



## Fruchtbarer Boden

### Welchen Einfluss die Landnutzung auf den Boden hat

**Böden übernehmen vielfältige Funktionen. Von zentraler Bedeutung für die Landwirtschaft ist die „Bodenfruchtbarkeit“, also die langfristige Erhaltung bzw. Verbesserung der Produktivität. Sie ergibt sich aus verschiedenen bodenchemischen, -physikalischen und -biologischen Eigenschaften. Welche Parameter der Bodenfruchtbarkeit sind wirklich wichtig für die landwirtschaftliche Produktion? Und wie werden sie durch die Art der Bewirtschaftung, mit und ohne Tierhaltung oder konventionell und ökologisch, beeinflusst? Forscherinnen und Forscher der Thünen-Institute für Ökologischen Landbau, für Biodiversität und für Agrarklimaschutz suchen nach Antworten auf diese Fragen.**

Auf dem Versuchsbetrieb in Trenthorst (Schleswig-Holstein) wird seit Beginn der Umstellung auf Ökologischen

Landbau im Jahr 2001 ein Boden-Dauerbeobachtungsversuch durchgeführt. Im Mittelpunkt steht der Vergleich von Ackerflächen eines Öko-Milchviehbetriebs mit denen eines Öko-Marktfruchtbetriebs. Zusätzlich werden umliegende, konventionell bewirtschaftete Flächen in die Untersuchungen einbezogen (Abb. 1). Die untersuchten Systeme unterscheiden sich deutlich hinsichtlich des Kleeanteils und des Klee-managements in der Fruchtfolge sowie in der Düngung:

So wird für die Milchviehherde auf den Ackerflächen über zwei Jahre Klee als Futter angebaut und mehrmals im Jahr gemäht. Die an den Kleewurzeln lebenden symbiotischen Bakterien überführen den Stickstoff aus der Luft in organisch gebundenen Stickstoff. Wird das Klee nach zweijähriger Nutzung umgepflügt, wurden bis zu 300 Kilogramm Stickstoff pro Hektar gebunden. Klee dient wegen der Stickstoffbindung,

der guten Durchwurzelung und der Bodenruhe als gute Vorfrucht für Winterweizen und andere Getreidearten, die ebenfalls größtenteils an die Rinderherde verfüttert werden. Das Stroh wird für die Einstreu der Tiere benötigt. Zusätzlich zu den Ackerflächen gibt es Grünland als Weide- und Futterfläche. Mineralstoffe sowie zusätzliches Stroh als Einstreu für die Tiere werden zugekauft. Das heißt: Im Öko-Milchviehsystem herrscht ein reger Nährstoff- und Kohlenstofffluss zwischen Grünland, Stall und Acker. Die von den Futterpflanzen aus dem Boden des Milchviehbetriebs aufgenommenen Nährstoffe gelangen mit Mist und Gülle wieder auf den Acker. Ein Teil verlässt in Milch, Tieren und Getreide den Betrieb.

Im Öko-Marktfruchtbetrieb ohne Tierhaltung werden Klee oder Klee nur einjährig angebaut. Die von ihnen gebildete Biomasse verbleibt, wie auch das Stroh aus dem Anbau von Getreide, Raps und Erbsen überwiegend auf dem Acker und wird in den Boden eingearbeitet. Nur die Körner der Marktfrüchte mit den aus dem Boden aufgenommenen Nährstoffen verlassen das System. Im Ökologischen Landbau allgemein werden die Pflanzennährstoffe vorzugsweise aus organischen Düngemitteln wie Stroh, Stallmist oder Gründüngung durch bodenbiologische und bodenchemische Prozesse verfügbar gemacht. Auf den konventionell bewirtschafteten Ackerflächen der umliegenden Betriebe werden vor allem Raps, Weizen und Gerste angebaut. Klee und Mais sind nicht Bestandteil der Fruchtfolgen. Nährstoffe werden im Wesentlichen durch den Einsatz von chemisch-synthetisch erzeugtem Mineraldünger bereit gestellt.

