de déterminer de façon satisfaisante le potentiel des puits de carbone dans le bilan national des gaz à effet de serre. Il a néanmoins été possible de procéder à de premières estimations grossières.

Premièrement, il faut prendre en considération les modifications de la surface forestière. Selon le PK, de telles modifications doivent être prises en compte sous l'alinéa 3 de l'article 3. Jusqu'à présent, l'accroissement des forêts a été évalué à 6'300 ha/a, tandis que notre analyse ne donne que 1'100 à 4'300 ha/a. L'absorption de CO₂ par les puits de carbone que cela implique pour la Suisse s'élève donc à env. 21 – 72 kt C/a, et l'émission par les sources due à la réduction de l'aire forestière, défrichements compris, atteint env. 0,3 à 46 kt C/a. Il en résulte des variations nettes selon l'alinéa 3 de l'article 3 allant de – 25 (sources!) à +72 kt C/a pour les puits. Étant donné que la statistique des défrichements ne contient aucune donnée sur les stocks et les dates et qu'il n'existe pas en Suisse de recensement centralisé des boisements et des reboisements, on ne dispose pas actuellement des données qui seraient nécessaires pour une estimation plus précise.

⁷ <http://www.unfccc.de>

⁸ Selon le PK, il s'agit de prendre en considération quatre gaz à effet de serre (dioxyde de carbone CO₂, méthane CH₄, gaz hilarant ou oxyde nitreux N₂O, hexafluorure de soufre SF₆) et deux groupes de gaz à effet de serre (les hydrofluorocarbones partiellement halogénés HFC, les hydrocarbures perfluorés PFC) et de les exprimer en équivalent-CO₂.

⁹ Ces gaz constituent 98,6% du bilan suisse des émissions de gaz à effet de serre: CO₂ 83.1%, CH₄ 8.6% et N₂O 6.9%.

Deuxièmement, les stocks de carbone des forêts existantes peuvent aussi varier. Selon le PK, il est possible, sur la base d'une décision nationale préalable selon l'alinéa 4 de l'article 3, d'intégrer par secteur dans le bilan national des gaz à effet de serre des variations des stocks de carbone qui ont été relevées lors de la première période d'engagement dans des écosystèmes déjà existants. La gestion des forêts est ici le secteur le plus important sur le plan quantitatif. On peut émettre l'hypothèse, à l'heure actuelle, que les stocks de carbone dans les forêts suisses ont augmenté à la suite du développement de l'économie forestière au cours des derniers siècles, qu'ils augmentent encore et que les puits de carbone fournissent ainsi une prestation. Selon le PK, il n'est toutefois possible de comptabiliser que la partie de cette prestation due à des activités humaines et résultant de mesures prises après 1990. Grâce à l'Inventaire forestier national (IFN), la situation relative aux données qui sont exigées à l'alinéa 4 de l'article 3 pour les forêts existantes est un peu meilleure, bien qu'il manque aussi des informations déterminantes. Il n'y a par exemple pas de données fiables concernant l'entretien et la récolte, alors qu'elles seraient nécessaires pour la comptabilisation des puits selon le PK. La prestation fournie par les puits de carbone a été estimée à env. 300 kt C/a. Ce chiffre est inférieur à la limite supérieure de 500 kt C/a que la Suisse ne doit pas dépasser compte tenu des résultats des négociations relatives au PK. Ce qui frappe dans les estimations ci-dessus, c'est le manque de données fiables sur des catégories aussi importants que le sol forestier. Pour réduire ce type d'incertitudes, l'IFN devra être adapté à l'avenir aux besoins du PK et éventuellement complété par d'autres relevés. Il faut en particulier aussi examiner dans quelle mesure des variations des stocks sur pied et en sous-sol sont réellement imputables à des influences humaines.

