

# Kriterien für die Zertifizierung von Kohlenstoffsenken in Landwirtschaftsböden

Jens Leifeld<sup>1</sup>, Adrian Müller<sup>2,3</sup> und Markus Steffens<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

<sup>2</sup>ETH Zürich, 8092 Zürich, Schweiz

<sup>3</sup>Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 5070 Frick, Schweiz

Auskünfte: Jens Leifeld, E-Mail: jens.leifeld@agroscope.admin.ch



Das Einarbeiten von Pflanzenkohle ist eine Möglichkeit zur langfristigen Speicherung von organischem Kohlenstoff im Boden. (Foto: Raphael Felber, Agroscope)

Im Rahmen der Klimadiskussion sind auch CO<sub>2</sub>-Zertifikate\* für die Einlagerung von Kohlenstoff in Landwirtschaftsböden (Kohlenstoffsenken) im Gespräch. Doch bevor solche Zertifikate ausgegeben werden, muss sichergestellt werden, dass die Kohlenstoffsenken zu einer effektiven Reduktion von Klimagasen beitragen. Damit dies geschehen kann, müssen vier Kriterien erfüllt sein.

Das Klimaabkommen von Paris (2015) hat das Ziel, die globale Erwärmung auf +1,5 bis +2 °C zu begrenzen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, Lösungen zu finden, die den anthropogenen Klimawandel begrenzen. Eine zentrale Forderung ist, die anthropogenen Treibhausgasemissionen bis 2050 netto auf Null zu reduzieren. In

den meisten Szenarien, die im Sonderbericht des IPCC über 1,5 Grad globale Erwärmung (IPCC 2018) veröffentlicht wurden, spielen CO<sub>2</sub>-Senken dafür eine wichtige Rolle. Neben technischen Senken, also z. B. dem Abscheiden von fossilem CO<sub>2</sub> aus Verbrennungsprozessen und dem nachfolgenden Einlagern in geologische Systeme, sind dabei biologische Senken in Ökosystemen zentral. Bereits heute nehmen Ozeane und terrestrische Systeme als biologische Senken natürlicherweise ca. die Hälfte des von Menschen emittierten CO<sub>2</sub> auf und dämpfen somit den Temperaturanstieg. Es gilt jedoch zu bedenken, dass Senken generell nur eine begrenzte Menge CO<sub>2</sub> aufnehmen können. Biologische Senken sind zudem reversibel, das heisst, der Kohlenstoff kann wieder in die Luft entweichen. Senken können daher langfristig nur Teil einer Lösung sein und substanzielle Emissionsreduktionen nicht ersetzen.

\*CO<sub>2</sub>-Zertifikate sind eine Mengeneinheit an Emissionen, welche kompensiert werden.  
Ein CO<sub>2</sub>-Zertifikat entspricht einer Tonne CO<sub>2</sub>. Die Zertifikate können gehandelt werden.

Auf Land umfassen die biologischen Senken sowohl den Aufbau von pflanzlicher Biomasse als auch die Einlagerung von organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) in Böden. Letzterem wird weltweit ein grosses Potenzial zugeschrieben (Paustian *et al.* 2016). Darauf basiert u. a. die 4per1000-Initiative ([www.4p1000.org/](http://www.4p1000.org/)), die von der französischen Regierung an der Weltklimakonferenz von Paris 2015 lanciert wurde. Sie basiert auf der Überlegung, dass eine Erhöhung der Kohlenstoffgehalte aller Böden um jährlich 0,4 % (oder eben 4‰) des bereits bestehenden Vorrates jener Menge an  $CO_2$  entspricht, die jährlich aus anthropogenen Quellen in der Atmosphäre akkumuliert. Wenn diese Senkenleistung realisiert und bewahrt werden könnte, würde die Zunahme von  $CO_2$  in der Atmosphäre und somit der Temperaturanstieg gebremst.

Für die Einlagerung (Sequestrierung) von Kohlenstoff im Boden können theoretisch  $CO_2$ -Zertifikate vergeben werden. Zunehmend wird diskutiert, ob solche  $CO_2$ -Zertifikate nicht eine zentrale Rolle in der Klimapolitik spielen sollten.  $CO_2$ -Zertifikate wurden für den Industrie- und Energiesektor entwickelt, um die Emissionen eines Landes zwischen den einzelnen Sektoren kompensieren beziehungsweise Emissionsrechte zwischen Ländern handeln zu können. Im Kontext der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UN 1992) wurde dies auch für den Forstsektor ermöglicht. Auf dem freiwilligen  $CO_2$ -Markt, der private Minderungsanstrengungen unterstützt, aber nicht für nationale Verpflichtungen genutzt werden kann, gibt es schon Zertifikate für  $C_{org}$ . Dabei wurde jedoch bislang nicht berücksichtigt, welche Besonderheiten für Kompensationsprojekte, die auf dem Aufbau von  $C_{org}$  basieren, gelten und welche Bedingungen solche Zertifikate erfüllen müssten, um umweltinteger umgesetzt werden zu können.

