

3.7 Land- und Forstwirtschaft und andere Landnutzung

Der Sektor AFOLU (Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung) ist weltweit für fast ein Viertel der jährlichen menschenverursachten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Davon entfällt etwas mehr als die Hälfte auf die Landwirtschaft und der Rest auf die Forstwirtschaft und andere Landnutzung. Die hauptsächlichen Emissionsursachen sind die Waldrodung (vorwiegend in den Tropen), die Methanemissionen aus der Tierhaltung, die Entwässerung von Mooren sowie die Stickstoffemissionen aus dem Einsatz von Düngemitteln. In der Schweiz stammen rund 12 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen aus dem Landwirtschaftssektor. Für die Minderung von Treibhausgasen kann die menschliche Ernährung eine Schlüsselrolle spielen, auch in der Schweiz.

Carmenza Robledo Abad (ETH Zürich), Daniel Bretscher (Agroscope), Jens Leifeld (Agroscope)

Globale Emissionen

Weltweit ist der Sektor AFOLU (siehe Box) für fast 25 Prozent¹ der jährlichen menschenverursachten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Im Gegensatz zu Emissionen in der Periode 1990–1999 waren die Treibhausgasemissionen im AFOLU-Sektor in der Periode 2000–2009 rückläufig, trotz einer globalen Zunahme der Nutztierhaltung, des Düngereinsatzes und der Bevölkerung. Zurückzuführen ist der Rückgang der Emissionen vor allem auf die verlangsamte Entwaldung in einigen Gebieten (insbesondere in Brasilien). Dennoch bleiben Entwaldung (vorwiegend in den Tropen), Methanemissionen (CH₄) aus der Tierhaltung, CO₂-Emissionen aus der Moorentwässerung sowie Lachgasemissionen (N₂O) aus der Düngung die hauptsächlichen Quellen für die Treibhausgasemissionen im Sektor AFOLU (Abb. 3.15).

AFOLU

Im Fünften Sachstandsbericht des IPCC (IPCC 2014/WGIII/Chap.11) werden erstmals Land- und Forstwirtschaft sowie andere Landnutzungsformen gemeinsam behandelt, zusammengefasst unter dem Begriff AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use). Dies macht es einfacher, die Möglichkeiten zur Emissionsminderung in diesem Sektor umfassend und systembezogen zu betrachten und das entsprechende Einsparpotenzial zu quantifizieren.

Emissionen in der Schweiz

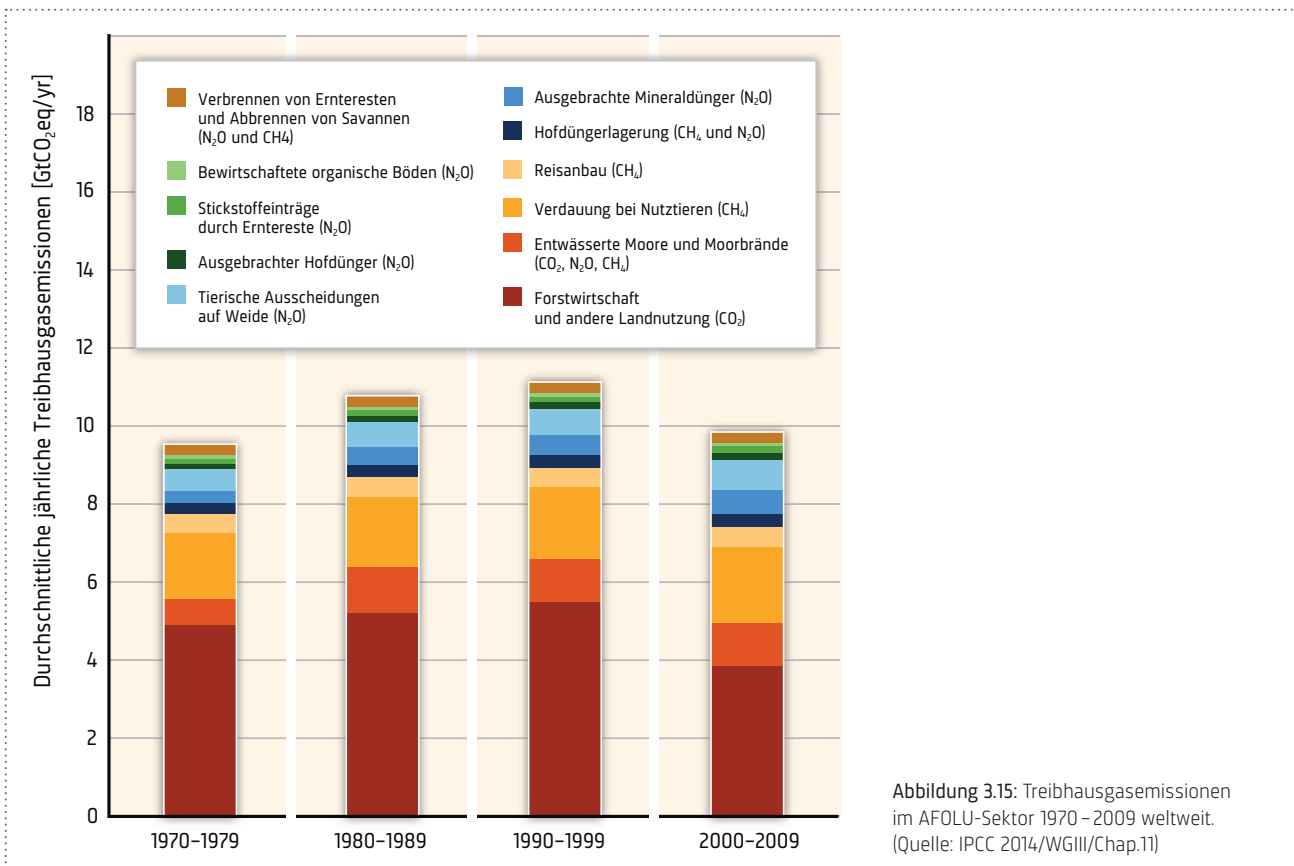
Landwirtschaft: Rückgang der Emissionen dank weniger Rinder und Dünger

