

Bodenfruchtbarkeit unter Druck – die Basis zur nachhaltigen, ökologischen und ökonomischen Biomassegewinnung



Teil 1 Grundlagen Bodenstruktur, Bodendruck, Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit

Nr. II – 20/2013

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Max Stadler

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Pfaffenhofen/Ilm



Georg Döring

Claas Vertriebsgesellschaft GmbH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Bodenstruktur als Grundlage der Pflanzenproduktion – der Acker wird zur Transportfläche	2
3	Bodenerosion als große Gefahr für den Maisanbau	3
4	Bodendruck, Bodenverdichtung und Schlagkraft	4
5	Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit.....	6
6	Weiterführende Informationen	9

In typischen Biogasafruchtfolgen werden nicht selten 300 Tonnen in drei Jahren über den Acker gezogen. Das passiert noch dazu oft zu Zeiten, in denen der Boden nicht optimal befahrbar ist und sich kaum noch erholen kann. Im Zusammenwirken mit einseitigen Fruchtfolgen sind die Bodenfruchtbarkeit und der langfristige Ertrag in Gefahr.

Gefahr erkannt, Gefahr gebannt. Wer den genauen Blick in den Boden wagt, ist der Lösung des Problems näher als vermutet: Nehmen Sie Ihren Boden in die Hand, fühlen Sie, ob ausreichend Regenwürmer für einen lebendigen, feinkrümeligen Oberboden und eine ausreichende Tragfähigkeit sorgen. Beobachten Sie, welche Verdichtungen Befahren zum falschen Zeitpunkt verursacht und wie tief die Kulturen wurzeln können. Zwischenfrüchte helfen, Erosion zu vermeiden. Der Mix von Flach- und Pfahlwurzeln sorgt für ein stabiles Bodengefüge.

Es sind auch, aber nicht nur technische Lösungen, wie reduzierter Luftdruck, die den Boden schonen. Schon kleine Änderungen in der Bewirtschaftungsweise können dazu beitragen, unseren wichtigsten Produktionsfaktor auch dauerhaft zu erhalten. Dann steht Bodenschutz nicht im Widerspruch zu intensiven Fruchtfolgen.

Klaus Strotmann, Redakteur dlz agrarmagazin

1 Einleitung

Mit dem Einstieg in die Biogasproduktion verändern sich die Anforderungen an die Böden und die damit verbundenen Belastungen grundlegend. Einseitige, meist silomaisreiche Fruchtfolgen und ein hohes Transportaufkommen auf den Ackerflächen durch den Abtransport von Erntegut sowie die Rückführung der Gärreste können u.U. die nachhaltige Ertragsfähigkeit der Böden durch Bodenverdichtung negativ beeinflussen. Ein weiterer unübersehbarer Trend ist die Investition in leistungsstärkere Schlepper und Transporteinheiten, welches immer mit höheren Eigengewichten und höheren Radlasten einhergeht. Hinzu kommt, dass stark schwankende Niederschläge nicht immer eine Befahrung der Böden in einem optimalen Feuchtigkeitszustand erlauben. Für die daraus resultierenden Probleme werden vielfach teure technische Lösungsmöglichkeiten gesucht ohne vorher den Blick in den Boden zu wagen. Meist beschränkt sich die Spatendiagnose, zu der es auch praktische Anleitungen gibt, auf den Krumbereich. Im nachfolgenden Beitrag sollen dem Landwirt die Zusammenhänge von Bodenleben und Bodenstruktur und deren Bedeutung im Einzelnen kurz aufgezeigt werden. In dem noch folgenden Teil 2 werden praktische technische Lösungsansätze herausgearbeitet und dargestellt.

2 Bodenstruktur als Grundlage der Pflanzenproduktion – der Acker wird zur Transportfläche

Viele Biogasanlagenbetreiber sorgen sich um ihre Bodenstruktur und die Fruchtbarkeit ihrer Böden. Dies ist nicht unbegründet, denn langjährige Erfahrungen wie bei anderen Produktionsverfahren liegen noch nicht vor. In den 70er Jahren wurden erste negative Erfahrungen mit hohen Maisanteilen in den Fruchtfolgen in Verbindung mit der Bullenmast gemacht. Damals waren allerdings die technischen Voraussetzungen anders und die Erosionsproblematik stand im Vordergrund.

