



Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit

Die Beziehung zum Boden gestalten

Die Förderung der Bodenfruchtbarkeit war für die biologischen Pioniere ein entscheidender Wert. Dennoch wurde die Erhaltung des fruchtbaren Bodens oft zu wenig beachtet. Aber der Biolandbau ist auf eine gute natürliche Bodenfruchtbarkeit angewiesen. Geschwächte und geschädigte Böden können die gewünschten Leistungen nicht bringen. Kultivierte Bodenfruchtbarkeit braucht viel Pflege.

Die Broschüre zeigt die Bodenfruchtbarkeit aus verschiedenen Blickwinkeln. Dabei wird bewusst auf den Anspruch verzichtet, eine allgemeingültige «Gebrauchsanweisung» zu liefern. Die Informationen sollen vielmehr dazu anregen, die Beziehung zum Boden zu überdenken und zukunftsfähig zu gestalten.



Warum über Bodenfruchtbarkeit sprechen?

Im Landbau leben wir von und mit der Bodenfruchtbarkeit – wir sind Kinder der Erde. Der ökologisch vitale Boden erneuert stets seine Ertragsfähigkeit. Beachten wir seine Bedürfnisse zu wenig, leidet er darunter. Er verliert an Lebendigkeit, wird witterungs- und erosionsempfindlicher, und die Ernten werden geringer. Schäden lassen sich im Biolandbau rein technisch kaum überspielen. Deshalb bedarf ein erschöpfter oder kranker Boden der Gesundung mithilfe ökologisch sinnvoller Maßnahmen, die ihm helfen, sich wieder selbst zu regenerieren. Trotz aller Sachzwänge und Probleme gibt es viele Handlungsmöglichkeiten, mit denen wir unserer bäuerlichen Verantwortung für den lebendigen Boden nachkommen können. Das lohnt sich, nicht nur wirtschaftlich.

In den Sechzigerjahren definierte der Wissenschaftler Ernst Klapp die Bodenfruchtbarkeit ihrer praktischen Anschauung gemäß als «die natürliche, nachhaltige Fähigkeit eines Bodens zur Pflanzenproduktion». Sie sei die Fähigkeit des Bodens, ohne Hilfsmittel und bei weitgehend stabilen Erträgen alles bereitzustellen, was die Pflanze zu ihrem Gedeihen braucht. In der Zwischenzeit hat die Agrarwissenschaft vielerorts den umfassenden Begriff der Bodenfruchtbarkeit durch eine Menge physikalischer, chemischer und biologischer Mess-

» Wir spüren in vielen Bereichen, dass einfache Ursache-Wirkung-Betrachtungen unserer Lebenswelt nicht gerecht werden. Es ist deshalb zeitgemäßer und notwendiger denn je, den Boden als komplexen Organismus statt als einfaches chemisch-mechanisches Modell zu verstehen.

Thomas Fisel, Leiter Bioland-Beratung

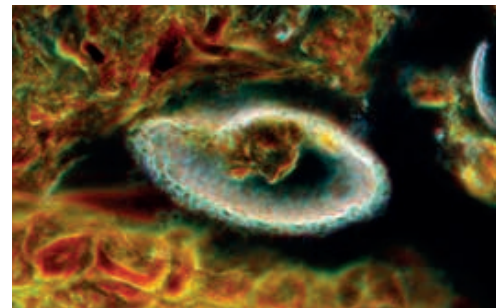
größen ersetzt. Es gehört nun zu den Aufgaben der Wissenschaft, solch detailliertes Wissen anwendungsfähig zu machen.

Viele Praktiker haben ihre eigenen Strategien und Techniken zur Pflege der Bodenfruchtbarkeit entwickelt. Sie haben durch Beobachtung gelernt und sich auch auf ihre Intuition verlassen. Dieses Wissen und das durch wissenschaftliche Experimente und Beobachtungen gewonnene ergänzen einander gut. Diese Broschüre will dazu anregen, eine wirklich nachhaltige Kultur des fruchtbaren lebendigen Bodens zu praktizieren, basierend auf bewährten Grundlagen und der Erprobung neuer Möglichkeiten.

Die Herausgeber

INHALT

TEIL 1: GRUNDSÄTZE DER BODENFRUCHTBARKEIT	3
1.1 Der Boden der Pioniere	3
1.2 Bodenfruchtbarkeit – ein Begriff im Wandel	4
1.3 Was verstehen wir im Biolandbau unter Bodenfruchtbarkeit?	5
1.4 Der unschätzbare Beitrag der Bodenorganismen	7
1.5 Das Potenzial zu einer schonenden Bodenbearbeitung nutzen	9
TEIL 2: BODENFRUCHTBARKEIT WAHRNEHMEN	11
2.1 Direkte Beobachtungen	11
2.2 Beobachtung mithilfe von Werkzeugen	12
TEIL 3: BODENFRUCHTBARKEIT ERHALTEN UND STEIGERN	14
3.1 Humuswirtschaft	14
3.2 Humuserhaltende Fruchtfolgen	15
3.3 Organische Dünger	17
3.4 Gründüngung	20
3.5 Wildkräuter fördern statt Unkräuter bekämpfen?	22
3.6 Bodenverdichtung und ihre Vermeidung	24
3.7 Bodenerosion und ihre Vermeidung	26
TEIL 4: ZUKUNFT DER BODENKULTUR	28
4.1 Dem Klima Rechnung tragen	28
4.2 Die Stabilität des Agrarökosystems verbessern	29
4.3 Ideen für die biologische Bodenkultur der Zukunft	30



Die «Humussphäre» ist ein wunderbarer Lebensraum. In der Bildmitte ein Einzeller.

Teil 1: Grundsätze der Bodenfruchtbarkeit

1.1 Der Boden der Pioniere

Als moderne Wirtschaftsweise entwickelte sich der biologische Landbau seit Anfang des 20. Jahrhunderts. Doch seine historischen Wurzeln sind so alt wie die Landwirtschaft. Während einiger Jahrzehnte wurde der Biolandbau nur in wenigen, miteinander vernetzten Höfen praktiziert und weiterentwickelt. Mehr Anerkennung und Einsteiger fand er in den 80er und 90er Jahren des 20. Jahrhunderts. Bevor in dieser Broschüre der heutige Stand des Wissens zum guten Umgang mit Bodenfruchtbarkeit unter ganzheitlichen Gesichtspunkten eingeführt wird – aus Quellen von Wissenschaft und Praxis – weisen wir mit einigen Zitaten unserer «Urgroßeltern» auf seine Wurzeln hin:

Impulse der Bodenbiologie

Der Hofbesitzer Albrecht THAER erkannte (1821): «So wie der Humus eine Erzeugung des Lebens ist, so ist er auch die Bedingung des Lebens.» Und während sich die meisten Forscher der Agrikulturchemie zuwandten, entdeckte Charles DARWIN etwas für den Biolandbau Entscheidendes (1882): «Der Pflug ist eine der ältesten und wertvollsten Erfindungen der Menschen; aber schon lange, ehe er existierte, wurde das Land durch Regenwürmer regelmäßig gepflügt.»

Anfang des 20. Jahrhunderts erschlossen neue Mikroskope die unfassbare Vielfalt des Bodenlebens und das ökologische Denken entwickelte sich. Sodann schrieb Richard BLOECK (1927): «Der Kulturboden ist durch die Tätigkeit der Kleinlebewelt zu einem richtigen Lebewesen geworden.» Das Bild des Kreislaufs kam wieder auf. Alois STÖCKLI schrieb (1946): «... eine anhaltende und zunehmende Bodenfruchtbarkeit [ist] nur unter der Voraussetzung eines Kreislaufes der Stoffe möglich», doch «sträubt man sich vielerorts, den Kleinlebewesen des Bodens in diesem Zusammenhang eine ausschlaggebende Bedeutung beizumessen». Der Mitbegründer des Biolandbaus, Hans-Peter RUSCH, sah als Wesentliches den Kreislauf des Lebens (1955): Die «lebendige Substanz» wird «im Substanzkreislauf an jedes Lebewesen zur Wiederverwendung herangeführt». Und der Agrarwissenschaftler Franz SEKERA betonte (1951): «Unter Bodengare verstehen wir die Lebendverbauung der Krümelstruktur durch die bodenständigen Mikroorganismen.»