In diesem Artikel werden vier generell für  $CO_2$ -Zertifikate und Kompensationsprojekte geltende Bedingungen und Eigenschaften auf die Situation von Kohlenstoffsenken in Böden übertragen und deren Konsequenzen in der Anwendung diskutiert.

### 1. Messbare Senken

Die Einlagerung des zusätzlichen  $C_{org}$  muss erstens quantifizierbar und damit verifizierbar sein, weil damit reale andere Emissionen kompensiert werden sollen (Verifizierbarkeit). Im Energie- und Industriesektor ist dies einfach, wenn z. B. die Emissionen aus einer bestimmten Menge fossiler Energieträger quantifiziert werden sollen. Kohlenstoffgehalte von Böden sind hingegen räumlich heterogen und werden stark durch Bewirtschaftung und Landnutzung beeinflusst. Eine Quantifizierung

der Kohlenstoffanreicherung durch eine spezielle Bewirtschaftungsweise ist mit erheblichem analytischem Aufwand verbunden (u. a. wiederholte volumetrische Beprobungen mit nachfolgender Messung der  $C_{org}$ -Konzentrationen und der Lagerungsdichte des Bodens oder alternativ mehrjährige Gasaustauschmessungen). Darüber hinaus bedarf es einer Kontrollvariante um zu zeigen, dass es sich nicht um Änderungen handelt, die unabhängig von der Bewirtschaftung auftreten. Da dieselbe Massnahme an verschiedenen Standorten zu unterschiedlichen Einlagerungsraten führen kann, ist es schwierig, Ergebnisse zu verallgemeinern. Eigene Untersuchungen der Autoren sowie der Nationalen Bodenbeobachtung der Schweiz zeigen allerdings auch, dass jährliche Veränderungen im Bereich von 0,4 % analytisch nachweisbar sind, wenn lange Messreihen vorliegen (Leifeld *et al.* 2011; Gubler *et al.* 2019). Die erste Herausforderung ist also lösbar, bedarf aber eines nicht unerheblichen messtechnischen Aufwandes.

Eine Besonderheit stellt die Wiedervernässung entwässerter organischer Böden dar. Hier geht es weniger um das Schaffen einer Senke, sondern um das Unterbinden einer starken und stetigen  $CO_2$ -Quelle. Denn trotz teilweise erhöhter Methanemissionen ist die Wiedervernässung von Mooren eine der effektivsten Klimaschutzmassnahmen bezüglich  $C_{org}$ . Die Treibhausbilanz eines organischen Bodens ist zudem viel einfacher zu messen als jene eines Mineralbodens, weil entwässerte organische Böden viel mehr  $CO_2$  emittieren.

### 2. Langfristige Senken

Der eingelagerte  $C_{org}$  muss zweitens dauerhaft gespeichert werden (Permanenz). Das heisst, vorübergehende Erhöhungen des  $C_{org}$  in Böden tragen nicht zur Zielerreichung bei, sondern ein neu aufgebauter Vorrat muss dauerhaft, also über die Dauer des Projekts hinaus, erhalten bleiben. Dies unterscheidet Senken, bei denen der Atmosphäre  $CO_2$  entzogen wird, von Emissionsminderungsmaßnahmen, bei denen Emissionen direkt reduziert werden. Die Kohlenstoffeinlagerung in Böden ist prinzipiell reversibel, der Gewinn also immer gefährdet. Dies betrifft insbesondere bewirtschaftungsbedingte Erhöhungen des  $C_{org}$ -Gehaltes im Oberboden, z. B. durch eine verbesserte Fruchtfolge. Eine einmal vollzogene Umstellung der Bewirtschaftung muss somit dauerhaft beibehalten werden, um den dadurch erhöhten Vorrat nicht wieder zu verlieren. Diese Thematik ist von den freiwilligen  $CO_2$ -Zertifikaten im Forstbereich bekannt, und die dort vorgeschlagenen Lösungen können im Prinzip auch auf landwirtschaftliche Böden übertragen werden. Zur Lösung werden einerseits sehr lange Lauf-