In Biogasfruchtfolgen findet eine weit höhere Belastung/Befahrung der Böden statt als in den bisher als problematisch geltenden Zuckerrübenfruchtfolgen. Der Zuckerrübenroder zählt mit einer Radlast von über 12 t zu den schwersten Erntefahrzeugen, die im Einsatz sind. Im Biogasbetrieb muss neben der Ernte auch noch das Gärsubstrat ausgebracht werden. In einem Zuckerrübenbetrieb werden in drei Jahren inklusive der Getreideernte ca. 100 t in drei Ernteterminen auf einem Hektar Acker bewegt. Der Biogasbetrieb transportiert mit 2 x Mais und 1 x Zweitfruchtanbau einschließlich der Gülleausbringung ca. 300 t im selben Zeitraum auf einem Hektar Acker. Hinzu kommt, dass die Grünroggen-/GPS-Ernte und Bodenbearbeitung/Bestellung der Zweitfrucht zu einer Zeit erfolgen, in der die Bodenaktivität (Bodenleben und Wurzelwachstum) am höchsten ist. Kommt es hier zu einer Schädigung der Bodenstruktur, dann kann sich der Boden in der laufenden Vegetationsperiode kaum mehr erholen. Wirtschaftsweisen, die bevorzugt darauf abzielen den Boden tief und stark zu lockern stehen den Anforderungen entgegen, die ein Boden haben muss, wenn er unbeschadet 40 t oder mehr schwere Fahrzeuge tragen muss. Große Hohlräume die durch mechanische Lockerung entstanden sind, werden bei Überfahrten im nassen Zustand wieder zusammen gedrückt. Deshalb ist es notwendig, sich den Zustand der Struktur im Krumbereich und im Unterboden anzusehen.



Abb. 1: Feinkrümelige Ackerkrume mit vielen luft- und wasserführenden Poren und intensiver Durchwurzelung



Abb. 2: Stark verdichteter Boden infolge von Befahren im nassen Zustand; keine Krümel sondern kantiges Polyedergefüge; Wurzeln nur in den Klüften zwischen den Polyedern; stark eingeschränktes Wurzelwachstum; stark verminderte Wasserspeicherfähigkeit und -aufnahmefähigkeit

3 Bodenerosion als große Gefahr für den Maisanbau

Eine weitere große Gefahr für unsere Böden ist die Erosion, die im tertiären Hügelland besonders problematisch ist. Aber auch in bisher von der Erosion weniger betroffenen Gebieten nimmt die Erosionsgefahr durch größer werdende Schläge, engeren Fruchtfolgen und höheren Maisanteil zu. Mit dem ständig stattfindenden Strukturwandel setzt sich die Vergrößerung der Schläge fort. Die fruchtbarsten Bodenbestandteile wie Humus und Schluff werden als erstes abgeschwemmt, die Steine bleiben liegen. Der Verlust an Boden macht sich erst allmählich bemerkbar, der Verlust an Wasser oft sofort. Wasser, das nicht im Boden versickern kann und deshalb abläuft steht in Trockenphasen den Pflanzen nicht mehr zur Verfügung. Es ist auf vielen Standorten der wichtigste Produktionsfaktor, der nicht käuflich erworben werden kann. Werden die Schläge deutlich größer und der Maisanteil erhöht, dann führen konventionelle Bodenbearbeitung und Bestelltechnik oft zu Erosion und erreichen somit ihre Grenzen. Mit veränderten Schlaggrößen soll sich in erosionsgefährdeten Lagen auch die Bewirtschaftung anpassen, d.h. der Mais muss im Mulchsaatverfahren angebaut bzw. auf den Pflug verzichtet werden. Aber auch hier gilt es bei der Bodenvorbereitung und Bestellung vor allem Fahrspuren zu vermeiden, denn diese sind oftmals der Beginn von Erosion.

Nicht nur dramatische Erosionsereignisse, wie sie manchmal bei Starkregen vorkommen sind eine Bedrohung für die Bodenfruchtbarkeit, sondern auch die schleichende Erosion, die sich erst im Laufe der Zeit bemerkbar macht, ist in der Praxis oft ein noch größeres Problem. Durch die hangabwärts Verlagerung von leichteren Schluff- und Humusteilchen werden die Flächen immer uneinheitlicher und damit auch schwieriger in der Bestandsführung in Bezug auf Düngung und Pflanzenschutz. Die Folge sind z.B. unterschiedlich abreifende Getreidebestände. Es kommt auch zu Veränderungen in der Wasserhaltefähigkeit, welches die Befahrbarkeit einzelner Stellen im Feld erschweren kann.