Weltanschauliche Ideen und Antriebe

Rudolf STEINER lehrte bei seinem landwirtschaftlichen Kurs (1923): «Man muss wissen, dass das Düngen in einer Verlebendigung der Erde bestehen muss. ... Und wir bekommen im Samen ein Abbild des Weltenalls.» In England meinte Lady Eve

BALFOUR (1943): Nur die Ökologie, verbunden mit christlichen Werten, könne uns erkennen helfen, «dass alles im Himmel und auf Erden nur Teile des einen Ganzen sind.» Und ihr landwirtschaftlicher Kollege Sir Albert HOWARD beobachtete (1948): «Mutter Erde versucht nie, viehlos zu wirtschaften; sie baut immer gemischte Kulturen an.» Der biologische Landbau müsse sich die natürliche Wirtschaftsweise von Mutter Erde zum Vorbild nehmen. Mina HOFSTETTER (1941), eine der Schweizer Pionierinnen des Biolandbaus, sah die weiblichen Qualitäten der Erde als Schlüssel zum tieferen Verständnis der Bodenfruchtbarkeit. Mutter Erde könne zur Bäuerin reden, wenn sie sich ihr in Ruhe und Stille zuwende: «... sie wird es uns wieder lehren oder uns vernichten.»

Warum sprechen wir von «biologischem» oder «ökologischem» Landbau?

Die «Bio-Logie» des biologischen Landbaus wurde von den Begründern wörtlich als eine Lebenslehre verstanden, als eine umfassende Lebens- und Landbauphilosophie. Mehr als auf chemische Einzelstoffe achtete man auf Lebensgemeinschaften von Einzelwesen oder «Ökosysteme», welche man auf höherer Ebene wieder als eine Einheit im Ganzen, als «Organismus» verstand. Daher wird im Biolandbau von Bodenorganismus, Hoforganismus und Organismus Erde sowie von «organic agriculture» gesprochen, wie auch von Boden, Hof und Erde als Ökosystem. Das Zusammenspiel und die stetige Fortdauer des natürlichen und sozialen Lebens, durch keine Technik zu ersetzen und von vielen auch im Zusammenhang mit geistigen, göttlichen Wirkungen gesehen, wurde als das Wesentliche angesehen. Um zu zeigen, dass alles miteinander zusammenhänge, entstand der bekannte Leitsatz: «Gesunder Boden – gesunde Pflanzen – gesunde Menschen.» Darauf kommt es auch heute an.

Nikola Patzel

» Bodenfruchtbarkeit ist unverzichtbare Grundlage der Landwirtschaft, nicht Erdöl. Darum gehört der Boden in Hände, die ihn pflegen, nicht in die der Spekulation. Um die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu meistern, müssen bäuerliches Erfahrungs- und universitäres Forschungswissen noch besser zusammenkommen.

Jürgen Heß, Uni Kassel, Witzenhausen, Deutschland



Rudolf Steiner 1861-1925



Albert Howard 1873-1947



Mina Hofstetter 1883-1967



Maria Müller 1894-1969



Eve Balfour 1898-1990



*Hans Peter Rusch
1906-1977*

1.2 Bodenfruchtbarkeit – ein Begriff im Wandel

Als die angewandten Agrarwissenschaften aufkamen, wurde zunächst der Ertrag des Bodens als das wesentliche Fruchtbarkeitsmaß angesehen. Als Zeiger der Fruchtbarkeit wertete man den Nährstoffgehalt des Bodens (v.a. Stickstoff, Phosphor und Kali) – bis dann Kunstdünger nach Belieben verfügbar erschien und in den Augen vieler an die Stelle eigenständiger Bodenfruchtbarkeit trat. Doch mit knapper werdenden Ressourcen bewegt sich die Diskussion des Begriffs wieder in eine andere Richtung. Die Effizienz der Nährstoffumsetzungen im Boden – besonders auch im Kreislauf – hin zu Pflanzenerträgen tritt als Maßstab der Bodenfruchtbarkeit wieder in den Vordergrund.

Bodenfruchtbarkeit ist ein ökologischer Lebensprozess

Der Boden ist Lebensraum für eine immense Vielzahl von Kleinstlebewesen, Tieren und Pflanzenwurzeln. Ein fruchtbarer Boden trägt bei geringem Bedarf von Dünger, Pflanzenschutzmitteln und Energie über Generationen gesunde Früchte. In einem fruchtbaren Boden setzen die Bodenle-



In solchen «Regenwürmtürmchen» wirken Ton-Humus-Komplexe und Regenwurm-Schleimstoffe sehr sichtbar für den Bodenzusammenhalt.

Zwischen der Wertschätzung für die Bodenfunktionen und dem Anspruch, dass er «funktioniert»

Heute wird manchmal von «Bodenqualität» statt von Bodenfruchtbarkeit gesprochen. Bodenqualität ist die Summe der gesellschaftlich wertgeschätzten Funktionen des Bodens. Diese Perspektive kann helfen, den Bodenblick auf bislang Unbeachtetes zu erweitern. Doch muss man sich bewusst sein, dass die Definition der Bodenqualität durch die Bestimmung von Bodenfunktionen immer von momentanen wirtschaftlichen und/oder politischen Zwängen mitbestimmt wird. Die wichtigsten natürlichen Bodenfunktionen sind:

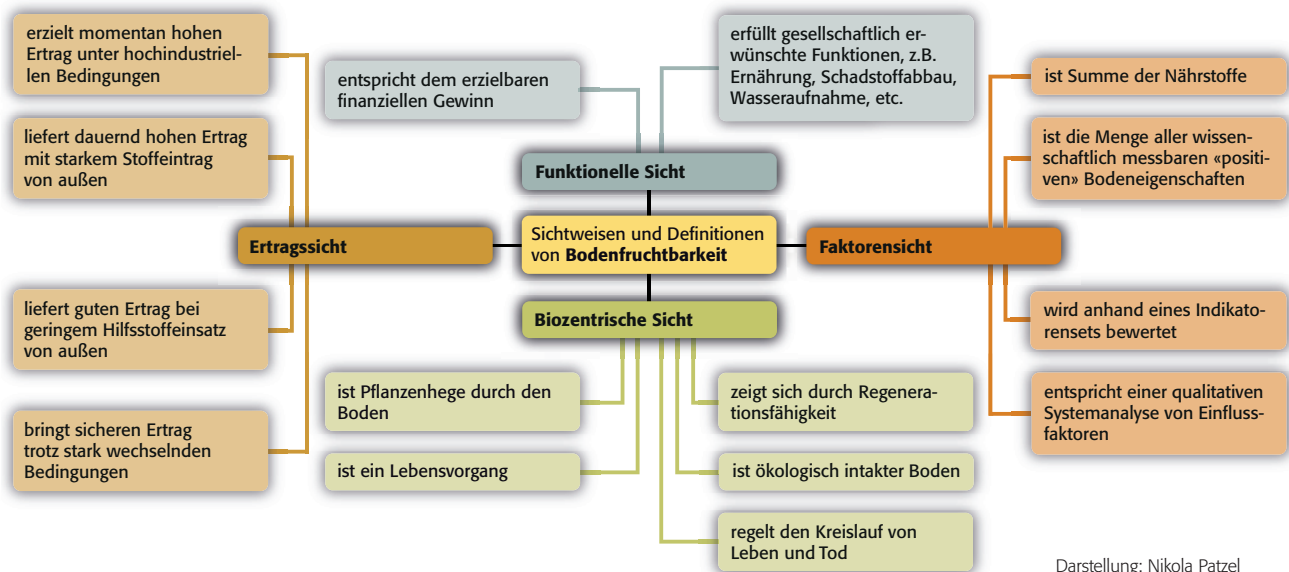
- Produktionsfunktion: standortgerechte Erträge hoher Qualität
- Transformationsfunktion: Nährstoffe effizient in Ertrag umsetzen.
- Lebensraumfunktion: Lebensort für eine aktive und vielfältige Flora und Fauna
- Abbaufunktion: pflanzliche und tierische Rückstände ungestört abbauen/umbauen und den Nährstoffkreislauf damit schließen.
- Selbstregulationsfunktion: sich nicht oder nicht dauerhaft aus einem gesunden Gleichgewicht bringen lassen. Zum Beispiel effizient Krankheitserreger «verdauen» oder kleinhalten, die in den Boden gelangen.
- Filter-, Puffer- und Speicherfunktion: Schadstoffe festhalten und abbauen. Nährstoffe im Boden halten. CO₂ speichern.