#### Stickstoff im Grundwasser

Stickstoff ist der wichtigste vom Landwirt steuerbare Einflussfaktor auf das Pflanzenwachstum. Dies gilt in ökologischen wie in konventionellen Betrieben. Die Zufuhr verwertbarer Stickstoffmengen führt zu besseren Erträgen. Eine darüber hinaus gehende Düngung jedoch hat nega-

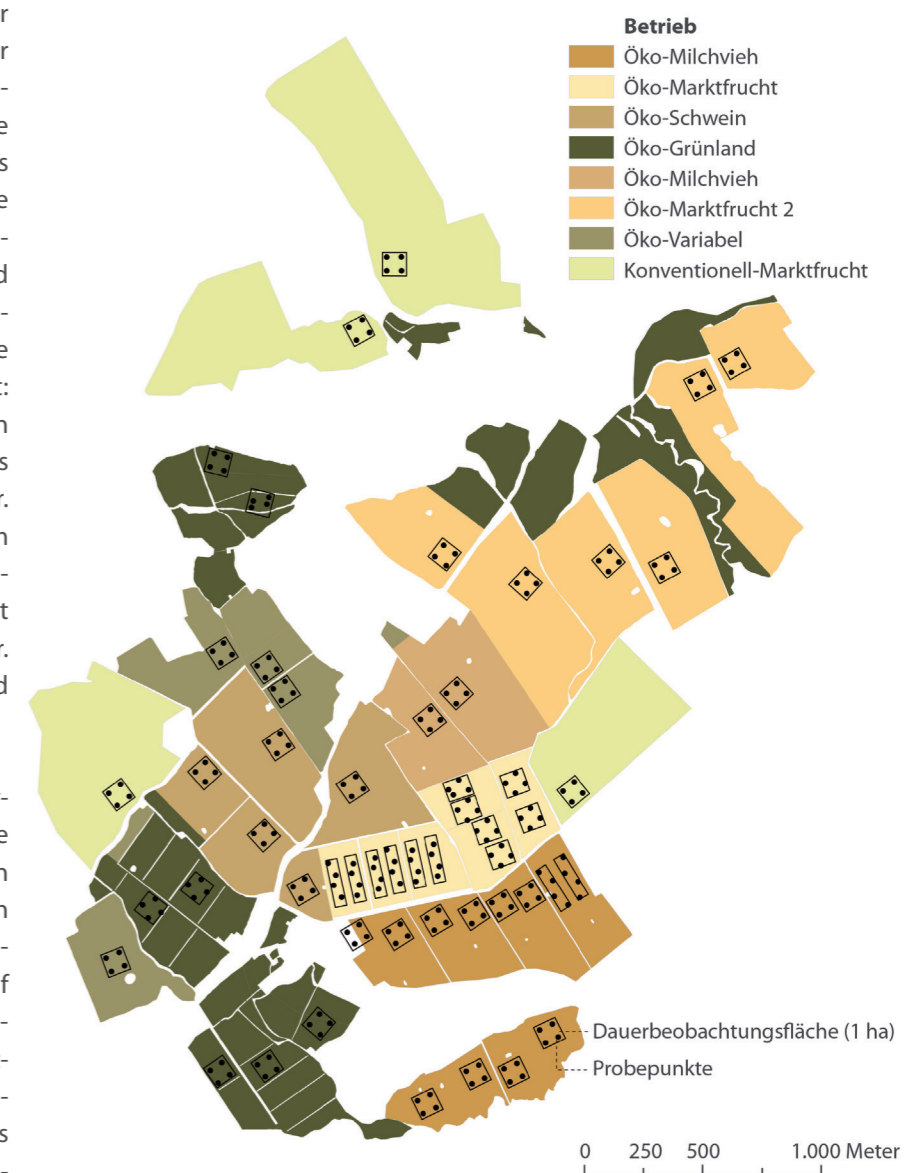


Abbildung 1: Struktur des Trenthorster Dauerbeobachtungsversuches

tive Folgen für die Umwelt. Überschüssiger Stickstoff wird – vor allem in niederschlagsreichen Perioden – mit dem Bodenwasser in Form von Nitrat in das Grundwasser verlagert. Diese Verunreinigung verursacht bei der Trinkwassergewinnung hohe Kosten. Landwirtschaftliche Betriebe sollten daher auch hinsichtlich solcher Grundwasserverunreinigungen bewertet werden. Beide ökologischen Betriebe in Trenthorst wurden hierzu über mehrere Jahre verglichen (Abb. 2). In beiden Bewirtschaftungssystemen liegt die mittlere Nitratfracht deutlich unterhalb der Fracht, die zu einer kritischen Nitratkonzentration von mehr als 50 Milligramm pro Liter im Grundwasser führen würde. Deutliche Unterschiede gibt es zwischen den beiden Betriebssystemen nicht.