In der Dekade 2000–2010 emittierte die Schweiz im Durchschnitt 52 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr. Davon entfallen rund 12 Prozent auf den Landwirtschaftssektor. Diese landwirtschaftlichen Emissionen setzen sich hauptsächlich zusammen aus dem Methan aus der Verdauung der Nutztiere (54 Prozent) und aus dem Lachgas, das vorwiegend aus gedüngten Böden emittiert wird (26 Prozent). Bei beiden Gasen spielen auch die Emissionen aus der Lagerung des Viehdungs eine wichtige Rolle (19 Prozent).

Ein genauerer Blick in den Landwirtschaftssektor zeigt, dass die direkten Treibhausgasemissionen in den letzten 25 Jahren um rund acht Prozent abgenommen haben, bei gleichzeitig leicht gestiegener landwirtschaftlicher Produktion. Weniger Rinder sowie eine verringerte Ausbringung von Stickstoffdüngern aufgrund einer höheren Stickstoffeffizienz sind die wichtigsten Ursachen für den Rückgang der Emissionen. Die Abnahme erfolgte vorwiegend in den frühen 1990er-Jahren. Seitdem sind die Lachgasemissionen stabil. Die Methanemissionen widerspiegeln die Entwicklung des Rindviehbestandes und sind bis 2008 kurzzeitig wieder gestiegen, um danach auf das Niveau von 2000 zurückzufallen.

Neben den im nationalen Inventar direkt ausgewiesenen Emissionen gibt es weitere, dem Sektor Landwirtschaft indirekt zugehörige Emissionen. Hier sind insbesondere graue Emissionen aus der Herstellung von Produktionsmitteln zu nennen (Mineraldünger, importierte Futtermittel, usw.). Aus Perspektive des Konsums spielen zudem die grauen Emissionen – verursacht durch die Nahrungsmittelimporte – eine wichtige Rolle. Die mit den Importen verbundenen Emissionen sind ungefähr genauso hoch wie

¹ Wo nichts anderes angegeben beziehen sich Emissionsangaben jeweils auf die Zeitperiode 2000–2010. Die Datenquellen sind der Fünfte Sachstandsbericht des IPCC (IPCC 2014/WGIII/Chap.11) respektive das schweizerische Treibhausgasinventar gemäss Submission 2016 (BAFU 2016).



die direkten Methan- und Lachgasemissionen im Landwirtschaftssektor des schweizerischen Treibhausgasinventars (Abb. 3.16.). Das Total der Emissionen aus der Land- und Ernährungswirtschaft ist seit 1990 durch das Bevölkerungswachstum kontinuierlich gestiegen, wobei die diesbezüglichen Pro-Kopf-Emissionen konstant geblieben sind. Dies verdeutlicht, dass die menschliche Ernährung über den eigentlichen Landwirtschaftssektor hinaus eine Schlüsselrolle bei der Identifizierung und Beurteilung von Minderungsmaßnahmen spielt.