Paul Mäder

bewesen Dünger effizient in ansprechende Pflanzenerträge um, bauen Humus auf, schützen die Pflanzen vor Krankheiten und machen den Boden krümelig. Ein solcher Boden lässt sich leicht bearbeiten, nimmt das Regenwasser gut auf und ist robust gegenüber Verschlämmung und Erosion. Ein fruchtbarer Boden verhilft uns durch seine Filtertätigkeit zu sauberem Grundwasser und er neutralisiert (puffert) Säuren, die durch belastete Luft auf die Bodenoberfläche gelangen. Ein fruchtbarer Boden baut auch Schadstoffe wie Pestizide rasch ab. Nicht zuletzt ist ein fruchtbarer Boden ein effizienter Speicher für Nährstoffe und CO₂. Er beugt dadurch der Überdüngung von Flüssen, Seen und Meeren vor und leistet einen Beitrag zur Herabminderung der Klimaerwärmung.

Im Verständnis der biologischen Landwirtschaft ist Bodenfruchtbarkeit hauptsächlich das Ergebnis biologischer Prozesse, nicht chemischer Nährstoffe. Ein fruchtbarer Boden verhält sich aktiv im Austausch mit den Pflanzen, er strukturiert sich selbst und ist regenerationsfähig.

Sichtweisen und Definitionen der Bodenfruchtbarkeit



Darstellung: Nikola Patzel

In der Landwirtschaft gibt es viele verschiedene Sichtweisen und Definitionen zur Bodenfruchtbarkeit: Gehe ich vom Boden aus (biozentrisch) oder von dem, was ich von ihm will (funktionell)? Messe ich die Bodenfruchtbarkeit am Ertrag oder messe ich sie anhand verschiedener Eigenschaften des Bodens selbst?

Wissenschaftliche Analyse fruchtbaren Bodens

Alternativ zur reinen Nährstoffchemie versuchte man lange, die Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit mit Humus-Chemie zu erkennen, indem man den Humus direkt in seinen chemischen Strukturen aufzuklären und zu klassifizieren versuchte. Das hat nicht viel gebracht. Heute schauen wir auf andere Eigenschaften: die Verfügbarkeit von Nährstoffen, das C/N-Verhältnis der organischen Masse sowie die Umsetzungsaktivität und die Humusqualität des Bodens. Sie dienen als Maß für

- › die direkt pflanzenverfügbaren Nährstoffe – welche Elemente finden sich in einem Heißwasser-Auszug des Bodens?
- › im Lebenskreislauf befindliche, leicht zugängliche Nährstoffe – wie groß ist die mikrobielle Biomasse und wie ist das C/N-Verhältnis in ihr?
- › die Stabilität des Humus: Stabiler Humus ist schwerer als unreifer – wie komplex sind seine Molekülverbände? Wie groß ist seine Dichte?

Paul Mäder

1.3 Was verstehen wir im Biolandbau unter Bodenfruchtbarkeit?

Mit «Bodenfruchtbarkeit» meinen wir im biologischen Landbau in erster Linie eine Eigenschaft des lebendigen Bodens. Da Bodenfruchtbarkeit ein Wesenszug des nie ganz durchschaubaren Bodenorganismus ist, können wir sie weder intellektuell ganz begreifen noch sie messtechnisch ganz erfassen, ähnlich dem Menschen. Deshalb sprechen wir

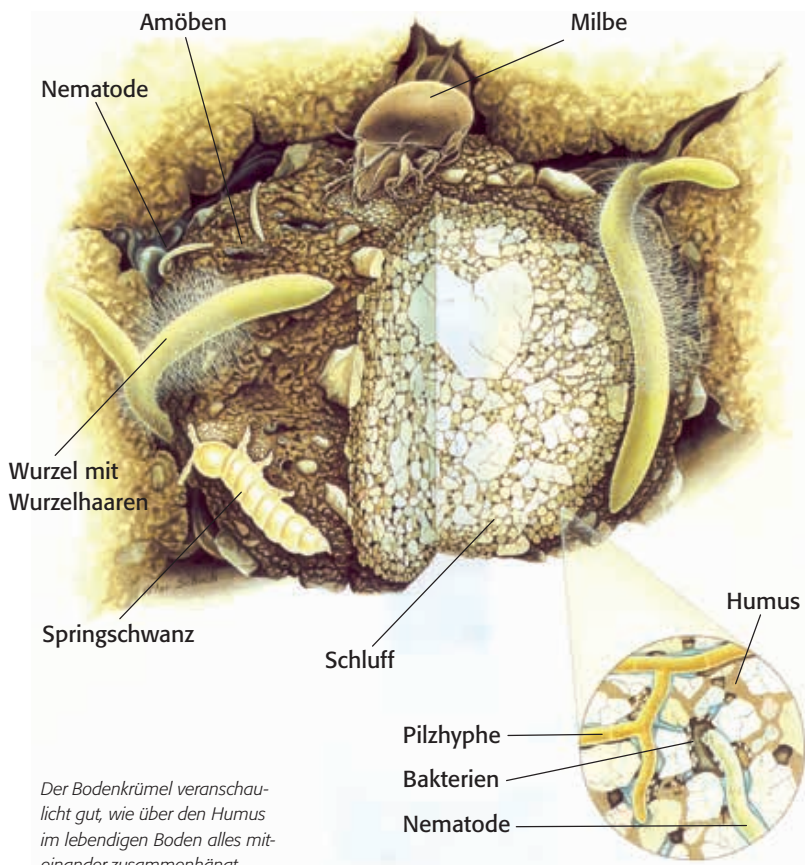
über Bodenfruchtbarkeit anhand der umfassenden Wahrnehmung des Bodens, seiner Wirkungen auf die Pflanzen und der Untersuchung bzw. Messung einzelner Merkmale.

Die Diagnosen und Maßnahmen in dieser Broschüre beziehen sich auf Möglichkeiten, den Boden zu beobachten und im Hinblick auf einzelne Eigenschaften zu beschreiben:

- › **Physikalische Eigenschaften** erkennen wir u.a. durch die Spatenprobe. Ein physikalisch guter Boden bietet Wohn- und Arbeitsräume für alle Bodentiere und Pflanzenwurzeln, mit genug Luft zum Atmen. Die Aufgabe des Landwirts ist es, die Bodenstruktur mit Hilfe von Pflanzenwurzeln zu stabilisieren, ihn tragfähig zu machen und Verdichtungen zu vermeiden, indem Maschinen nur sehr schonend eingesetzt werden.

» Leider ist unsere heutige Gesellschaft sehr weit von der Natur entfernt, und somit ist es nur eine Minderheit, welche sich der Wichtigkeit eines intakten Bodens bewusst ist. Der hohe chemische Einsatz in der heutigen konventionellen Landwirtschaft wird zeitgeschichtlich nur als Strohfeuer bewertet werden, da er weder bodenverbessernd noch lebensfördernd ist. Nur eine hohe Bodenfruchtbarkeit wird eine nachhaltige und ausreichende Ernährung der Menschheit gewährleisten.