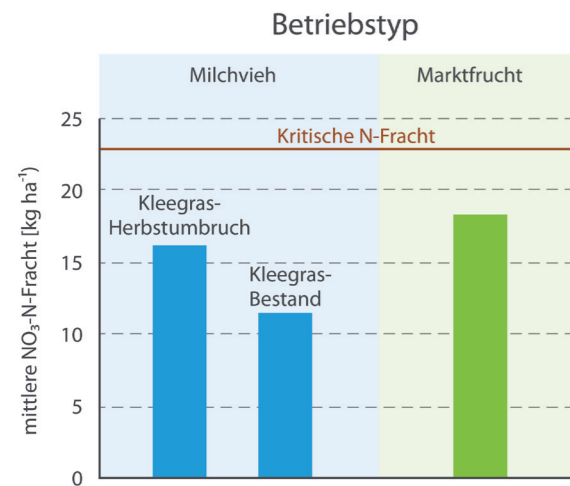


Abbildung 2: Nitratverlagerung im Bodenprofil in den Bereich 70-80 cm Tiefe im Winterhalbjahr 2011/12, mittlerer Wert aller Kulturen des Öko-Marktfruchtbetriebes und des Öko-Milchviehbetriebes sowie Auswirkungen eines Kleegras-Umbruches im Herbst

### Der Boden „gast“

Stickstoffdüngung kann zu Lachgas-Emissionen führen, die den Treibhauseffekt verstärken und die Ozonschicht angreifen. Unklar war bisher, wie sich die Luftstickstoffbindung durch den Luzerne- oder Kleegrasanbau auf die Lachgasbilanz der Landwirtschaft auswirkt. Denn in diesem für die Stickstoffversorgung des Ökologischen Pflanzenbaus essentiellen Schritt kommen relativ große Stickstoff-Mengen in einem Jahr ins System. Konventio-