Forstwirtschaft: Baumbiomasse nimmt in der Schweiz zu

In der Forstwirtschaft werden CO_2 -Emissionen vor allem in Form von Änderungen in den Kohlenstoffvorräten der Ökosysteme beschrieben, das heisst als Bilanz von Gewinnen und Verlusten. Der Zuwachs an Baumbiomasse wirkt sich positiv auf die Schweizer Treibhausgasbilanz aus, da dieser die Verluste durch Holzernte und/oder Windwurf überkompensiert. Dadurch war der Forstwirtschaftsbebereich in der Schweiz in der Summe eine CO_2 -Senke, die im Zeitraum 2000–2010 durchschnittlich 1,8 Millionen Tonnen CO_2 oder rund 3,4 Prozent der gesamtschweizerischen Emissionen kompensierte.

Landnutzung(sänderung) spielt geringe Rolle in der Schweiz

Aufgrund der relativ stabilen Struktur der Landnutzung spielt die Änderung der Landnutzung als Quelle für Treibhausgase für die Schweiz eine deutlich geringere Rolle als auf globaler Ebene. Insbesondere bestehen jedoch bei der Abschätzung der CO_2 -Quellen und -Senken in landwirtschaftlichen Böden noch erhebliche Unsicherheiten. CO_2 -Emissionen aus entwässerten und landwirtschaftlich genutzten Moorböden stellen in diesem Bereich mit rund 0,7 Millionen Tonnen CO_2 eine wichtige Quelle dar (s. a. Box Feuchtgebiete als Methan- oder CO_2 -Quellen, S. 185).

Minderungspotenzial weltweit

Im Fünften Sachstandsbericht des IPCC werden die Möglichkeiten zur Minderung von Emissionen im AFOLU-Sektor analysiert, aufgeteilt nach angebots- (Forst- und Landwirtschaft) und nachfrageseitigen Massnahmen (Nahrungsmittel, Holznutzung; Tab. 3.1). Emissionsminderungen auf der Nachfrageseite wie auch bei der Lagerung verlangen eine Veränderung des Konsumverhaltens auf verschiedenen Ebenen.

