

Landwirtschaft und Klimawandel

Die Vorteile des Öko-Landbaus für das Klima

Die Landwirtschaft ist durch die Produktion von Kohlendioxid, Lachgas und Methan mitverantwortlich für die Klimaerwärmung. Humusreiche Bio-Böden können das Klima jedoch entlasten.

Von **Andreas Fliessbach,**
Heinz Schmid und Urs Niggli

Dr. Andreas Fliessbach

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Bodenwissenschaften
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 / 62 / 865-7225
E-Mail andreas.fliessbach@fibl.org



Dipl.-Ing. Heinz Schmid

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Bodenwissenschaften
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 / 62 / 865-7437
E-Mail heinz.schmid@fibl.org



Dr. Urs Niggli

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Direktor
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 / 62 / 865-7270
E-Mail info.suisse@fibl.org

Die derzeitige Veränderung des Klimas ist ein Phänomen, das zum größten Teil darauf zurückgeht, dass in der Vergangenheit große Mengen fossiler organischer Substanz (Kohle, Erdöl, Erdgas) verbrannt oder Humus durch Landnutzung mineralisiert wurde. Dieser Prozess wurde und wird durch den Menschen verursacht. Die globalen Emissionen sind zwischen 1970 und 2004 von 28,7 auf 49 Gigatonnen Kohlendioxid (CO₂)-Äquivalente pro Jahr angestiegen. Primär hat dies zu einer messbaren und in ihrer Schnelligkeit nie da gewesenen Zunahme des Kohlendioxidgehalts in der Atmosphäre geführt. Dies wiederum ist die Ursache für die globale Erwärmung, da das CO₂ die langwellige Rückstrahlung (Wärme) des Sonnenlichts von der Erde behindert und die Wärme wieder zur Erde reflektiert. Auf ähnliche Weise wird die Wärmerückstrahlung auch von den Molekülen Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) behindert, nur mit erheblich größerer Effizienz. N₂O hat ein etwa 300-mal höheres Klimaerwärmungspotenzial als CO₂; das von CH₄ ist etwa 20-mal höher.

Kohlenstoff im globalen Kreislauf

Kohlenstoff ist in relativ stabiler Form im Gestein gebunden und kommt gelöst im Wasser als Kohlensäure in einem komplexen Gleichgewicht mit dem CO₂-Gehalt der Luft vor. Vor allem aber spielt Kohlenstoff eine wichtige Rolle als Baustein aller organischen Verbindungen des Pflanzen- und Tierreichs. Pflanzen und einige Mikroorganismen assimilieren unter dem Einfluss des Sonnenlichts CO₂ und bilden daraus organische Verbindungen, die die Grundlage für die Ernährung aller Tiere und des Menschen sind. Der organische Kohlenstoff wird zur Energiegewinnung wieder in seine mineralischen Grundbestandteile zerlegt und in diesem Prozess entsteht aus organisch gebundenem Kohlenstoff wieder CO₂ – ein ständiger Auf- und Abbau, der unter bestimmten Bedingungen auch zur Konservierung von organischen Verbindungen führt. Diesen konservierten Kohlenstoff finden wir im Boden in temporärer Form, zum Beispiel in Humus oder Torf, aber auch in fossiler Form, etwa in Kohle oder Erdöl in tieferen Erdschichten.

Die Energie aus organisch gebundenem Kohlenstoff wird also in biologischen Systemen wie auch in der durch den Menschen entwickelten Technologie genutzt. Während die biologi-



schen Systeme in einem Gleichgewicht von Auf- und Abbau pendeln, stellt die Verbrennung fossiler Kohlenstoffverbindungen einen forcierten Abbau dar, der durch die biologischen Systeme kaum abgefedert wird, also keinen aufbauenden Prozess als Gegengewicht hat.

Mit der Nutzbarmachung natürlicher Böden haben sich die lebende Biomasse und der historisch gewachsene Humusgehalt dieser Standorte erheblich verringert. Sicher ist die landwirtschaftliche Nutzung des Bodens sowie die technische Nutzung von Energieträgern Grundlage unserer gegenwärtigen Bevölkerungsdichte und des erreichten Wohlstands. Das Ziel Wachstum kommt hier jedoch möglicherweise an seine ultimativen Grenzen, da der Prozess der Klimaerwärmung schlimmstenfalls auch eine Eigendynamik entwickeln kann – mit unvorhersehbaren Auswirkungen.