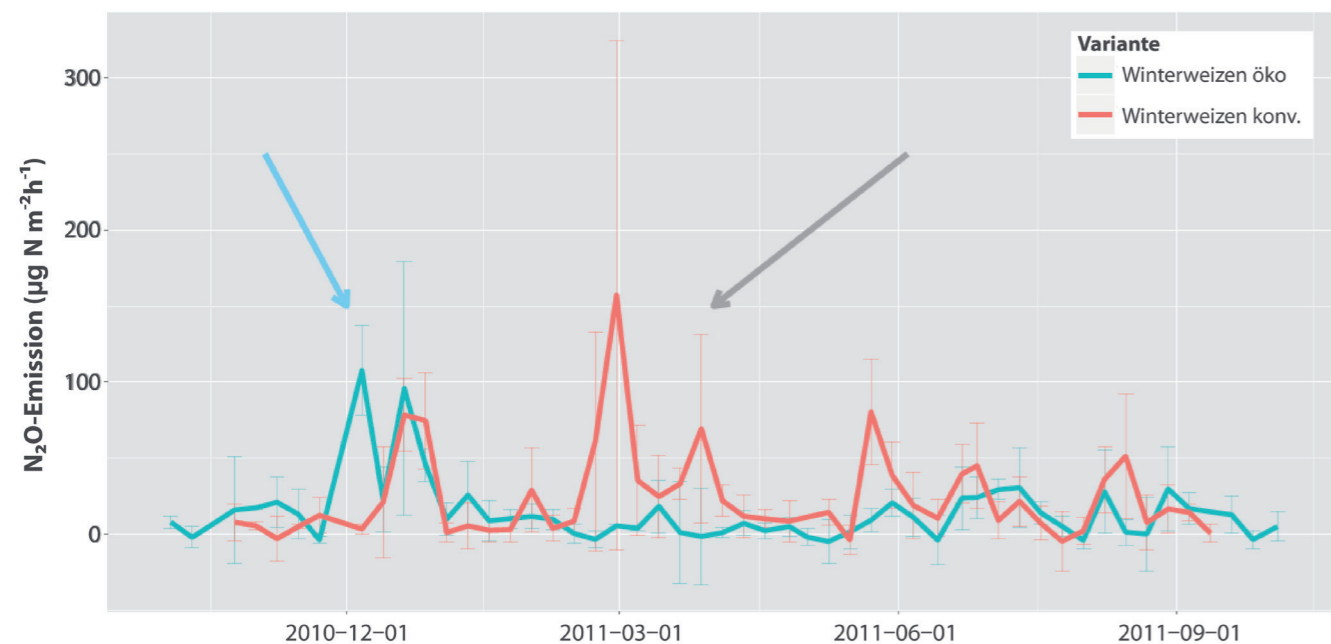


Abbildung 3: Lachgasemissionen aus Winterweizen nach Kleegras und aus konventionellem Winterweizen am Standort Trenthorst im Anbaujahr 2010/2011. Blauer Pfeil: Durch den Stickstoff aus untergepflügtem Kleegras wurden die Winteremissionen erhöht. Grauer Pfeil: Mineraldüngung führte zu starken Frühjahrsemissionen im konventionellen Anbau.

nelle Landwirte führen ihren Flächen und Pflanzen zwar insgesamt höhere Stickstoffmengen zu, jedoch über die jeweiligen Anbaujahre verteilt und in mehreren Gaben.

In einem Kooperationsprojekt des Thünen-Instituts mit mehreren Universitäten auf vier über Deutschland verteilten Standorten wurde deutlich: Standort und Klimaregion beeinflussen die Emissionen stark. Die mittleren jährlichen Lachgas-Emissionen hatten eine große Bandbreite und lagen bei Ökologischem Weizen nach Kleegrasumbruch und in konventionellem, mineralgedüngtem Weizen nach Raps zwischen 0,5 und 5 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr. Während des Wachstums des Klee- oder Luzernegrases lagen die mittleren jährlichen Lachgas-Emissionen zwischen 0,5 und 3 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr. Emissionsspitzen traten aus Klee- oder Luzernegras nach der Bodenbearbeitung auf (Abb. 3). Kleegraswirtschaft zeigte auf keinem der untersuchten Standorte signifikant höhere Lachgasemissionen als Mineraldüngerkultur.

### Phosphor als knappe Ressource

Während Stickstoff im Ökologischen Landbau überwiegend auf biologischem Wege – durch die Stickstoffbindung der Leguminosen – eingetragen wird, muss Phosphor, wie im konventionellen Betrieb von außen zugeführt werden. Werden dem Boden weniger Nährstoffe zugeführt, als ihm durch die pflanzliche Biomasse