Troisièmement, les stocks de carbone d'écosystèmes agricoles existants, c.-à-d. des prairies, des pâturages et des champs, peuvent aussi se modifier. L'alinéa 4 de l'article 3 accorde pour la première période d'engagement – par analogie à la gestion des forêts – la possibilité d'introduire dans le bilan national des gaz à effet de serre les prestations fournies par des puits de carbone dans les secteurs "gestion des terres cultivées" et "gestion des pâturages". Dans ces cas, il est également nécessaire de prendre au préalable une décision nationale concernant les activités qui doivent être prises en compte. Pour les sols organiques problématiques, la base de données dans le domaine de l'agriculture est aussi incertaine que celle des sols forestiers. Selon des estimations, pour la Suisse, les émissions par les sources atteignent 90 – 260 kt C/a. Des mesures agricoles telles que la culture agricole sans charrue ou la transformation de surfaces de compensation écologique en prairies permanentes semblent avantageuses. Les futurs travaux de recherche devraient confirmer les premières estimations. Les extensifications agricoles pourraient apporter des améliorations supplémentaires d'env. 7 kt C/a pour le CH₄ et le N₂O. La perte de terrains agricoles due à l'urbanisation n'a pas été étudiée jusqu'à présent, bien qu'elle conduise à une réduction de substance organique dont l'ordre de grandeur est estimé analogue à celui des sols organiques. Il faudrait accorder davantage d'attention à ce fait.

Une autre partie du rapport est consacrée à la discussion d'arguments pratiques, politiques et économiques en faveur et contre la politique climatique, énergétique, agricole et forestière. Les solutions de rechange s'appuient notamment sur les possibilités de choix politiques telles qu'elles sont données par le PK. En s'appuyant sur la situation actuelle en Suisse, on peut dire en résumé: la prise en considération de puits de carbone dans le bilan national des gaz à effet de serre selon le PK crée à moyen terme des incitations pour l'économie agricole et forestière suisse qui ne profitent pas seulement à celle-ci, mais servent fondamentalement à la protection climatique et peuvent en même temps favoriser dans de nombreux cas une utilisation durable de l'environnement en général. L'utilisation du bois en tant qu'agent énergétique et matériau doit être encouragée de manière ciblée, ce qui rend nécessaire une répartition appropriée des forêts selon différentes priorités dans l'exploitation. Il faudrait s'efforcer de désenchevêtrer quelque peu les zones forestières à fonctions multiples en privilégiant, si cela est

judicieux et possible, l'une des fonctions principales suivantes: forêt économique pour la production de produits traditionnels en bois dans des régions qui peuvent être desservies et exploitées avec une efficacité suffisante; forêts protectrices, en particulier en montagne; forêts de loisirs dans les agglomérations et les régions touristiques; forêt naturelle au service de la protection de l'environnement, forêt de bioénergie spécialisée, p.ex. sous forme de taillis; et désormais aussi la forêt-puits de carbone. De cette manière, la situation tendue de l'économie forestière pourrait bénéficier d'impulsions économiques positives et il pourrait en résulter pour l'agriculture et la foresterie suisses une organisation et un ordre économique plus globaux, qui apportent une contribution convenable à une politique paysagère, énergétique et climatique axée sur l'avenir.

Le rapport offre pour finir une vue d'ensemble des recherches importantes menées actuellement en Suisse (de manière exhaustive) et à l'étranger (une sélection) et esquisse les besoins les plus urgents en matière de recherche et de données en montrant les lacunes actuelles.