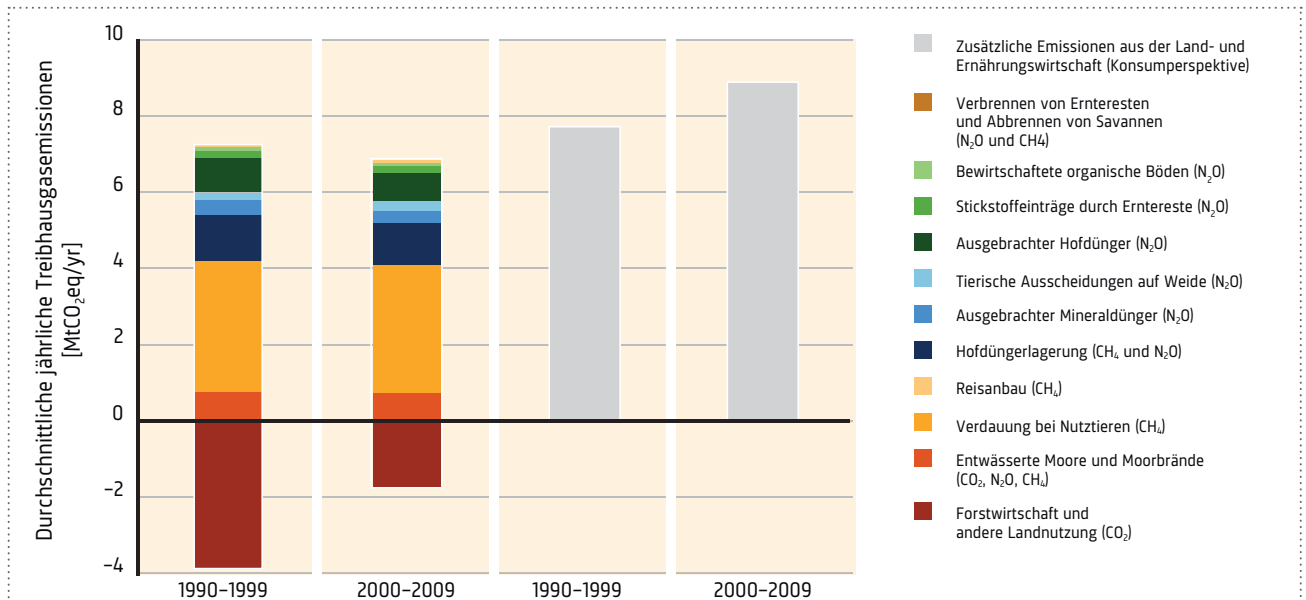


Abbildung 3.16: Treibhausgasemissionen im Sektor AFOLU sowie zusätzliche Emissionen der Land- und Ernährungswirtschaft 1990–2009 in der Schweiz. Aufgrund unterschiedlicher methodischer Ansätze sind die Werte der Abbildung 3.16 nicht direkt mit den Werten der Abbildung 3.15 vergleichbar. (Quelle: BAFU 2016; Bretscher et al. 2014)

Auf der Angebotsseite wird das ökonomische Minderungspotenzial im Sektor AFOLU für das Jahr 2030 auf 7,2–11 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalente geschätzt. Der Preis für die Einsparung einer Tonne CO₂-Äquivalente wird auf bis zu 100 US-Dollar geschätzt. Etwa ein Drittel des Potenzials liesse sich zu einem Preis von weniger als 20 US-Dollar pro Tonne CO₂-Äquivalente einsparen. Minderungsmassnahmen auf der Nachfrageseite bergen mit 0,76 bis 8,6 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr bis 2050 ein vielversprechendes Potenzial. Hinsichtlich der gesellschaftspolitischen Umsetzung dieser Massnahmen bestehen noch grosse Unsicherheiten. Weiterhin kann die Energieproduktion aus Biomasse eine wichtige Rolle bei der Minderung spielen, falls Nachhaltigkeitsaspekte wie die Auswirkungen auf die Nahrungsmittelproduktion oder die Biodiversität berücksichtigt werden.

Minderungspotenzial der Schweiz

Analog zum globalen Bild können Minderungspotenziale für die Schweiz sowohl auf der Seite der technischen Massnahmen im Angebotsbereich (Land- und Forstwirtschaft) als auch auf der Nachfrageseite verortet werden. Für die Landwirtschaft strebt die Klimastrategie des Bundesamts für Landwirtschaft eine Verringerung der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen um ein Drittel (technische und organisatorische Massnahmen auf Seite der landwirtschaftlichen Produktion) beziehungsweise

zwei Drittel (konsumseitig) bis 2050 (relativ zu 1990) an. Emissionen können zum Beispiel gesenkt werden durch eine erhöhte Stickstoffeffizienz, eine ausgewogene Fütterung der Nutztiere, ein optimales Herdenmanagement (insbesondere für Wiederkäuer) oder durch die Senkung des Bedarfs an fossilen Energieträgern. Zurzeit ist es jedoch noch unklar, inwiefern die Potenziale effizient und nachweisbar umgesetzt und erreicht werden können. Die Beeinflussung der zugrundeliegenden, meist eng verknüpften biochemischen Prozesse gestaltet sich in der Praxis sehr schwierig. Zudem stellen mögliche Verlagerungen von Emissionen entlang von Prozessketten, unerwünschte Nebeneffekte (*Pollution swapping*) oder mögliche Produktionseinbussen grosse Herausforderungen dar.

Treibhausgasemissionen liessen sich auch über eine veränderte Nachfrage sowie über eine Verringerung der Lebensmittelverluste (Produktenormen, Lagerung, Transport, Haushalte) vermeiden. Insbesondere die unterschiedlichen Treibhausgasintensitäten je Kilogramm erzeugtem Lebensmittel bergen ein relevantes Minderungspotenzial. Tierische Produkte tragen in der Regel um ein Vielfaches stärker zum Klimawandel bei als pflanzliche. Insbesondere in Ländern mit hohem Konsum von tierischen Lebensmitteln, wie der Schweiz, wäre eine vermehrt vegetarische Ernährung erstrebenswert. Nachfrageseitige Massnahmen sind angesichts der obgenannten Einschränkungen der technisch-organisatorischen Minderungsmöglichkeiten im Bereich AFOLU besonders wichtig.