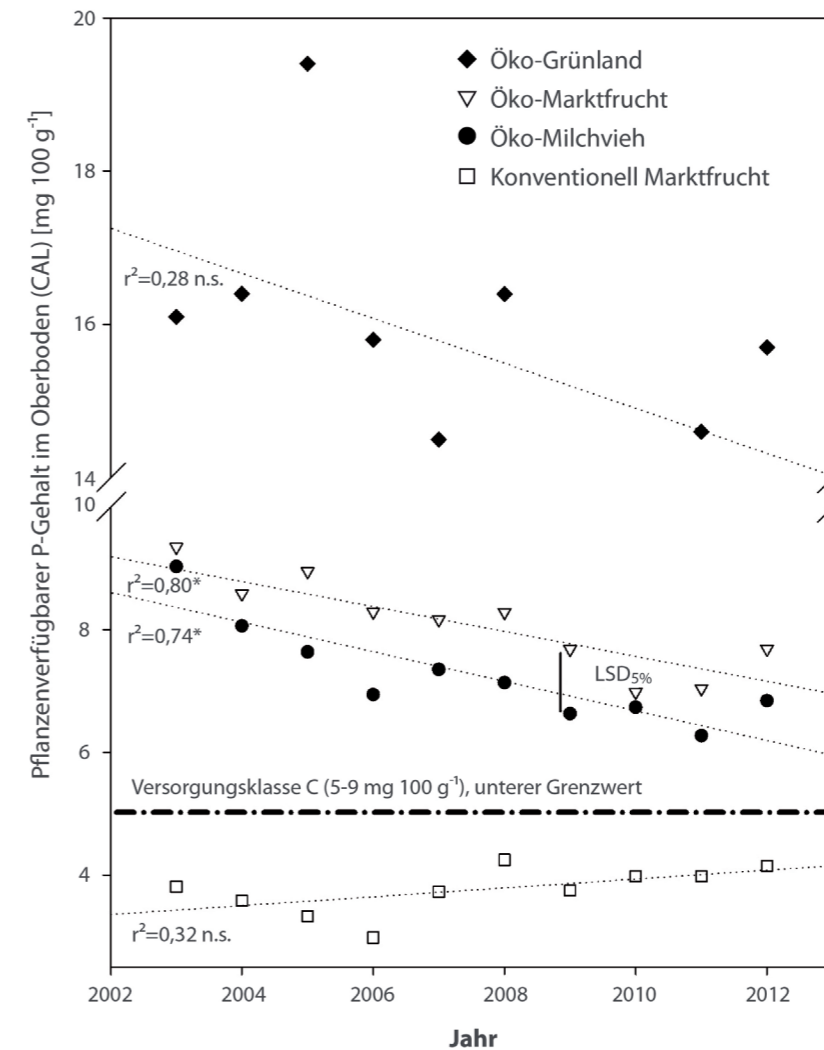


Abbildung 4: Entwicklung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor im Boden (CAL-Extrakt) in verschiedenen Bewirtschaftungssystemen, bei Öko-Bewirtschaftung ohne externe Phosphorzufuhr (Trenthorst, 2002-2012)

entzogen werden, kommt es langfristig zu einem Verlust an Bodenfruchtbarkeit. Das sinkende Niveau an pflanzenverfügbarem Phosphor im Boden ist im Langzeitversuch bereits sichtbar und für Biobetriebe typisch (Abb. 4). In Trenthorst liegen die Gehalte auf den ökologischen Flächen noch höher, als die für den konventionellen Landbau als minimal angesehene Werte. Welche Bodenreserven noch von den Pflanzen erschlossen werden können, wenn die Nährstoffgehalte sehr weit absinken und wie weit Nährstoffgehalte im Boden absinken dürfen, um das im Ökologischen Landbau erreichbare Ertragsniveau abzusichern, ist noch nicht bekannt.

Mit Blick auf die weltweit endlichen Phosphorreserven sind die komplexen Interaktionen von Boden, Bodenleben und Pflanzen in Bezug auf eine ausreichende und kalkulierbare Phosphorfreisetzung für Praxis und Forschung besonders wichtige Themen.

### Bodenleben ist wichtig

Landwirtschaftliche Böden beherbergen eine große Vielfalt an Bodentieren unterschiedlicher Gruppen, die sich am Stoffumsatz beteiligen. Besonders relevant sind Regenwürmer, die für Grobporenbildung, Wasseraufnahme, Krümelbildung und Lebendverbau in Böden eine wichtige Rolle spielen. Der neu eingeführte jahresweise Verzicht auf den Pflug in beiden Systemen führt kurzfristig zu einem signifikanten Anstieg der Regenwurmbiomasse. Die reduzierte Bodenbearbeitung und spezifische Gestaltung der Fruchtfolge beeinflusst auch andere Bodentiergruppen wie Springschwänze. Als Sekundärzersetzer beteiligen sie sich an der Mobilisierung von Nährstoffen und regulieren durch selektiven Fraß von Pilzen und Bakterien die Zusammensetzung mikrobieller Gemeinschaften im Boden. Allerdings ist der unmittelbar messbare agrarische Nutzen der Springschwänze heute noch unklar.

Interessant sind erste Hinweise auf Unterschiede in der Besiedlung der Böden einer ökologischen und einer konventionellen Weizenfläche des Dauerbeobachtungsversuchs mit pflanzenparasitären Nematoden. Vermutet wird ein Zusammenhang zwischen Flächenbewirtschaftung und repressiver Wirkung auf diese Organismen.

Für die Zukunft ist beabsichtigt, die Auswirkungen des Bodenlebens auf Stabilität und Widerstandsfähigkeit von Anbausystemen gegen Schaderreger, für die Mobilisierung von Phosphor aus dem Boden und die Wasseraufnahmefähigkeit von Böden stärker in den Blickpunkt zu rücken.



Dr. Hans Marten Paulsen, Dr. Herwart Böhm,  
M. Sc. Jan Moos, M. Sc. Jenny Fischer,  
Prof. Dr. Stefan Schrader, Dr. Roland Fuß  
Thünen-Institute für Ökologischen Landbau,  
für Biodiversität, für Agrarklimaschutz

E-Mail: hans.paulsen@ti.bund.de