zeiten im Bereich von Dekaden angesetzt. Andererseits werden Abschläge bei der Zertifikatsausgabe berechnet beziehungsweise Auflagen gemacht, dass eine gewisse Anzahl Zertifikate als Sicherheit hinterlegt werden, die nicht für Kompensationen genutzt werden können. Letzteres dient dazu, sich gegenüber der Gefahr, dass in einem Projekt die Senkenleistung wieder verloren geht (im Forstbereich zum Beispiel wegen Waldbränden), abzusichern. Solche Auflagen sind keine optimalen Lösungen und bei Verlust der Senkenleistung wäre für das Klima am Ende nichts gewonnen. Ob diese Unsicherheiten für Projekte im Bereich der Einlagerung von  $C_{org}$  akzeptabel sind oder nicht, muss offen diskutiert werden. Nach derzeitigem Stand des Wissens gibt es zwei Massnahmen, die aus Sicht der Permanenz relativ unproblematisch sind: Erstens kann die Zufuhr von Pflanzenkohle den Vorrat an  $C_{org}$  über sehr lange Zeiträume erhöhen. Pflanzenkohle ist sehr stabil, was mit ihrer chemischen Struktur erklärt wird, und weist deshalb eine deutlich höhere Verweilzeit auf als andere organische Verbindungen im Boden. Zweitens nutzt die Einarbeitung von kohlenstoffreichem Material, z.B. von Oberboden in den Unterboden, die in Unterböden natürlicherweise langen Verweilzeiten des  $C_{org}$ . Verschiedene Studien zeigen erhebliche Zunahmen in der Grössenordnung von mehreren Dutzend Tonnen  $C_{org}$  je Hektare für das Gesamtbodenprofil. Beide Massnahmen sind nicht reversibel und werden selten (Pflanzenkohle) oder einmalig (Unterbodenbearbeitung) durchgeführt. Positive Nebenwirkungen (z. B. höhere Resilienz des Standortes gegen Trockenheit) oder negative (z. B. Auswaschungsverluste bei Unterbodenbearbeitung) sind teils noch nicht erforscht und müssten in einer Gesamtbetrachtung berücksichtigt werden.

### 3. Wirtschaftlichkeit nur dank CO<sub>2</sub>-Zertifikat

Ein zertifizierbares Senkenprojekt muss drittens die Bedingung der Zusätzlichkeit (Additionalität) erfüllen. Dies bedeutet, dass eine Senke nur durch den Anreiz des CO<sub>2</sub>-Zertifikates geschaffen wird, dass also zum Beispiel eine teure Massnahme erst durch das Zusatzeinkommen aus dem Verkauf der Zertifikate wirtschaftlich wird. Dies ist zentral, da CO<sub>2</sub>-Zertifikate Emissionen kompensieren, die dafür anderswo nicht reduziert werden müssen. Würde man diese Emissionen mit Senken kompensieren, die im Rahmen der üblichen Bewirtschaftung ohnehin entstünden, also auch ohne die zusätzlichen Einnahmen durchgeführt würden, gäbe es keinen Zusatzeffekt zur *Business-as-usual*-Entwicklung. Dies ist für die Zertifizierung von Kohlenstoffsinken eine reale Herausforderung, da sowohl im land- als auch im forstwirtschaftli-

chen Bereich der Schweiz Bewirtschaftungsmassnahmen bisher nicht, oder nicht ausschliesslich aus Gründen des Klimaschutzes durchgeführt werden, sondern mit anderen Vorteilen einhergehen (z. B. Anbau von Zwischenkulturen) und im Rahmen der Agrarpolitik Aktivitäten im Bereich Bodenfruchtbarkeit gefördert werden. Solche Aktivitäten wären daher nicht mit der Bedingung der Zusätzlichkeit vereinbar. Für die oben genannten Massnahmen Pflanzenkohle und Unterboden trifft der Grundsatz der Zusätzlichkeit eher zu. Die Zusätzlichkeit muss aber immer im Einzelfall abgeklärt werden.