Jean-Louis Colling-von Roesgen, Biobauer auf dem Karelshaff, Luxemburg



Der Bodenkrümel veranschaulicht gut, wie über den Humus im lebendigen Boden alles miteinander zusammenhängt.

- > **Chemische Eigenschaften** erkennen wir durch Messung einzelner Nährstoffe, eventuell auch Schadstoffe, und z.B. des pH-Werts (Kalk-/ Säuremaß). Der chemisch gut ausgestattete Boden-Pflanze-Organismus hat alle nötigen chemischen Elemente und organischen Verbindungen zu seiner Ernährung zur Verfügung. Komplexe Stoffwechselprodukte verschiedener Organismen fördern die Immunreaktion der Pflanze. Durch die Rückführung entnommener Nährstoffe versuchen wir, diese Eigenschaften im gesunden Gleichgewicht zu unterstützen. Ging ein Raubbau voran, braucht der Boden erst einmal einen Ausgleich.
- > **Biologische Eigenschaften** des Bodens sehen wir an seiner Umsetzungsaktivität, dem Vorkommen und den sichtbaren Spuren der Lebewesen in ihm. Die Lebensgemeinschaften sind robust und im richtigen Moment aktiv. Im selbstregulierenden ökologischen Gleichgewicht arbeiten alle seine Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen füreinander. Unsere Aufgabe als Ackerbauern ist es, die Bodenökologie so weit zu verstehen, dass wir Bedingungen für ein robustes Gleichgewicht schaffen bzw. wieder herstellen können.

Als eine Gesamtwirkung seiner Tätigkeiten kann kultivierter fruchtbarer Boden immer wieder aufs Neue gute Erträge bringen. Kommt dies nicht zustande, sollten wir die oben genannten Bodeneigenschaften genau beobachten, ob da vielleicht etwas nicht in Ordnung ist.

Die Herausgeber

Der Boden als Organismus

Als Ackerbauer sehe ich es als meine Aufgabe, die Bodenfruchtbarkeit zu verstehen und zu pflegen. Mit der Zeit habe ich in meiner Arbeit gelernt, auch aus der Sicht des Bodens zu schauen: Der Boden ist ein lebendiger Organismus, der bestimmte Ansprüche hat! Die zentrale Frage, die mich leitet, ist: Womit kann ich als Ackerbauer der natürlichen Bodenfruchtbarkeit am besten dienen und meiner Verantwortung gerecht werden? Trotz aller bisherigen Erkenntnisse suche und probiere ich da immer weiter.

In meinem Boden leben zirka 40 Großvieheinheiten (GVE) pro Hektar an Bodenlebewesen, davon 8 GVE Regenwürmer. Das ist vergleichsweise sehr viel, wurde aber von Wissenschaftlern so bestätigt. Seit Jahren achte ich darauf, dass ich die Bodenlebewesen füttere, wie die Tiere im



Stall. Ernterückstände, abgestorbene Wurzeln, Wurzelabscheidungen, Wirtschaftsdünger und andere organische Substanzen liefern ihnen wertvolle Nahrung.

Mit dem Bodenwerkzeug schneide ich nur in die Haut des Bodens hinein, wenn es sein muss und die Regenwürmer gerade in Winter- oder Sommerruhe in den tieferen Schichten sind. Überhaupt ist mir wichtig, die sich natürlich ergebende Bodenschichtung nicht zu stören.

Ich achte darauf, eine große Vielfalt und auch Gegensätze im Acker zu haben. Ich fördere dies

mit einer vielfältigen Fruchtfolge und Mischkulturen. Damit will ich zu einem fruchtbaren Ausgleich, einem Gleichgewicht im Boden beitragen. Diese Methode tut meinem Boden sichtbar gut und wir leben gut davon.

Sepp Braun, Biobauer in Freising, Deutschland

1.4 Der unschätzbare Beitrag der Bodenorganismen

Ein fruchtbarer Boden beherbergt eine reiche Vielfalt von Organismen, die alle an wichtigen Prozessen beteiligt sind. Regenwürmer und Insektenlarven durchwühlen die obersten Bodenschichten auf ihrer Suche nach totem Pflanzenmaterial. Durch ihre Gänge wird die Erde durchlüftet, und die Poren und Gänge können Wasser wie ein Schwamm aufnehmen. Springschwänze, Milben und Tausendfüßer zersetzen die Streu. Mikroorganismen wandeln die Überreste von Tieren und Pflanzen in wertvollen Humus um. Bakterien schließlich zersetzen die organischen Reste in ihre chemischen Bestandteile und räuberische Milben, Hundertfüßer, Käfer, Pilze und Bakterien regulieren Organismen, die sonst schädlich werden.



Ein Springschwanz (Collembola). Um den Abbau der Streu braucht man sich bei intaktem Boden nicht zu sorgen.

Regenwürmer – Baumeister fruchtbarer Böden

Mit nur einer Generation und maximal acht Kokons pro Tier und Jahr vermehren sich Regenwürmer recht langsam. Mit einer Lebenserwartung von fünf bis acht Jahren sind sie jedoch die langlebigsten Bodentiere und spielen im Boden eine herausragende Rolle.

Regenwürmer produzieren in unseren mitteleuropäischen Böden pro Hektar und Jahr 40 bis 100 Tonnen wertvolle Wurmlosung. Dies entspricht im Acker einem Bodenwachstum von 0,5 cm, in der Wiese von bis zu 1,5 cm. Dieses wertvolle Material enthält durchschnittlich 5-mal mehr Stickstoff, 7-mal mehr Phosphor und 11-mal mehr Kalium als die umgebende Erde.

Die intensive Durchmischung von organischer Substanz mit mineralischen Bodenteilchen, Mikroorganismen und Schleimabsonderungen der Regenwürmer ergibt stabile Krümelgefüge. Diese tragen dazu bei, dass der Boden weniger verschlämmt, leichter bearbeitbar ist und Nährstoffe und Wasser besser zurückhalten kann. Auf diese Weise machen die Regenwürmer schwere Böden lockerer und sandige Böden bindiger.

» Der Regenwurm ist ein wertvoller «Landarbeiter»: Er erledigt seine Arbeit zuverlässig, kostet nichts und macht niemals Urlaub. Daher muss man ihn hegen und pflegen und ihn vor allem gut füttern.

Uwe Brede, Biobauer in Hessen, Deutschland

Mit ihren «Wohn»-Röhren sorgen die Regenwürmer für eine gute Durchlüftung des Bodens. Vor allem die stabilen Röhren der vertikalgrabenden Regenwürmer verbessern die Aufnahme und die Speicherung von Wasser deutlich. Regenwurmreiche Böden nehmen bei Starkregen 4- bis 10-mal so viel Wasser auf wie Böden mit nur wenigen Würmern. Oberflächenabfluss und Erosion können dadurch vermindert werden. Bis zu 900 Meter Röhren pro Quadratmeter und bis einen Meter Tiefe lassen sich in ungepflügtem Boden finden.

Die Regenwürmer arbeiten im Acker pro Hektar und Jahr bis zu 6 Tonnen totes organisches Material in den Boden ein. Gleichzeitig transportieren sie Bodenmaterial aus dem Unterboden in den Oberboden und halten ihn dadurch jung. Sie fördern auch die Ansiedlung und Vermehrung nützlicher Bodenbakterien und Pilze in ihren Gängen und Kothäufchen. Nach dem Einziehen von befallenen Laub in den Boden werden blattbewohnende Schadorganismen biologisch abgebaut. Über 90 Prozent der Röhren werden von Pflanzenwurzeln besiedelt. Diese können so ohne Widerstand in tiefere Bodenschichten eindringen und dort ideale Ernährungsbedingungen finden.