Treibhausgase aus der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist weltweit für etwa zehn bis zwölf Prozent (5,1 bis 6,1 Gigatonnen CO_2 -Äquivalente pro Jahr) des Ausstoßes an klimarelevanten Gasen verantwortlich. Zwischen 1970 und 2004 haben die Emissionen aus dem sogenannten LULUCF-Sektor (LandUse, LandUse Change, Forestry) um 40 Prozent zugenommen. Die größten Verursacher dabei sind Landnutzungsänderungen wie Rodung, Naturwiesenumbruch oder Humusabbau (CO_2), Düngemittelproduktion (CO_2 und N_2O) und -anwendung (N_2O), Nassreisanbau (CH_4) und Tierhaltung (CH_4 und N_2O). Im Jahresverlauf wird die Zunahme des atmosphärischen CO_2 -Gehalts überlagert von den großen Kohlendioxidflüssen zwischen Atmosphäre und pflanzlicher Biomasse, die sich fast ausgleichen. Im Gegensatz dazu stammen rund 60 Prozent der Lachgasemissionen und 50 Prozent der Methanemissionen aus der Landwirtschaft. Diesen Emissionen stehen keine so starken Rückbindungskräfte gegenüber, wie sie die Photosynthese für CO_2 darstellt.

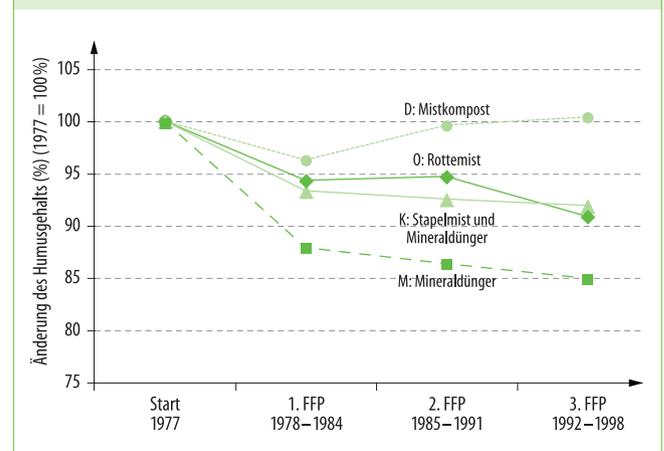
Stickstoff: N_2O entsteht in gut durchlüfteten Böden als Zwischenprodukt der Nitrifikation, unter Luftabschluss als Zwischenprodukt der Denitrifikation. Bei der Nitrifikation wird aus Ammonium (NH_4^+) durch Bakterien Nitrit (NO_2^-) gebildet, das von anderen Bakterien zu Nitrat (NO_3^-) oxidiert wird. Dieser Prozess benötigt Sauerstoff und N_2O wird dann freigesetzt, wenn bei mangelhafter Durchlüftung des Bodens nicht genügend Sauerstoff zur vollständigen Nitrifizierung vorliegt. Dies ist bei verdichtetem Boden der Fall oder wenn viel frisches organisches Material in den Boden kommt, das bei seiner Mineralisation den gesamten vorhandenen Sauerstoff verbraucht. Unter Luftabschluss sind einige Bakterien in der Lage, in einem mehrstufigen Prozess aus Nitrat molekularen Stickstoff (N_2) zu bilden. Die Organismen verwenden dabei anstelle von Sauerstoff Nitrat zur sogenannten Nitratatmung. Mit steigender Durchlüftung des Bodens wird eines der Enzyme gehemmt,

wodurch sich N_2O anreichert und aus dem Boden entweichen kann. In beiden Prozessen entsteht N_2O als Zwischenprodukt. Solange es im Boden bleibt, kann es dort weiter umgesetzt werden. Gelangt es jedoch in die Atmosphäre, kommt seine klimaschädigende Wirkung zum Tragen. Optimale Bedingungen findet die N_2O -Bildung in dem Bereich zwischen vollständiger und partieller Sauerstoffarmut.

Hohe N_2O -Emissionsraten werden kurz nach der Düngung gemessen; die Mengen sind häufig proportional zur gedüngten Stickstoffmenge. Prinzipiell spielt es dabei keine Rolle, ob der Stickstoff aus organischer oder mineralischer Quelle stammt. Unter entsprechenden Bedingungen wird ein bestimmter Anteil zu N_2O umgesetzt. Löslicher, pflanzenverfügbarer oder reaktiver Stickstoff ist unter natürlichen Bedingungen im Boden kaum vorhanden und limitiert das Pflanzenwachstum. Mit der Düngung wird die Limitierung des Pflanzenwachstums durch Stickstoffmangel behoben; allerdings führt sie auch dazu, dass nicht genutzter Stickstoff in Form von NO_3^- ins (Grund-)Wasser oder in die Atmosphäre gelangt.