INHALT

Vorwort des Auftraggebers	I
Vorwort des Projektleiters	II
Verdankungen	III
Zusammenfassung	IV
Résumé	VI
1 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	1
1.1 Hintergrund zur Entstehung der Vertragswerke (UNFCCC, Kyoto-protokoll)	1
1.2 Die allgemeinen Bestimmungen des Kyoto-protokolls	2
1.3 Kyoto-protokoll und Senken	5
1.4 Waldbegriff	9
1.4.1 Walddefinitionen	9
1.4.2 Rechtliche Bedeutung unterschiedlicher Walddefinitionen	12
1.4.3 Schwierigkeiten eines begrifflichen Nebeneinanders	12
1.4.4 Politische Risiken unterschiedlich definierter Waldflächen	13
1.4.5 Anregungen zur Problemlösung	14
1.5 Artikel 3.3 des Kyoto-protokolls	14
1.6 Artikel 3.4 des Kyoto-protokolls	15
2 DER KOHLENSTOFFKREISLAUF UND DIE ROLLE DER SENKEN	17
3 SENKEN IN DER SCHWEIZ	22
3.1 Senken und Kohlenstoffvorräte in Land- und Forstwirtschaft	22
3.2 Datensätze in Land- und Forstwirtschaft	23
3.2.1 Landesforstinventar	23
3.2.2 Arealstatistik	24
3.2.3 Forststatistik	24
3.2.4 Bodendaten	24
3.3 Mögliche Verwendung forstlicher Datensätze für Artikel 3.3	25
3.3.1 Auswertung des Landesforstinventars	25
3.3.2 Auswertung der Arealstatistik zur Beurteilung der Waldflächenänderung	30
3.3.3 Einbezug von Ertragstafeln	31
3.3.4 Beurteilung der Datengrundlage	31
3.4 Mögliche Verwendung forstlicher Datensätze für Artikel 3.4	33
3.5 Kohlenstoffvorrat im Waldboden	36
3.6 Mögliche Verwendung landwirtschaftlicher Datensätze	37
3.6.1 Mineralische Böden	37
3.6.2 Organische Böden	37
3.7 Abschätzung bisher nicht erfasster Senken und Quellen	37
3.8 Revegetation	38
4 LAUFENDE FORSCHUNGSPROJEKTE	39
5 MASSNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER SENKENLEISTUNG	40
5.1 Mögliche Massnahmen in der Forstwirtschaft	40
5.1.1 Allgemeine forstliche Massnahmen	40
5.1.2 Forstliche Massnahmen in der Schweiz unter Artikel 3.3	42
5.1.3 Forstliche Massnahmen in der Schweiz unter Artikel 3.4	43
5.1.4 Forstliche Senkenprojekte in der Schweiz	50
5.2 Landwirtschaftliche Massnahmen in der Schweiz unter Artikel 3.4	51
5.3 Massnahmen in anderen Bereichen	54

6	PRO UND KONTRA EINES EINBEZUGS VON SENKEN	55
6.1	Argumente für den Einbezug von Senken.....	55
6.2	Argumente gegen den Einbezug von Senken.....	56
6.3	Szenarien	58
7	ERFORDERLICHE GRUNDLAGEN UND LÜCKEN	62
7.1	Datenbedarf	62
7.2	Forschungsbedarf	63
8	LITERATUR.....	65
9	ANHANG.....	68
9.1	Global Warming Potential.....	68
9.2	Verwendung forstlicher Datensätze für Artikel 3.3	68
9.3	Verwendung forstlicher Datensätze für Artikel 3.4	69
9.4	Laufende Forschungsprojekte	71

BERICHTE DER FACHGRUPPE SYSTEMÖKOLOGIE
SYSTEMS ECOLOGY REPORTS
ETH ZÜRICH

Nr./No.