Abb. 3: Felddraine, Flurunterteilung und unterschiedliche Kulturen wirken bei Starkregen erosionsmindernd; generell treten bei sehr großen Hanglängen mit einheitlicher Bewirtschaftung in der Praxis mehr Probleme auf als bei unterteilten Fluren



Abb. 4: Schleichende Erosion: dunkle Stellen: Humus und Schluff wurden hangabwärts verlagert; helle Stellen: Krume abgetragen, der nährstoffarme, hier kiesige Unterboden kommt zum Vorschein



Abb. 5: Abgeschwemmter und unten aufgelandeter kalk-, humus- und nährstoffreicher Oberboden



Abb. 6: Humus- und kalkarmer heller Unterboden kommt auf der Hangoberseite des gleichen Ackers zum Vorschein

4 Bodendruck, Bodenverdichtung und Schlagkraft

Bodenverdichtungen durch hohe Radlasten entstehen hauptsächlich unter feuchten Bedingungen, abgetrocknete Böden dagegen können sehr große Lasten abstützen und tragen. Verdichtungen im Krumbereich behindern zwar auch das Pflanzenwachstum, können aber nach der Ernte durch die betriebsübliche Bodenbearbeitung größtenteils wieder beseitigt werden. Ganz anders sind Verdichtungen im Bereich unterhalb des bearbeiteten Horizontes zu bewerten. Verdichtungen des Unterbodens können nicht ohne weiteres mechanisch gelockert bzw. beseitigt werden. Eine mechanische Lockerung schafft immer große Hohlräume im Unterboden, die sich bei abermaligem Befahren in feuchtem Zustand extrem verdichten können. Zur Veranschaulichung mag dienen, dass ein Schlepper auf einem frisch gepflügten Feld deutlich tiefer einsinkt als auf einem abgesetztem Feld.

Ein Großteil der Radlast wird aber genau von dieser Zone unterhalb des bearbeiteten Horizontes getragen. Diese Schicht, deren Mächtigkeit zwischen 10 und 30 cm beträgt, ist unabhängig von der Bodenbearbeitung auf allen Flächen vorhanden und immer dichter gelagert als der Boden darüber und darunter. Sie kann auch als Tragschicht bezeichnet werden. Ist

sie für Pflanzenwurzeln und Wasser undurchlässig, wird sie auch Pflugsohle genannt und ist damit schädlich. Ist die Tragschicht mit Regenwurmröhren und Pflanzenwurzeln gleichmäßig durchzogen, dann kann sie schwere Lasten tragen und trotzdem den Pflanzenwurzeln den Weg in den Unterboden zu Wasser und Nährstoffen ermöglichen. Hohe Radlasten unter nassen Bedingungen können auch diese Strukturen zerstören.



Abb. 7: Optimale Ausprägung der Tragschicht; viele Regenwurmröhren und Wurzelgänge; sehr viele feine und mittlere Poren



Abb. 8: Komplett verdichtete Pflugsohle, keine Regenwurmröhren, Pflanzenwurzeln nur in Klüften

Eine Möglichkeit bei gegebener Radlast dem entgegenzuwirken, ist die Verringerung des Kontaktflächendrucks durch Luftdruckabsenkung, Vergrößerung der Reifen, Zwillingsbereifung oder Laufbänder. Die Erhöhung der Schlagkraft und damit eine Leistungssteigerung führen zu immer größeren und schwereren Maschinen, der Boden in seiner Zusammensetzung bleibt aber der gleiche. Bodenverdichtung bedeutet, dass die größeren luftführenden Poren zuerst verschwinden. Die Durchwurzelung nimmt ab, Nährstoffe und Wasser können nicht mehr im benötigten Umfang aufgenommen werden was schließlich zu sinkenden Erträgen führt. Auf verdichteten Böden steigt der Zugkraftbedarf und mit ihm der Dieserverbrauch. Mit ein her gehen eine Reduzierung der Wasseraufnahmefähigkeit der Böden und die Erosionsgefahr steigt stark an. Mit dem Rückgang der luftführenden Poren nimmt der Sauerstoffgehalt in der Unterkrume ab und das Wurzelwachstum wird eingeschränkt bzw. gehemmt.