Angebotsseite	Massnahmen
Forstwirtschaft	Verringerung Entwaldung
	Aufforstung und Wiederaufforstung
	Waldbewirtschaftung
	Schutz Sekundärwälder
Pflanzenbau	Ackerbau (Pflanzenbau, Düngung, Bodenbearbeitung, Bewässerung, Reisanbau, Wiedervernässung organischer Böden, Brachebewirtschaftung, Pflanzenkohleanwendung)
	Graslandnutzung (Vegetation, Tierhaltung, Einsatz von Feuer)
	Wiederbegrünung vegetationsfreier Flächen
	Renaturierung organischer Böden
	Effizientere Düngermanagement
Tierhaltung	Optimale Tierernährung
	Verbesserte Nutzung des Tierbestandes (z. B. Züchtung, Herdenmanagement, Tiergesundheit, Stall- und Weidesysteme)
	Verbesserte Hofdüngernutzung
Integrierte Systeme	Feldwaldbau
	Gemischte Betriebe, Zwischenkulturen
	Mehrfachnutzung von Biomasse
Generell	Erhalt vorhandener Kohlenstoffspeicher
Bioenergie	Gezielter Anbau effizienter Energiepflanzen
	Energieproduktion aus land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen sowie aus industriellen organischen Abfällen
Nachfrageseite	
Verringerung der Nahrungsmittelverluste	
Veränderung der Ernährung hin zu Produkten, die geringere Emissionen verursachen	
Langzeitnutzung von Holz, Holznutzung aus zertifiziertem Waldbau	

Tabelle 3.1: Weltweite Minderungsmaßnahmen für Treibhausgasemissionen im AFOLU-Sektor. Die Massnahmen sind aufgeteilt in Angebots- und Nachfrageseite. Wie wichtig eine bestimmte Massnahme ist, unterscheidet sich von Region zu Region. Zum Beispiel ist eine Verringerung der Entwaldung sehr relevant in dicht bewaldeten Regionen wie dem Kongobecken oder dem Amazonasbecken, während die Renaturierung organischer Böden in einigen Ländern Europas eine wichtige Rolle spielt (s. a. Box Feuchtgebiete als Methan- oder CO₂-Quellen, S. 185). (Quelle: IPCC 2014/WGIII/Chap.11)

In den Bereichen Forstwirtschaft und andere Landnutzung besteht die Möglichkeit CO₂ aus der Atmosphäre in Form von Biomasse oder Bodenkohlenstoff zu speichern. Aufgrund der relativ grossen Landwirtschafts- und Waldflächen könnten durch relativ kleine Veränderungen in den Kohlenstoffflüssen grosse Effekte erzielt werden. Die Funktion des Waldes und der mineralischen Böden als Senken ist jedoch zeitlich von begrenzter Dauer, da jeweils ein Punkt des maximalen Biomassebestandes respektive Kohlenstoffgehaltes erreicht wird (s. a. Kap. 2.9 Wald, S. 106). Ausserdem ist die Rückbindung von CO₂ jederzeit reversibel. Zumindest theoretisch ergeben sich grössere Potenziale bei der Nutzung organischer Böden (Extensivieren oder Einstellen der Nutzung). Wie gross in der Schweiz das theoretische und praktisch umsetzbare Senkenpotenzial der Ökosysteme letztendlich ist, ist aufgrund der mangelhaften Datenlage noch weitgehend unklar und Gegenstand aktueller Forschung.

Die Erzeugung von Energie aus Agrotreibstoffen spielt in der Schweiz, auch aufgrund der Flächenbeanspruchung durch andere Sektoren, eine untergeordnete Rolle. Dagegen bestehen bei der Produktion und Nutzung von erneuerbaren Energien (Photovoltaik, Windenergie, Holz, Vergärung von Viehdung und Biomasse) auf Landwirtschaftsbetrieben und in der Forstwirtschaft weitere Minderungspotenziale.