- 1 FISCHLIN, A., BLANKE, T., GYALISTRAS, D., BALTENSWEILER, M., NEMECEK, T., ROTH, O. & ULRICH, M. (1991, erw. und korr. Aufl. 1993): Unterrichtsprogramm "Weltmodell2"
- 2 FISCHLIN, A. & ULRICH, M. (1990): Unterrichtsprogramm "Stabilität"
- 3 FISCHLIN, A. & ULRICH, M. (1990): Unterrichtsprogramm "Drosophila"
- 4 ROTH, O. (1990): Maisreife - das Konzept der physiologischen Zeit
- 5 FISCHLIN, A., ROTH, O., BLANKE, T., BUGMANN, H., GYALISTRAS, D. & THOMMEN, F. (1990): Fallstudie interdisziplinäre Modellierung eines terrestrischen Ökosystems unter Einfluss des Treibhauseffektes
- 6 FISCHLIN, A. (1990): On Daisyworlds: The Reconstruction of a Model on the Gaia Hypothesis
- 7 * GYALISTRAS, D. (1990): Implementing a One-Dimensional Energy Balance Climatic Model on a Microcomputer (*out of print*)
- 8 * FISCHLIN, A., & ROTH, O., GYALISTRAS, D., ULRICH, M. UND NEMECEK, T. (1990): ModelWorks - An Interactive Simulation Environment for Personal Computers and Workstations (*out of print*] for new edition see title 14)
- 9 FISCHLIN, A. (1990): Interactive Modeling and Simulation of Environmental Systems on Workstations
- 10 ROTH, O., DERRON, J., FISCHLIN, A., NEMECEK, T. & ULRICH, M. (1992): Implementation and Parameter Adaptation of a Potato Crop Simulation Model Combined with a Soil Water Subsystem
- 11 * NEMECEK, T., FISCHLIN, A., ROTH, O. & DERRON, J. (1993): Quantifying Behaviour Sequences of Winged Aphids on Potato Plants for Virus Epidemic Models
- 12 FISCHLIN, A. (1991): Modellierung und Computersimulationen in den Umweltnaturwissenschaften
- 13 FISCHLIN, A. & BUGMANN, H. (1992): Think Globally, Act Locally! A Small Country Case Study in Reducing Net CO₂ Emissions by Carbon Fixation Policies
- 14 FISCHLIN, A., GYALISTRAS, D., ROTH, O., ULRICH, M., THÖNY, J., NEMECEK, T., BUGMANN, H. & THOMMEN, F. (1994): ModelWorks 2.2 – An Interactive Simulation Environment for Personal Computers and Workstations
- 15 FISCHLIN, A., BUGMANN, H. & GYALISTRAS, D. (1992): Sensitivity of a Forest Ecosystem Model to Climate Parametrization Schemes
- 16 FISCHLIN, A. & BUGMANN, H. (1993): Comparing the Behaviour of Mountainous Forest Succession Models in a Changing Climate
- 17 GYALISTRAS, D., STORCH, H. v., FISCHLIN, A., BENISTON, M. (1994): Linking GCM-Simulated Climatic Changes to Ecosystem Models: Case Studies of Statistical Down-scaling in the Alps
- 18 NEMECEK, T., FISCHLIN, A., DERRON, J. & ROTH, O. (1993): Distance and Direction of Trivial Flights of Aphids in a Potato Field
- 19 PERRUCHOUD, D. & FISCHLIN, A. (1994): The Response of the Carbon Cycle in Undisturbed Forest Ecosystems to Climate Change: A Review of Plant–Soil Models
- 20 THÖNY, J. (1994): Practical considerations on portable Modula 2 code
- 21 THÖNY, J., FISCHLIN, A. & GYALISTRAS, D. (1994): Introducing RASS - The RAMSES Simulation Server

* Out of print

- 22 GYALISTRAS, D. & FISCHLIN, A. (1996): Derivation of climate change scenarios for mountainous ecosystems: A GCM-based method and the case study of Valais, Switzerland
- 23 LÖFFLER, T.J. (1996): How To Write Fast Programs
- 24 LÖFFLER, T.J., FISCHLIN, A., LISCHKE, H. & ULRICH, M. (1996): Benchmark Experiments on Workstations
- 25 FISCHLIN, A., LISCHKE, H. & BUGMANN, H. (1995): The Fate of Forests In a Changing Climate: Model Validation and Simulation Results From the Alps
- 26 LISCHKE, H., LÖFFLER, T.J., FISCHLIN, A. (1996): Calculating temperature dependence over long time periods: Derivation of methods
- 27 LISCHKE, H., LÖFFLER, T.J., FISCHLIN, A. (1996): Calculating temperature dependence over long time periods: A comparison of methods
- 28 LISCHKE, H., LÖFFLER, T.J., FISCHLIN, A. (1996): Aggregation of Individual Trees and Patches in Forest Succession Models: Capturing Variability with Height Structured Random Dispersions
- 29 FISCHLIN, A., BUCHTER, B., MATILE, L., AMMON, K., HEPPELLE, E., LEIFELD, J. & FUHRER, J. (2003): Bestandesaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. Verfasst im Auftrag des BUWAL
- 30 KELLER, D., 2003. *Introduction to the Dialog Machine, 2nd ed.* Price,B (editor of 2nd ed)

Erhältlich bei / Download from

<http://www.ito.unmw.ethz.ch/SysEcol/Reports.html>

Diese Berichte können in gedruckter Form auch bei folgender Adresse zum Selbstkostenpreis bezogen werden / Order any of the listed reports against printing costs and minimal handling charge from the following address:

SYSTEMS ECOLOGY ETHZ, INSTITUTE OF TERRESTRIAL ECOLOGY
GRABENSTRASSE 3, CH-8952 SCHLIEREN/ZURICH, SWITZERLAND

ISBN 3-9522686-0-7