Methan: Methan entsteht beim Abbau organischer Substanz unter Luftabschluss durch Bakterien, die diesen Prozess zur Energiegewinnung nutzen. Die wichtigsten Orte der Methanbildung sind Sumpfgebiete, die Tundra, Gewässersedimente, überflutete und staunasse Böden, Nassreisanbau und der Pansen von Wiederkäuern. Jedes Rind produziert pro Tag bis zu 900 Liter Gas, davon 27 Prozent Methan. Technisch wird Methan aus der Vergärung organischer Stoffe gewonnen (Biogas). Solange Methan im Boden verbleibt, kann es dort von anderen Bakterien wieder oxidiert werden. Ist es aber in die Atmosphäre entwichen, entfaltet es seine klimaschädigende Wirkung.

Abb. 1: Entwicklung der Humusgehalte im DOK-Versuch beim biodynamischen (D) und organisch-biologischen Verfahren (O) sowie bei konventioneller Bewirtschaftung mit (K) und ohne Vieh (M). Mittelwerte zu Beginn (1977) und in den Fruchtfolgeperioden (FFP)



Stabilisierung der Böden durch Bio-Landbau

Von der Klimaänderung ist auch die Landwirtschaft betroffen, da sich durch den Wandel der gewohnten Klimaverhältnisse auch die bisherigen Anbaumethoden ändern werden müssen. Chancen bietet dabei die organische Düngung als Folge der Integration von Ackerbau und Viehhaltung auf Bio-Betrieben, verbunden mit vielfältigen Fruchtfolgen und Bodenruhe unter Kleegras, denn sie führt zu mehr Bodenleben und höheren Humusgehalten in Bio-Böden (siehe Abbildung 1). Wie Ergebnisse aus dem sogenannten DOK-Versuch, einem langjährigen Systemvergleich zwischen biologisch-dynamischem, organisch-biologischem und konventionellem Anbau, zeigen, können auf diese Weise jährlich 150 bis 200 Kilogramm Kohlenstoff im Boden gespeichert werden. Vergleichende Untersuchungen des Rodale Institutes in den USA belegen noch höhere Kohlenstoff-Rückbindungsleistungen des dort angewandten Bio-Verfahrens. Eine kürzlich veröffentlichte Studie zur Minimalbodenbearbeitung zeigt ebenfalls, dass Bio-Landbau für den Boden Vorteile birgt, wobei die Problematik der Beikrautkontrolle hier noch ungelöst ist.

Die höheren Humusgehalte in ökologisch bewirtschafteten Böden bewirken eine größere Stabilität dieser Böden gegenüber Erosion (siehe Abbildung 2, rechtes Foto). Wasser kann schneller versickern und besser gespeichert werden, was wiederum in Trockenphasen zu einer Stabilisierung des Pflanzenwachstums beiträgt. Wird dagegen, zum Beispiel im Zuge einer Intensivierung der Milchviehhaltung, Dauergrünland in (Mais-)Acker umgewandelt, so führt dies zu Erosion und Humusverlust, da viele Grünlandstandorte für die Ackernutzung nur begrenzt geeignet sind.

■ Abb. 2: Die Vorteile von Bio-Landbau werden im Vergleich deutlich: Das Feld links wurde nur mineralisch gedüngt (Verfahren M, siehe Abbildung 1) und zeigt eine größere Verschlammung der Bodenoberfläche nach Starkregen. Das bio-dynamisch mit Mistkompost (Verfahren D, siehe Abbildung 1) bewirtschaftete Feld (rechts) kann durch einen höheren Humusgehalt das Wasser besser aufnehmen. (Fotos: Andreas Fliessbach)



Öko-Landbau kann Klimawandel entgegenwirken

Die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung in der Landwirtschaft, wie sie im biologischen Landbau gepflegt wird, trägt in hohem Ausmaß zur Abschwächung des Klimawandels bei. Verschiedene Maßnahmen führen zu einer Stabilisierung des Bodens und zu einer Produktion, die weniger stark von Emissionen begleitet wird. Daher sollte die ökologische Landwirtschaft aufgrund ihrer vielfältigen Vorteile in der Klimadiskussion ihren festen Platz haben. ■

Literatur

- Fliessbach, A., H.-R. Oberholzer, L. Gunst, P. Mäder (2007): Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118, S. 273–284
- Hepperly, P., D. Douds, R. Seidel (2006): The Rodale farming systems trial 1981 to 2005: Longterm analysis of organic and conventional maize and soybean cropping systems. In: Raupp, J., C. Pekrun, M. Oltmanns, U. Köpke (Eds.): Long-term field experiments in organic farming. International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR), Bonn, S. 15–32
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko (2007): Agriculture. In: Metz, B., O. R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (Eds.): *Climate change 2007: Mitigation. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, S. 497–540
- Teasdale, J. R., C. B. Coffman, R. W. Mangum (2007): Potential long-term benefits of no-tillage and organic cropping systems for grain production and soil improvement. *Agronomy Journal* 99, S. 1297–1305