Die Anzahl Kokons im Boden zeigt, wie gut es den Regenwürmern geht.



Bodenbewohnende Tierarten, wie Regenwürmer, sind die stillen Baumeister der Bodenfruchtbarkeit. Intensive Bodenbearbeitung reduziert ihre Populationen empfindlich.

Wie die Regenwürmer schonen und fördern?

Zur Förderung der Regenwürmer können Landwirte einiges beitragen. Hier die wichtigsten Punkte:

Bodenbearbeitung und Mechanisierung

- Pflug und schnell rotierende Geräte sollten nur eingesetzt werden, wenn unbedingt nötig, da sie je nach Einsatzzeitpunkt viele Regenwürmer töten können. Die Verlusten beim Pflügen betragen rund 25 Prozent, bei rotierenden Geräten bis zu 70 Prozent.
- In den regenwurmaktiven Zeiten März/April und September/Oktober sollte eine (intensive) Bodenbearbeitung vermieden werden.
- Die Bearbeitung des Bodens in trockenem und kaltem Zustand schädigt die Regenwürmer viel weniger, weil sie sich dann in tieferen Bodenschichten aufhalten.
- Möglichst wenig wenden; wenn gepflügt wird, dann nur flach mit Onlandpflug, um Verdichtungen in tieferen Bodenschichten zu vermeiden. Pflanzenreste nur oberflächlich einarbeiten, nicht tief vergraben.

» Beim Pflügen erreicht man bloß eine zeitlich begrenzte Lockerung des Oberbodens. Der Einfluss der Regenwürmer ist tiefergreifender und vielfältiger. Sie bauen ein umfangreiches Röhrensystem, das den Boden und die Pflanzen ideal mit Wasser und Nährstoffen versorgt.

Lukas Pfiffner, FiBL, Schweiz

- Bodenschonende und minimale Bearbeitungsverfahren und Bestellkombinationen anwenden. Schwere Maschinen vermeiden.
- Bodenbearbeitung nur auf gut abgetrockneten, tragfähigen Böden durchführen.

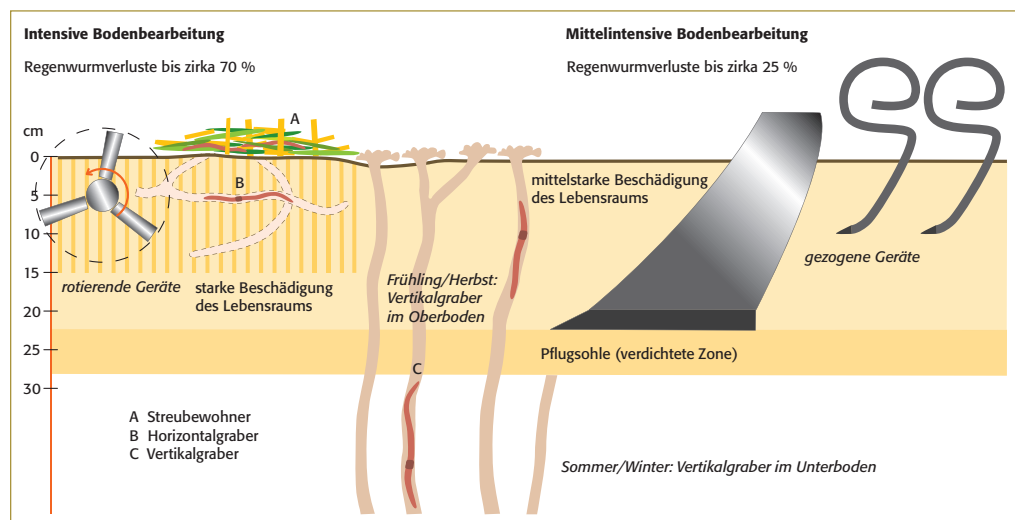
Fruchtfolge

- Eine lange Fruchtfolge mit kleereichen, mehrjährigen und tief wurzelnden Zwischenfrüchten oder Gründüngungen und vielfältigen Ernteresten liefert den Regenwürmern reichlich Nahrung.
- Eine Pflanzendecke, vor allem auch über den Winter, fördert die Regenwürmer beträchtlich. Bodenruhe durch die Anlage mehrjähriger Wiesen ist Balsam für Regenwürmer.

Düngung

- Ein ausgewogen und gut versorgter Boden ist gut für Pflanzen und Regenwürmer.
- Angerotteter Mistkompost ist förderlicher als reifer Mistkompost, der weniger Nahrungsressourcen enthält.
- Organische Dünger sollten nur flach eingearbeitet werden.
- Verdünnung oder Aufbereitung der Gülle wirkt sich positiv auf die Regenwürmer aus. Nicht aufbereitete Gülle (Ammoniak!) hingegen kann die an der Bodenoberfläche lebenden Regenwürmer und andere Nützlinge stark schädigen.
- Gülle nur bei saugfähigem Boden ausbringen.
- Regelmäßige Kalkung (nach Befund des pH-Wertes) ist wichtig, da die meisten Regenwürmer Böden mit einem pH unter 5,5 meiden.

Auswirkungen unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung auf die Regenwürmer



Je intensiver der Boden bewirtschaftet wird, desto höher sind die Verluste. Im Frühjahr und im Herbst sind die Verluste am höchsten.

» Ich staune einfach immer wieder, wie all die Myriaden von Bodenlebewesen genau wissen, was zu tun ist. Das großartige Zusammenwirken, das letztlich fruchtbare Erde ermöglicht, kann für mich nicht einfach verächtlich Zufall genannt werden. Da ist schlicht Ehrfurcht angesagt.

Martin Köchli, Biobauer in Buttwil, Schweiz

Bakterien und Pilze – unterschätzte Helfer

Ein Gramm Boden enthält Hunderte von Millionen Bakterien und Hunderte Meter Pilzhyphen. Die Mikroorganismen (auch die im Verdauungstrakt der Tiere) sind in der Lage, pflanzliches und tierisches Material in seine mineralischen Grundbestandteile zu zerlegen. Sie regulieren nicht nur die Nährstoffkreisläufe durch den Abbau der organischen Substanz, sondern sind zum Teil auch in der Lage, Luftstickstoff zu fixieren und Symbiosen mit Pflanzen zu bilden. Bakterien und Pilze sind an fast allen Mineralisierungsprozessen im Boden beteiligt.

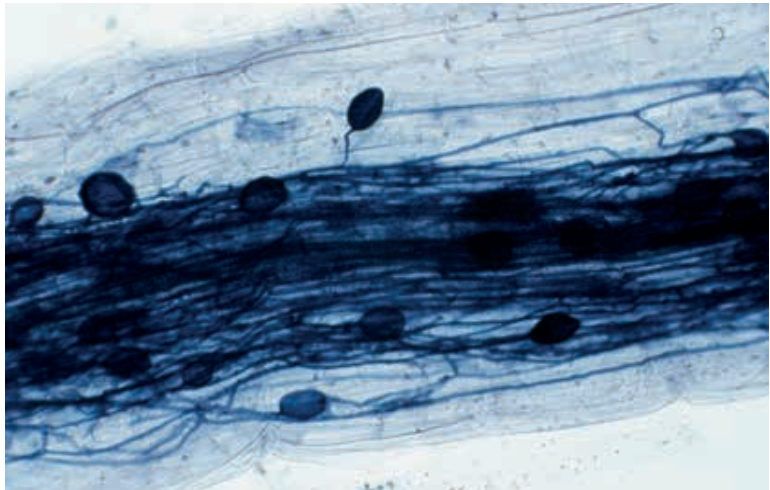
Die Mykorrhiza (Wurzelpilze) gehen mit Pflanzen eine Symbiose ein, infizieren die Pflanzenwurzeln und erschließen ihnen einen weit größeren Bodenraum als ihnen dies allein möglich wäre. Den Mykorrhiza-Pilzen werden auch positive Eigenschaften auf die Bodenstruktur zugeschrieben. Die Wurzelpilze ermöglichen auch einen Stoffaustausch zwischen Pflanzen, die durch sie verbunden sind. Bodenbearbeitung stört das Pilzgeflecht im Boden. Es baut sich aber auch wieder neu auf.