Abb. 9: Breitere Reifen führen zu geringerem Kontaktflächendruck und zu weniger tiefen Spuren



Abb. 10: Schmale Reifen, hohe Radlast und damit hoher Kontaktflächendruck führen zu tiefen Spuren im Acker

5 Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit

Die Stabilität des Bodens und damit dessen Tragfähigkeit sind für die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit von entscheidender Bedeutung. Als Faustzahl für die Zusammensetzung des Krümenbereichs gelten idealerweise 50 % mineralische und organische Bestandteile sowie jeweils 25 % Wasser und 25 % Luft. Die wichtigsten Bodenbestandteile Sand, Ton, Schluff und Humus sind chemisch, aber auch biologisch, durch Pilze und Bakterien, miteinander verbunden. Dies bewirkt die Stabilität der Krümel, die auch bei Starkregen nicht zerfließen. Speziell der Regenwurm Kot, in dem intensiv organische und mineralische Bestandteile gemischt sind, ist sehr stabil und fruchtbar. Diese als Lebendverbauung bezeichneten Strukturen entstehen bei bewachsenen Böden, besonders bei Zwischenfrucht- und Klee grasbeständen. Daher rührt auch, dass nach Klee grasumbruch selten Erosion auftritt.



Abb. 11: Links: Lebendverbauter Boden; keine kantigen Polyeder, mehr runde Formen kompakt und von zahlreichen Wurzeln durchzogen; elastisch bei Druckbelastungen

Rechts: Gleicher Boden ohne Zwischenfrucht; Boden durch Austrocknung in kleine Polyeder zerfallen aber ohne jeglichen Zusammenhalt; Boden bei Nässe leicht verformbar; wenig tragfähig

Der Regenwurm ist ein wichtiger Indikator für das Bodenleben. Seine Röhren und Gänge reichen bis in den Unterboden und erschließen somit große Nährstoff- und vor allem Wasservorräte. Dies ist besonders in Trockenphasen und auf leichteren Böden wichtig. Je nach Standort und Bodenart gibt es einen spezifischen maximalen Regenwurmbesatz. Auf sandigen Böden findet man ca. 30 – 60 Regenwürmer/m², auf tiefgründigen Lössböden durchschnittlich ca. 100 – 120, aber auch bis zu 250 Regenwürmer/m². Die Biomasse je Hektar kann dem Gewicht von mehreren GV entsprechen. Bodenruhe, Zwischenfruchtanbau, organische Düngung, ausreichendes organisches Material an der Bodenoberfläche und ein Befahren der Böden in trockenem Zustand fördern den Regenwurmbesatz. Beim Umbruch von Klee gras z.B. ist der positive Effekt, der entstanden ist durch die Anreicherung von organischer Substanz und die Vermehrung der Regenwürmer in der Folgekultur deutlich sichtbar.

Für die Praxis lässt sich folgender Schluss ableiten: Sind an der Bodenoberfläche und unterhalb der Tragschicht viele Regenwurmröhren, dann kann davon ausgegangen werden, dass diese Schicht in ihrer Struktur und Ausprägung optimal ist.



Abb. 12: Röhren des großen Tauwurms sind mit roten Kreisen gekennzeichnet. Zahlreiche Regenwurmröhren finden sich an der Bodenoberfläche und weisen auf einen hohen Besatz an Regenwürmern hin.



Abb. 13: Jeder rote Punkt ist eine Regenwurmröhre. Viele Röhren in 45 cm Tiefe deuten auf eine optimale und durchlässige Tragschicht im Bereich von 30 bis 45 cm Tiefe hin.

Eine weitere, nicht zu unterschätzende Leistung des Regenwurms ist die biologische Krümmenvertiefung, die besonders auf leichteren, sandigen Böden zu tragen kommt. Die Regenwurmröhren sind reich an Humusteilchen und Nährstoffen und werden deshalb bevorzugt von den Pflanzenwurzeln angenommen. Sie sind stabile, leicht durchwurzelbare, nährstoffreiche „Autobahnen für die Wurzeln“ in den Unterboden. Der Unterboden trocknet zuletzt aus und er ist damit in kurzzeitigen Trockenphasen ein entscheidendes Wasserreservoir.



Abb. 14: In der Praxis findet man auf intakten Böden bis zu 250 Regenwürmer/m² mit Gewicht von 200g, dies entspricht einem Besatz von 2000 kg/ha oder 4 GV/ha.



Abb. 15: Ein dichtes Geflecht von Pflanzenwurzeln dringt in einer Regenwurmröhre in den hellen, humus- und nährstoffarmen Unterboden vor. Die dunklere nährstoffreiche Krume hebt sich deutlich vom Unterboden ab.

