Forschungsberichtsblatt

Prof. Dr. Ellen Kandeler, Dr. Sven Marhan; Projekt BWK 23003

"Böden von Baden-Württemberg als Senke und Quelle für klimarelevante Gase"

1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses

Die steigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre könnte über eine Veränderung des Pflanzenwachstums auch die C-Speicherfunktion von Böden beeinflussen. Die Erforschung und Quantifizierung dieser Auswirkungen auf den Kohlenstoffumsatz innerhalb landwirtschaftlich genutzter Flächen Baden-Württembergs war Ziel des vorliegenden Projektes. Hierfür wurden im Rahmen des einzigen Freiland-CO₂-Expositionsexperimentes (Mini-FACE) Baden-Württembergs die Umsatzraten der organischen Bodensubstanz unter dem Einfluss einer erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentration ermittelt. Innerhalb dieses Sommerweizen (*Triticum aestivum*) Agrarökosystem wurde der Eintrag von ¹³C-markiertem Kohlenstoff in die organische Bodensubstanz und die mikrobielle Biomasse des Bodens innerhalb einer 5 jährigen Versuchsdauer quantifiziert. Hierzu wurden sowohl Rückstellproben aus dem ersten Jahr des Experimentes (2002), sowie aktuelle Proben von März bzw. Oktober 2004, 2005 und 2006 untersucht. Die erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentration hatte keinen Einfluss auf die mikrobielle Gesamtbiomasse, deren Aktivität und die Enzymaktivität im Boden. Die erhöhte pilzliche Biomasse auf den CO₂-Expositionsflächen im März 2004 weist darauf hin, dass nur kurzfristig die Zusammensetzung der Mikroorganismengemeinschaft des Bodens verändert war. An den anderen Probenahmeterminen konnten keine Unterschiede in der Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft festgestellt werden. In Ergänzung zu den Untersuchungen innerhalb des Mini-FACE Experiments wurden Laborinkubationsexperimente in Mikrokosmen durchgeführt. Diese Experimente zeigten, dass Aufgrund der veränderten Streuqualität (erhöhtes C/N Verhältnis) der Abbau von Weizenstreu und der von weiteren Ackerbeikräutern (Kornblume, Ackersenf) signifikant verringert war, wenn die Pflanzen unter erhöhten CO₂-Konzentrationen gewachsen waren. Dies führte zu einer geringeren C-Mineralisierung innerhalb der vegetationsfreien Zeit, während der Wachstumsperiode der Sommerweizenpflanzen war die CO₂-Produktion aus dem Boden jedoch unter einer angereicherten CO₂-Atmosphäre erhöht. Sowohl in den Mikrokosmenversuchen als auch im Mini-FACE Experiment wurde eine erhöhte Bodenfeuchte innerhalb der CO₂-Behandlung festgestellt.

Der Eintrag von Kohlenstoff während der 5 jährigen CO₂-Fumigation (C_{new}) wurde mittels inverser Modellierung mit dem Kohlenstoff-Modell Roth-C (26.3) berechnet. Der Abbau des vorexperimentellen Boden-C (C_{old}) wurde mit den gleichen Modellparametern modelliert. Der Eintrag von C_{new} in die mikrobielle Biomasse verifizierte die richtige Verteilung der unterschiedlichen C-Pools innerhalb des Modells. Proportional zur Pflanzenbiomasseproduktion wurde der Eintrag von C_{new} unter der heutigen CO₂-Konzentration modelliert. Die Bilanzierung des Eintrags von C_{new} und des Abbaus von C_{old} ergab, dass der erhöhte Eintrag von C_{new} unter Hoch-CO₂ durch den verstärkten Abbau von C_{old} überkompensiert wurde; d.h. das bedingt durch die höhere Bodenfeuchte unter Hoch-CO₂

mikrobielle Abbauprozesse in trockenen Perioden weniger stark limitiert wurden als unter heutigen CO₂ Bedingungen. Durch die hochaufgelösten Bodenfeuchtemessungen innerhalb des Mini-FACE Experiments war es erstmals möglich, diesen Hoch-CO₂ Effekt zu quantifizieren.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass das untersuchte Agrarökosystem unter einer zukünftigen atmosphärischen CO₂-Konzentration als Quelle und nicht als Senke für CO₂ fungieren wird. Durch andere Fruchtarten bzw. Bewirtschaftungsformen mit insgesamt höherem C_{new}-Eintrag kann die C-Bilanz unter Hoch-CO₂ positiver ausfallen. Der CO₂-Effekt auf die C-Sequestrierung fällt jedoch wesentlich geringer aus als der, der durch eine Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung bzw. Grünland erzielt werden könnte. Der insgesamt geringe zu erwartende CO₂-Effekt und die bestehenden Unsicherheiten u.a. in Bezug auf die Interaktion mit weiteren, durch den globalen Klimawandel hervorgerufenen, Umweltveränderungen (Temperatur, Niederschlagsmenge und Verteilung), verhindert derzeit noch eine allgemein gültige, gesicherte Vorhersage, in welchem Umfang landwirtschaftlich genutzte Böden Baden-Württembergs in Zukunft als Senke für klimarelevante Gase fungieren können.