Lukas Pfiffner, Paul Mäder und Andreas Fließbach

1.5 Das Potenzial zu einer schonenden Bodenbearbeitung nutzen

Die großflächige Degradation des Bodens begann schon vor Jahrtausenden mit der Inkulturnahme und der intensiven Bearbeitung des Bodens, die häufig mit tierischer Übernutzung verbunden war. Die Erfindung des Stahls und die Einführung des heutigen Wendepflugs verstärkten diesen Prozess durch die intensive Durchmischung des Bodens. Der Einsatz von Traktoren ermöglichte das Pflügen in vormals unvorstellbare Tiefen. Die intensive Bodennutzung führte in den vergangenen 40 Jahren weltweit zum Verlust von rund 30 % der Ackerböden durch Erosion.

Das Credo der Pioniere des biologischen Landbaus war, den Boden tief zu lockern und flach zu wenden, um die natürliche Bodenschichtung zu erhalten. Die Bemühungen zur reduzierten Bodenbearbeitung sind somit im Biolandbau schon sehr alt. In der praktischen Umsetzung der schonenden Bodennutzung gab es in der Biolandbaubewegung schon sehr früh innovative technische Entwicklungen. Dazu gehören z.B. das Kemink-System



Hyphen eines Endomykorrhizapilzes mit runden Reserveorganen (Vesikeln) in einer Pflanzenwurzel. Die feinen Hyphen wachsen auch in kleinste Bodenporen und erschließen dort Nährstoffe und Wasser. Mykorrhiza können so die aktive Oberfläche von Wurzeln um ein Vielfaches vergrößern und die Nährstoff- und Wasseraufnahme verbessern. Düngung, Pflanzenschutzmittel und Bodenbearbeitung schwächen die Pilze.

(Bodenlockerung, feste Fahrgassen), der Schichtenpflug (Boden wird in zwei Schichten gepflügt), und der Schichtengrubber (Boden wird flach gepflügt und die untere Bodenschicht wird gelockert). Eine systematische Erforschung der reduzierten Bodenbearbeitung begann im Biolandbau aber erst vor rund 20 Jahren.

Die Versuche unter Biobedingungen haben gezeigt, dass durch reduzierte Bodenbearbeitung der Humusgehalt im Oberboden weiter zunimmt, die biologische Aktivität und Bodenstruktur gefördert wird und das Rückhaltevermögen für pflanzenverfügbares Wasser zunimmt. Das ist besonders in Trockenphasen ein wichtiger Ertragsfaktor. Die größten Herausforderungen bleiben jedoch die Unkräuter, insbesondere Gräser und Wurzelunkräuter, und der Umbruch des Kleeegrases ohne tiefes Pflügen.

» Wenn man das System reduzierte Bodenbearbeitung, gerade tiefenreduzierte Bodenbearbeitung, richtig anwendet, wird das Bodenleben gefördert. Wenn dieser Effekt mit der richtigen Fruchtfolge unterstützt wird, kann das dazu beitragen, dass Unterbodenverdichtungen verringert werden, dass die dichtere Lagerung in der ehemals gepflügten Pflugschicht nicht negativ auffällt und dass der Boden insgesamt tragfähiger wird. Die Oberfläche wird durch den höheren Gehalt organischer Substanz stabiler, auch weil mehr Pilze die Aggregate stabilisieren.

*Harald Schmidt,
Stiftung Ökologie und Landbau (SÖL), Deutschland*



Dieser Grubber mit Doppelsternwalze ist eine Alternative zur Scheibenegge. Er kann den Boden tief lockern und flach bearbeiten. Als Option kann dieses Gerät auch mit Stroheinleger und Striegel für eine optimale Stroheinmischung ergänzt werden.

Die Notwendigkeit eines noch sorgsameren Umgangs mit dem Boden hat Praktiker und Forscher angeregt, neue Lösungen für die Probleme einer reduzierten Bodenbearbeitung zu suchen. Allein der Einsatz des Onlandpfluges hilft, Verdichtungen im Unterboden zu vermeiden. Neuere Geräte wie der Precilab-Pflug, der Ecomat oder der Stoppelhobel erlauben eine flache Bodenbearbeitung. Verschiedene nicht wendende Systeme wie der Ecodyn-Grubber kombinieren zum Beispiel flächendeckende Schälenscharen mit weitstehenden, weit gestellten Lockerungszinken. Sogar Direktsaaten nach Gründüngungen wurden versuchsweise bereits erfolgreich praktiziert. Innovationen zur Unkrautregulierung werden auch von der Robotertechnik erwartet.

Auch wegen des Klimawandels gewinnen Humus anreichernde Systeme an Bedeutung. Durch diese Innovationen hat der Biolandbau eine Chance, die Produktivität im Ackerbau unter Ausnutzung biologischer Prozesse zu steigern und dem Klimawandel durch Kohlenstoffbindung im Boden entgegenzutreten.

Paul Mäder

Fallbeispiel reduzierte Bodenbearbeitung

Schon bevor ich auf Biolandbau umstellte, habe ich Sorge zu meinem Boden getragen. Denn der Boden ist für uns und die folgende Generation die Grundlage zur Produktion von gesunden Lebensmitteln. Seit der Umstellung auf Biolandbau vor 10 Jahren versuche ich den Boden nur noch oberflächlich mit Scheibenegge, Federzahnegge oder Flügelschargrubber zu bearbeiten. Dies schont die Regenwürmer und gibt dem Boden eine gute Struktur. Den Humusgehalt kann ich mit meiner Fruchtfolge mit zweijährigem Klee-gras und dem Einsatz von Kompost verbessern oder zumindest erhalten. Allerdings muss ich auch erwähnen, dass ich glücklicherweise keine schweren Böden habe. Auf zapfwellenangetriebene, rotierende Geräte zur Saatbettbereitung kann ich deshalb verzichten. Nach jeder Getreideernte führe ich konsequent eine Stoppelbearbeitung mit dem Flügelschargrubber durch. Dieser durchschneidet das Unkraut ganzflächig, sodass ich abgesehen von einer Parzelle mit Ackerkratzdisteln bisher keine größeren Probleme habe.



In meiner 7-jährigen Fruchtfolge kann ich nicht ganz auf den Pflug verzichten. Der Umbruch des Klee-grases erfolgt mit dem Pflug. Auch vor Kartoffeln kann ich bisher keine Kompromisse eingehen, denn da haben wir schon genug mit den Drahtwürmern zu kämpfen. Kartoffeln brauchen bei mir eine Tiefenlockerung. Mit einer nicht überwinternden Gründüngungsmischung aus Alexandrinerklee, Perserklee, Sommerwicken und Phacelia will ich jetzt versuchen, einen Teil des Feldes nicht zu pflügen und diesen stattdessen nur mit dem Flügelschargrubber und der Scheibenegge zu bearbeiten.

Auch bei Raps kann ich meistens nicht ganz auf den Pflug verzichten, da er hohe Ansprüche an das Saatbett stellt.

Anstelle des normalen Pflugs habe ich mir einen Onlandpflug mit drei Scharen angeschafft. Mit diesem arbeite ich in einer Tiefe bis maximal 15 cm. Dieser Pflug schont den Boden, ist jedoch anspruchsvoller in der Einstellung und erfordert mehr Konzentration beim Fahren als ein normaler Pflug.

Hansueli Häberli,
Biobauer in Kirchlindach, Schweiz

Teil 2: Bodenfruchtbarkeit wahrnehmen

2.1 Direkte Beobachtungen

Wie lässt sich die Bodenfruchtbarkeit mit einfachen Mitteln beurteilen? Es gibt einige Methoden, die heute wie gestern wertvolle Hinweise zum Bodenzustand liefern. Aber es geht wohl vor allem auch darum, sich die Zeit zu nehmen, die Pflanzen, die Bodenoberfläche, den Boden und dessen Bewohner genauer zu beobachten.