Die Kalkversorgung der Böden hat bei den bodenphysikalischen und biologischen Prozessen im Boden eine zentrale Bedeutung, die aber oft – und besonders auf Pachtflächen – in der Praxis nicht erkannt und beachtet wird. Ist die Kalkversorgung der Böden weit vom Optimum entfernt, dann laufen viele Anstrengungen in Richtung Bodenfruchtbarkeit ins Leere. Anders gesagt, neben der Lebendverbauung der Böden ist die standortoptimale Kalkversorgung der Böden laut Bodenuntersuchung enorm wichtig.

6 Weiterführende Informationen

- **Film: “Boden unter Druck”**

Der vom Bayerischen Rundfunk in Zusammenarbeit mit dem Agrarbildungszentrum Triesdorf erstellte Filmbeitrag "Boden unter Druck" stellt leicht verständlich die Zusammenhänge zwischen Radlast, Reifenaustandsfläche, Reifeninnendruck, Bodenbelastung und Bodendruck dar. Darüber hinaus zeigt er, dass die bodenschonende Bereifung von Traktoren und Landmaschinen nicht nur eine Voraussetzung dafür ist Bodenverdichtungen zu vermeiden, sondern auch zu deutlichen Einsparungen beim Treibstoffverbrauch beiträgt. Ohne Bodenverdichtungen kann der Boden das Niederschlagswasser auch deutlich besser aufnehmen ("Regenverdaulichkeit").

Der Beitrag spricht auch die Vorteile von nicht wendenden Bestellverfahren ("konservierende Bodenbearbeitung") an. Der Verzicht auf den Pflug in Verbindung mit einer möglichst durchgehenden Bedeckung des Bodens mit Pflanzen oder Mulch gilt zu Recht als wirksamste Erosionsschutzmaßnahme. In Fruchtfolgen mit hohem Maisanteil sind die Managementanforderungen aber hoch, um Probleme mit Fusarien im Winterweizen nach Mais (Gefahr der Mykotoxinbelastung von Weizenkörnern) zu vermeiden bzw. den Maiszünsler ausreichend einzudämmen.

Durch die freundliche Unterstützung des Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e. V. kann der Film unter folgenden Link heruntergeladen werden:

www.kbm-net.com/tmp/BodenUnterDruck.wmv (Filmgröße: 66 MB)

Film zum Download:



- **AID Broschüre „Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz“ Bestell Nr.:3614**

Anfang des Jahres ist die o.a. AID Broschüre erschienen. Auf 113 Seiten wird auf die Themen Humus, Bodenverdichtung und Erosion intensiv eingegangen. Die Broschüre ist sehr übersichtlich, informativ mit Grundlagenwissen, aber man braucht Zeit zum Lesen. Unter der Leitung von PD D. J. Brunotte und einem Expertenteam aus Bund und Ländern wurde diese umfassende Broschüre erstellt. Es sind 14 Fallbeispiele für bodenschonendes Befahren, wie z.B. „Biomasselogistik bei Silomais“, „Bandfahrwerk im Vergleich zu Radfahrwerken“ u.s.w. aufgeführt. Sie wird für 7,- € verkauft.

www.aid.de/landwirtschaft/zwischenfrucht_bodenbewirtschaftung.php

Bildquellen:

Abb. 4: Landesanstalt für Landwirtschaft

Abb. 1 - 3 und 5 - 15: Max Stadler, AELF Pfaffenhofen

Zitiervorlage:

Stadler, M. und G. Döring (2013): Bodenfruchtbarkeit unter Druck - die Basis zur nachhaltigen, ökologischen und ökonomischen Biomassegewinnung, Teil 1. In: Biogas Forum Bayern Nr. II – 20/2013, Hrsg. ALB Bayern e.V., http://biogas-forum-bayern.de/publikationen/Bodenfruchtbarkeit_unter_Druck.pdf, Stand [Abrufdatum]

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern

Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Logistik der Ernte
- Gärrestausbringung
- Konservierung und Silagequalität

Mitglieder der Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)

- agri.capital GmbH
- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Amberg, Erding, Pfaffenhofen a. d. Ilm und Nördlingen
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 - Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 - Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
 - Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik
- Biogasanlagenbetreiber
- CLAAS
- Fachverband Biogas e.V.
- Fliegl Agrartechnik GmbH
- Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V.
- KWS SAAT AG
- Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern (LKV) e.V.
- Landmaschinenschule Landsberg am Lech, Landshut und Triesdorf
- Maschinenring Neuburg-Schrobenhausen und Wolnzach-Geisenfeld-Vohburg
- Regens Wagner Hohenwart
- Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing

Fachinformation zum Download:



Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36
85354 Freising
Telefon: 08161/71-3460
Telefax: 08161/71-5307
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>
E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de