### 4. Keine Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

Viertens muss eine Massnahme die Gefahr der Auslagerung (*Leakage*) vermeiden. Damit werden die Auslagerung der in einem Projekt vermiedenen Emissionen in andere Länder oder das Auftreten von zusätzlichen Emissionen entlang der Wertschöpfungskette ausserhalb der Systemgrenzen des Projektes (z. B. bei Vorleistungen wie der Herstellung von Futtermittelzusätzen) bezeichnet. Für das System Boden tritt eine solche Verlagerung dann auf, wenn eine Senke auf Kosten einer anderen Senke oder sogar durch das Hervorrufen einer Quelle andernorts realisiert wird. Ein Beispiel hierfür kann die Anwendung von Kompost aus Biomasse von Feldern von ausserhalb der Systemgrenzen sein, die lokal zu einer Anreicherung von  $C_{org}$  im Boden führt, diese Pflanzenreste dann aber dort, wo sie normalerweise anfielen und den Boden anreicherten, fehlen. Die Massnahme kann somit am Herkunftsort der Biomasse zu einer Abreicherung des  $C_{org}$  führen. Eine Auslagerung tritt auch auf, wenn Land umgenutzt wird (z. B. Aufforstung von Ackerland), was andernorts zu einer Landnutzungsänderung und damit zu einem möglichen Verlust an  $C_{org}$  führen könnte (z. B. Ausweitung des Ackerlandes zur Aufrechterhaltung der Lebensmittelproduktion). Eine Herausforderung kann auch eine Veränderung von Fruchtfolgen sein, wenn z. B. eine Fruchtfolge, die zu einer höheren  $C_{org}$ -Speicherung führt, mit einem geringeren Ertrag einhergeht, der dann über eine Ausweitung der Anbaufläche kompensiert werden müsste. Es braucht also noch zu definierende Indikatoren, um Kohlenstoffsinken im Boden umfassend mit der Ausgangssituation zu vergleichen, um Auslagerungen zu identifizieren und zu verhindern. Zentral dabei ist, dass im Projekt die Produktionsleistung gegenüber der Ausgangssituation nicht sinken darf. Ein geeigneteres Mass für die Produktionsleistung als der Ertrag einzelner Kulturen könnte die über eine Region und mehrere Jahre aggregierte Produktion von Kalorien und/oder Proteinen sein. Die Auslagerung zu vermeiden, stellt hohe An-



Eine umfassende Systembetrachtung der Quellen und Senken muss auch mögliche Kohlenstoffverluste ausserhalb des Projektes berücksichtigen: Sojafeld in Brasilien. (Foto: Sérgio Zacchi, 123rtf.com)

forderungen an die Definition der Systemgrenzen und macht eine enge wissenschaftliche Begleitung entsprechender Projekte unumgänglich.

#### Weitere Ansätze zur Förderung von $C_{org}$ im Boden

Derzeit gibt es in der Schweiz ein deutlich zunehmendes Interesse an Senkenprojekten im Bereich Boden. Es ist aufgrund der bisherigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen und der gesetzten Klimaziele zu erwarten, dass dieses Interesse anhält. Aus Sicht der Autoren ist es wichtig, die oben genannten Bedingungen und Besonderheiten sorgfältig zu evaluieren, bevor Potenziale ausgerufen und Kompensationsprojekte im gesetzlichen Rahmen oder auf einem freiwilligen  $CO_2$ -Markt implementiert werden. Wir möchten dabei betonen, dass der Aufbau von Bodenkohlenstoff auf jeden Fall gefördert werden sollte, da er nicht nur bezüglich des Klimas, sondern auch für die Bodenfruchtbarkeit klar positive Aus-

wirkungen hat. Grundsätzlich sehen wir Potenziale, dass die Nutzung von Böden und die Landwirtschaft in erheblichem Umfang sowohl zur Abmilderung als auch – hier nicht weiter diskutiert – zur Anpassung an den Klimawandel beitragen können und befürworten, dass diese Potenziale in der Klimapolitik berücksichtigt werden. Die obigen Ausführungen zeigen, dass dafür  $CO_2$ -Zertifikate und Kompensationsmechanismen ein mögliches, aber herausforderndes Instrument darstellen. Darüber hinaus existieren auch andere Ansätze, Böden als Kohlenstoffsenken zu fördern, z. B. über Direktzahlungen, Ressourcenprojekte oder Bodenfruchtbarkeitsfonds. Sie würden den Aufbau von Senken ohne die Notwendigkeit der Zusätzlichkeit erlauben, da sie nicht für die Kompensation anderer Emissionen genutzt werden würden. Welche Politikinstrumente am besten geeignet sind, die Rolle der Böden als Kohlenstoffsenken zu fördern, bedarf aber noch einer detaillierten Analyse. ■

#### Literatur

- Gubler A., Wächter D., Schwab P., Müller M. & Keller A., 2019. Twenty-five years of observations of soil organic carbon in Swiss croplands showing stability overall but with some divergent trends. *Environmental Monitoring and Assessment* **191**, 277. Zugang: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7435-y> [4.6.19].
- IPCC, 2018. Global Warming of 1.5°C. Special Report. The Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Genf. Zugang: <https://www.ipcc.ch/sr15/> [4.6.19].
- Leifeld J., Ammann C., Neftel A. & Fuhrer J., 2011. A comparison of repeated soil inventory and carbon flux budget to detect soil carbon stock changes after conversion from cropland to grasslands. *Global Change Biology* **17**, 3366–3375.
- Paustian K., Lehmann J., Ogle S., Reay D., Robertson G.P. & Smith P., 2016. Climate-smart soils. *Nature* **532**, 49–57.
- UN, 1992. Rahmenabkommen der vereinten Nationen über Klimaänderungen. UNFCCC Sekretariat, Bonn. Zugang: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf> [4.6.19].