» Im Biolandbau wird häufig gefordert, dass die Praktiker mehr mit dem Spaten auf den Acker gehen und den Boden prüfen sollen – in der Praxis erlebe ich das aber nur sehr selten. Ich fände es gut, wenn die Landwirte sich mehr mit dem komplexen System Boden auseinandersetzen würden.

Harald Schmidt

Die Pflanzen beobachten

Die Kulturpflanze ist immer die wichtigste Zeigerpflanze. Wenn diese über das Jahr hinweg gut und gesund gedeiht, wird das Ergebnis ein zufriedenstellender, qualitativ hochwertiger Ertrag sein. Wenn dieses Ergebnis ohne treibende Stickstoffdünger und chemische Pflanzenschutzmittel zustande kommt, so kann von einer hohen Bodenfruchtbarkeit ausgegangen werden. Wie stark die Bodenfruchtbarkeit ist, wird besonders bei ungünstigem Witterungsverlauf übers Jahr hinweg deutlich (standortgerechte Kulturpflanzen vorausgesetzt). Begleitpflanzen wie Distel oder Kamille bringen Schäden oder Mangelerscheinungen ans Tageslicht, zum Beispiel Verdichtungen.

Die Bodenoberfläche interpretieren

Schon die Bodenoberfläche gibt Hinweise auf den Zustand des darunterliegenden Bodens. Ist sie durch eine Vegetationsdecke geschützt, entwickelt sich eine Oberflächenkrümelung, die sogenannte Lebendverbauung der Bodenkrümel. Man erkennt sie an runden Bodenkrümeln, die auch eine zu starke Verschlammung und Erosion des Bodens verhindern. Daher können Verschlammung und Erosion einen schlechten Bodenzustand anzeigen. Mit steigendem Humusgehalt nehmen Verschlammung und Erosion ab.

Das Bodenleben betrachten

Die Tätigkeit der Regenwürmer, auch kleinerer Tiere wie der Springschwänze, sind durch Austrittslöcher an der Bodenoberfläche erkennbar. Sie sind vor allem im Frühjahr zu erkennen, wenn organische Masse auf der Bodenoberfläche zum Verzehr durch

Bodenorganismen zur Verfügung stand. Es sind dann viele kleine «Bohrlöcher» und einige größere zu erkennen. Mithilfe eines Spatenstichs können die Gänge auch in der Krume sichtbar gemacht werden. Auch Regenwurmkot auf der Bodenoberfläche zeigt eine hohe Aktivität dieses Bodenbearbeiters an.

Ein indirekter Zeiger der Bodenfruchtbarkeit ist, wie schnell Pflanzenreste abgebaut werden. Am einfachsten lässt sich das anhand des Strohabbaus erkennen. Falls Stroh über eine Vegetationsperiode unverändert auf dem Boden bleibt, ist dies ein Zeichen für ein wenig aktives Bodenleben.

Den Boden riechen

Ein fruchtbarer Boden riecht gut und nicht abstoßend. Zum Vergleich kann man an einem Waldboden oder Ackerrain riechen. Wenn der Boden nach Fäulnis stinkt, stimmt etwas nicht. Auch die Wurzeln haben einen Eigengeruch, der von den Wurzelabscheidungen (Exsudaten) kommt. Leguminosenzwurzeln haben einen angenehmen Geruch, auch Quecken. Dort sind auch häufig Regenwürmer in der Umgebung anzutreffen.

Stefan Weller, Bioland-Beratung

Eine gute Durchwurzelung ist nur in einem lockeren Boden möglich. Wenn Pfahlwurzeln, z.B. von Raps, Ackerbohnen oder Zuckerrüben sich aufspalten und beinig werden, dann ist dies ein Hinweis, dass eine Verdichtung oder eine Störschicht vorliegt. Auch Staunässe oder Faulstellen sind an den Wurzeln zu erkennen.



2.2 Beobachtung mithilfe von Werkzeugen

Die Spatenprobe

Die Spatenprobe ist eine bewährte handwerkliche Methode, um die Bodenstruktur zu beurteilen. Vor der Bodenbearbeitung kann man mithilfe der Spatenprobe sehen, bis in welche Tiefe der Boden gar ist. Wenn die Pflanzen in einem trockenen Jahr schlechter wachsen, heißt es schnell, das Wetter sei schuld. Kann es aber auch sein, dass die Wurzeltiefe aufgrund von einer Störschicht begrenzt war?

In den Sommermonaten können die Bedingungen nach der Aussaat und die Einflüsse der Bodenbearbeitung auch anhand der Kulturpflanzen festgestellt werden. Die Entnahme erfolgt in vier Schritten. Benötigt wird außer einem Flachspaten noch eine kleine Kralle, um Wurzeln freizulegen.

Schritt 1: Eine in Bezug auf Bewuchs und Oberfläche repräsentative Probestelle wird gewählt. In jedem Fall sollten 2 bis 3 Proben genommen werden.

Schritt 2: Der Spatenstich wird so gewählt, dass beim Herauslösen auf jeden Fall eine Kulturpflanze erwischt wird. Damit der Bodenziegel mit dem Spaten gut herausgelöst werden kann, wird auf einer Längsseite bis zur vollen Länge des Spatenblattes ein Loch gegraben.

Schritt 3: Dann werden die schmalen Seiten des Probestücks keilförmig mit Spatenstichen freigelegt.

Schritt 4: Der Erdziegel wird nun rückseitig abgestochen und die Probe vorsichtig ausgehoben. Die Ablage der Probe auf einer hüfthohen Stütze erleichtert die Beurteilung.

Die Entnahme der Spatenprobe erfordert viel Sorgfalt. Der Erdziegel sollte durch die Grabarbeiten nicht beschädigt werden. Beim Herauslösen muss der Erdziegel festgehalten werden, um ein Auseinanderbrechen zu verhindern.



Darauf ist bei der Untersuchung zu achten:



Sind erwünschte runde Bodenkrümel und Regenwurm Löcher an der Bodenoberfläche erkennbar?



Liegt zwischen dem «A-Horizont», wo die Bodenbearbeitung stattfindet, und dem «B-Horizont», dem unbearbeiteten Untergrund, eine verdichtete Zwischenschicht oder eine störende Pflugscholle? Im Bild oben ist in 10 cm Tiefe eine Grenze sichtbar.



Sind die Bruchkanten im Oberboden eher rund oder kantig? Scharfe Bruchkanten, wie im linken Bild, sind ein Zeichen dafür, dass der Boden mit starken Kräften, z.B. schweren Lasten, zu kämpfen hatte und/oder der Bodenaufbau durch das Bodenleben nicht gut verläuft. Bild rechts: Runde Bodenkrümel unter Zwischenfrucht Senf zeigen eine gute Lebendverbauung an.



Welche Form haben vorsichtig freigelegte Wurzeln? Sind sie gerade, verkümmert oder verzweigt? Sind Fein- und Seitenwurzeln reichlich vorhanden? Entspricht die Wurzellänge der Jahreszeit? Ragen die Wurzeln unten aus dem Bodenziegel heraus, was ein gutes Zeichen wäre?

Spatenprobe: Beispiel einer Beurteilung

Die abgebildete Spatenprobe wurde 2010 unter Winterdinkel gemacht. Der Betrieb bewirtschaftet seinen Boden seit mehreren Jahren pfluglos.

Die Bodenoberfläche ist hier nicht zu erkennen, jedoch kann man anhand der Krümelstruktur im oberen Bereich auf die Bodenoberfläche schließen. Diese war zu diesem Zeitpunkt in Ordnung.

Die Horizonte sind sehr schön zu erkennen.