2. Fortschritt für die Wissenschaft aufgrund der Forschungsergebnisse

Innerhalb des Projektes konnte erstmals für Ackerland gezeigt werden, dass die durch eine zukünftig erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentration zu erwartende Pflanzebiomassenzunahme nicht zwangsläufig zu einer verstärkten Speicherung von Kohlenstoff im Boden führen muss. Verstärkte Mineralisierungsprozesse von bodenbürtigem Kohlenstoff in dem unter einer erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentration feuchteren Boden führen dazu, dass bei der Bilanzierung der Austrag von Kohlenstoff aus dem System den Eintrag übersteigt. Insgesamt zeigen unsere Forschungsergebnisse, dass aber nur eine geringe Änderung der Gesamtmenge an organischer Bodensubstanz innerhalb der 5 jährigen Versuchsdauer aufgrund der veränderten atmosphärischen CO₂-Konzentration stattfand. Der Einfluss der atmosphärischen CO₂-Erhöhung auf die Kohlenstoff-Speicherfunktion von landwirtschaftlich genutzten Flächen Baden-Württembergs ist daher als gering einzuschätzen. Demgegenüber wird die zu erwartende, durch den Treibhauseffekt verursachte, Klimaänderung (Temperatur und Niederschlag) die Umsatzraten der organischen Bodensubstanz vermutlich stärker beeinflussen, als dies allein durch eine erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentration geschehen wird. Diese Interaktion von verändertem Klima und erhöhter CO₂-Konzentration in der Atmosphäre konnte innerhalb des Mini-Face Experiments jedoch nicht untersucht werden. Die Ausbildung einer verstärkten Quellen- oder Senkenfunktion von Böden Baden-Württembergs für klimarelevante Gase ist daher nach derzeitigem Wissenstand nicht vorhersagbar. In diesem Bereich besteht dringend weiterer Forschungsbedarf in Hinblick auf die Integration aller durch den Klimawandel zu erwartenden Veränderungen. Wir empfehlen hierfür die Einrichtung von längerfristigen Freiland-Experimenten auf Böden mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung als Plattform für die zukünftige Klimafolgenforschung in Baden-Württemberg.

3. Empfehlung für die Praxis

Der Anbau von Raps zur Biodieselproduktion verursacht im allgemeinen höhere Lachgas (N_2O)-Emissionen als beispielsweise der Anbau von Getreide zur Produktion alternativer BtL-Kraftstoffe (Biomass to Liquid). Der verstärkte Anbau von Pflanzen zur reinen Biomasseerzeugung für die BtL-Kraftstoffproduktion ist allerdings mit einer hohen Abfuhr organischen Materials von den Flächen und somit mit einem geringen Verbleib von Pflanzenresiduen im Boden verbunden. Die Folge hiervon wird eine weitere Abnahme des in landwirtschaftlich genutzten Böden gespeicherten Kohlenstoffs sein (=verringerte Senkenfunktion für CO_2). Durch die Veränderung der atmosphärischen CO_2 -Konzentration und des Klimas können beide oben genannte Phänomene noch verstärkt werden. Ein zukünftig verstärkter Anbau von nachwachsenden Rohstoffen in Kombination mit den Folgen der zu erwartenden Klimaveränderung birgt somit Risiken für zusätzliche Emissionen klimarelevanter Gase wie CO_2 und N_2O , aber auch Methan (CH_4) aus landwirtschaftlich genutzten Flächen Baden-Württembergs. In Hinblick auf die erwünschte Reduktion der Emission klimarelevanter Gase aus landwirtschaftlich genutzten Flächen Baden-Württembergs ist die Einbeziehung aller relevanten Treibhausgase (CO_2 , N_2O , CH_4) von großer Bedeutung. Bei der Bilanzierung der Senken- und Quellenfunktion von Böden für klimarelevante Gase müssen sowohl "Mitigationsprozesse" durch die Nutzung nachwachsender anstelle von fossilen Energieträgern als auch hierdurch bedingte potentiell höhere Emissionen mit einbezogen werden. Eine gezielte politische Förderung von Fruchtarten und Bewirtschaftungsformen mit einer günstigen Klimabilanz ist hierbei von entscheidender Bedeutung.

Im Weiteren sollte die zu erwartende Veränderung des Klimas in Baden-Württemberg in der Forschung und in der Praxis mehr Beachtung finden. Das derzeit schon zu beobachtende und zukünftig vermutlich verstärkte Ausbleiben von Niederschlägen während der Wachstumsperiode wird sich negativ auf den Ertrag und die Produktion von Nahrungsmitteln, aber auch auf die Bildung von Pflanzenresiduen auswirken. Dies wird in Folge zu einer Abnahme der Menge an im Boden gespeicherter organischer Substanz führen. Die Züchtung bzw. Adaptation von Feldfruchtarten und -sorten, die auch unter diesen veränderten Klimabedingungen noch wachsen und eine profitable Ernte erbringen können, wird in der Zukunft für eine funktionierende Landwirtschaft in Baden-Württemberg von entscheidender Bedeutung sein.