Dimension	Aspekte
Institutionell	Eigentums- und Nutzungsverhältnisse
	Umsetzung politischer Richtlinien
	Intersektorielle Koordination
Sozial	Ernährungssicherheit
	Menschliche Gesundheit
	Tierschutz
	Gleichberechtigung
Ökonomisch	Grossflächige Aneignung von Land
	Einkommensdiversifizierung
	Beschäftigung
	Finanzierungsmechanismen
	Verfügbarkeit von Land und Konkurrenznutzung
Ökologisch	Biodiversität, Wasser, Boden
	Ökosystemstabilität
	Zugang zu Infrastruktur
Technologisch	Technologieakzeptanz
	Technologieakzeptanz
	Technologieakzeptanz

Tabelle 3.2: Betrachtete Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung. (Quelle: IPCC 2014/WGIII/Chap.11)

AFOLU und globale nachhaltige Entwicklung

Der Sektor AFOLU ist für die globale nachhaltige Entwicklung zentral. Global lebt mehr als die Hälfte der Bevölkerung in ruralen Gebieten und ist somit meist von der Land- und/oder Forstwirtschaft abhängig. Der Fünfte Sachstandsbericht unterstreicht dementsprechend den systemischen Charakter der Minderungsmassnahmen im AFOLU-Sektor. Deshalb betrachtet IPCC die AFOLU-Massnahmen unter institutionellen, sozialen, ökonomischen, ökologischen und technischen Gesichtspunkten (Tab. 3.2) und betont deren Wechselwirkungen. Beispielsweise ist eine Aufforstung einfacher durchzuführen, wenn die Eigentumsverhältnisse geklärt sind – und kann ihrerseits dabei helfen, allfällige Eigentumskonflikte zu lösen.

Wie sehr sich diese Massnahmen im Einzelnen auf die nachhaltige Entwicklung auswirken, unterscheidet sich von Region zu Region und ist abhängig vom lokalen Kontext, der Gesamtfläche, der Geschwindigkeit des Technikwandels und der Art der Landnutzung. Weiter wird im Bericht eine verantwortungsbewusste Regierungsführung («good governance») als zentraler Faktor für eine nachhaltige Entwicklung hervorgehoben.

Die Schweiz ist durch den internationalen Handel, die internationale Zusammenarbeit sowie durch direkten privaten Konsum von Importgütern eng mit der globalen nachhaltigen Entwicklung verbunden. Vor diesem Hintergrund ist ein verantwortungsbewusstes Handeln bezüglich Anpassungs- und Minderungsmassnahmen im Klimabereich entsprechend relevant.

Feuchtgebiete als Methan- oder CO₂-Quellen

Weltweit speichern Feuchtgebiete, insbesondere Moore, rund ein Drittel des organischen Kohlenstoffs, der in Böden vorkommt – und dies obwohl die Feuchtgebiete flächenmässig nur rund drei Prozent der Böden ausmachen. In naturnahen Mooren bleibt der Kohlenstoff über Tausende von Jahren gespeichert. Der Erhalt der noch intakten Moore stellt daher eine effektive Massnahme dar, die CO₂-Emissionen aus dem Sektor AFOLU zukünftig zu begrenzen. Werden die Moore jedoch zu land- oder forstwirtschaftlichen Zwecken oder zur Torfgewinnung entwässert, führt dies zu einem raschen und irreversiblen mikrobiellen Abbau des Torfes und damit zur Freisetzung grosser Mengen CO₂ sowie, in geringeren Mengen Lachgas (N₂O). Weltweit sind zirka 10 Prozent der Moore entwässert; in Europa liegt dieser Anteil allerdings bei 50 Prozent, in der Schweiz bei über 90 Prozent. Eine Renaturierung degradierter Moore kann zu einer Umkehr der negativen Treibhausgasbilanz führen, allerdings um den Preis der Aufgabe der Nutzung. Der Flächenanteil der degradierten Moorböden unter Ackerland und Grasland in der Schweiz wird auf weniger als ein Prozent geschätzt.

Referenzen

BAFU (2016) **Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2014. National Inventory Report.** Including reporting elements under the Kyoto Protocol. Submission of 15 April 2016 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol, 629 pp.

Bretscher D, Leuthold-Stärfl S, Felder D, Fuhrer J (2014) **Treibhausgasemissionen aus der schweizerischen Land- und Ernährungswirtschaft.** Agrarforschung Schweiz 5: 458–465.

IPCC (2013) **Climate Change 2013: The Physical Science Basis (WGII).** Chapter 6 «Carbon and Other Biogeochemical Cycles». www.ipcc.ch/report/ar5/wg1

IPCC (2014) **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (WGIII).** Chapter 11 «Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)». www.ipcc.ch/report/ar5/wg3

Joosten H (2010) **The global peatland CO₂ picture.** Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. Ede, The Netherlands: Wetlands International, 36 pp.

Leifeld J (2013) **Prologue paper: Soil carbon losses from land-use change and the global agricultural greenhouse gas budget.** Science of the Total Environment 465: 3–6.