Etwa in der Mitte des Bodenriegels ist die Bearbeitungsgrenze. Hier sieht man auch die Bearbeitungstiefe vor der Aussaat des Dinkels, in etwa 15 cm Tiefe.

Die Bodenstruktur im Bearbeitungshorizont ist sehr gut. Kleine runde Krümel sind zu erkennen und der Dinkel kann diesen Teil des Bodens gut durchwurzeln, was an den vielen Wurzeln und Feinwurzeln zu erkennen ist. Der Boden zerfällt auch leicht. Somit ist dieser als gut bis sehr gut zu beurteilen.

Je näher man an die Schwelle zum unbearbeiteten Untergrund kommt, umso größer und scharfkantiger werden die Bodenbrocken. Wurzeln sind sichtbar und reichen unten aus dem Ziegel heraus.



Der Dinkel kann diesen Boden noch durchwurzeln. Seine dichte Lagerung kann auch als natürliche Tragfähigkeit unter pflugloser Bewirtschaftung interpretiert werden. Diesen Bodenzustand kann man als befriedigend bis gut bewerten.

Die Grenze zwischen bearbeitetem und unbearbeitetem Boden ist gut sichtbar. Hier ist entscheidend, dass die Wurzeln gleichmäßig weiterwachsen und das Regenwasser nicht gestaut wird

(Regenwurmrohren). Schadverdichtung und eine natürliche, dichte Lagerung in tieferen Schichten sind, besonders wenn der Boden noch durchwurzelbar ist, ohne die Kenntnisse der Bewirtschaftungsbedingungen oft kaum zu unterscheiden. Hier

kann die Probe mit der Bodensonde alleine nicht helfen.

Die Fruchtfolgestellung des Dinkels ist in die Bewertung noch einzubeziehen. Als erste Frucht nach Klee gras wäre diese Probe schlechter einzuordnen. Als zweite oder dritte Kultur (mit Zwischenfruchtanbau) ist der Gesamteindruck der Probe gut.

Stefan Weller, Bioland-Beratung

Die Bodensonde

Die Bodensonde ist ein Eisenstab, ggf. mit Druckmessfeder und Druckanzeige. Diese Sonde misst den Eindringwiderstand in den Boden, in der Regel also seine Dichte. Der Sondenstab wird mit gleichmäßigem Druck in den Boden gedrückt. Wird der Widerstand des Bodens größer, so ist in dieser Tiefe eine Verdichtung (oder ein Stein) vorhanden. Die Tiefe kann an der Sonde abgelesen oder mit einem Meterstab festgestellt werden. Die Messung sollte mehrmals wiederholt werden. Genaue Auskünfte, wie es im Boden aussieht, liefert die Bodensonde aber nicht. Vermutet man Probleme, sollte man nachgraben.

pH-Messer

Der pH-Wert zeigt den «Säure/Base-Zustand» des Bodens an. Er hat Auswirkungen auf die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe und beeinflusst das Bodenleben maßgeblich.

Zur pH-Messung eignet sich der Hellige pH-Meter gut. Die Messungen sollten nicht nur an der Bodenoberfläche durchgeführt werden. Auch in 10 und 20 cm Tiefe ist es ratsam, den pH-Wert zu kennen. Dieser kann in verschiedenen Bodenschichten sehr unterschiedlich sein. Düngergaben, Gesteinsmehle und Kalkungen beeinflussen den pH-Wert.

Stefan Weller

» Die Spatenprobe ist eine einfache, aber sehr aufschlussreiche Möglichkeit, um den Zustand des Bodens im Feld selbstständig zu beurteilen. Die Spatenprobe hat mir den Boden viel näher gebracht.

Georg Doppler, Biobauer in Waizenkirchen, Oberösterreich

Beim Hellige pH-Meter wird der Boden mit einer Indikatorlösung vermengt und der Wert anhand einer Farbskala abgelesen.



Teil 3: Bodenfruchtbarkeit erhalten und steigern

3.1 Humuswirtschaft

Im biologischen Landbau wird bei den meisten Bodenproblemen im Humusaufbau ein wichtiger Lösungsbeitrag gesehen. Dafür gibt es gute Gründe, denn Humus erweist sich bei näherer Betrachtung als Dreh- und Angelpunkt der Bodenfruchtbarkeit:

- Humus lagert sich gerne an Krümeloberflächen als Humushülle an. An diesen Oberflächen teilen sich größere Klumpen wieder bevorzugt (Sollbruchstellen), sodass die kleineren Krümel erhalten bleiben. Die Humushüllen imprägnieren die Krümel und schützen sie so vor zu viel Wasser: Dadurch platzen die Krümel im Regen weniger rasch, und der Boden verschlämmt weniger.
- An humusreichen Oberflächen kleben Krümel schwerer Böden weniger zusammen. Dadurch sind die Böden während einer größeren Feuchtigkeitsspanne noch bearbeitbar. Humus macht nicht nur schwere Böden leichter, sondern auch leichte Böden durch seine «Kittwirkung» bindiger!



Grüngut und Mist werden durch die Kompostierung «humusähnlich» und damit für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit wertvoller.

» Nehmen wir uns die Zeit, Boden und Pflanze mit allen Sinnen wahrzunehmen und nicht nur oberflächlich beim Drüberfahren? Entwickeln wir ein Gespür für unsere Böden und Pflanzen, anstatt uns nach allgemeinen Rezepten zu richten? Bewahren wir uns die Neugier und Lernbereitschaft, um das komplexe System Boden immer besser zu verstehen?

Nikola Patzel, FiBL

- In gekrümelten, nicht verschlämmten Böden wird weniger Feinmaterial in tiefere Bodenschichten eingewaschen. Auch die Versickerung des Regens erfolgt rascher. Dadurch geschieht weniger Erosion. In solchen Böden können die Wurzeln tiefer eindringen und sich das Wasser in den unteren Bodenschichten auch bei Trockenheit noch holen. Diese Böden weisen somit einen besseren Wasserhaushalt auf.
- Mehr Humus bedeutet auch mehr Nahrung für die Bakterien, Pilze und anderen Organismen im Boden. Aktivere Bodenmikroorganismen halten auch Schaderregerpopulationen im Boden klein.
- Grüne Pflanzenteile vermodern im Boden rasch zu Nährhumus, der die Bodenlebewesen nährt. Verholzte Pflanzenmaterialien und tote Mikroorganismen hingegen werden langsamer abgebaut. Sie verbinden sich mit Tonmineralien und werden zu Ton-Humus-Komplexen, dem Dauerhumus.
- Ob Böden humusreich oder humusarm sind, hängt auch stark von den Standortbedingungen ab. Schwere und feuchte Böden sind eher humusreicher, trockene Sand- und Lössböden sind eher humusarm. Die Auswirkungen eines Humusabbaus wegen einer nicht nachhaltigen Fruchtfolge werden meist erst nach mehreren Jahren bemerkt. Ein Humusaufbau über die Fruchtfolge benötigt dementsprechend auch einige Jahre. Rascher geht es durch Zufuhr von Grüngut- oder Mistkompost. Damit kann ein Humusmangel in der Fruchtfolge teilweise kompensiert werden. Zugekaufter Mist und Komposte guter Qualität haben aber auch ihren Preis.
- Eine Zunahme des Humusgehalts führt zu einem aktiveren und krümeligeren Boden mit einer besseren Stickstoffnachlieferung. Eine Abnahme des Humusgehalts führt zu einem zäheren, rascher zerfließenden, zu Verdichtungen neigenden Boden mit geringerer Stickstoffnachlieferung.

Wie kann ich den Humusgehalt im Boden steigern?

- › Mit Grüngut- und Mistkompost werden reifere Humusverbindungen in den Boden eingebracht, die dem Abbau weitgehend standhalten und zum Aufbau des Humusgehalts beitragen.
- › Verholzte Ernterückstände werden nur langsam abgebaut und fördern eher die ligninabbauenden, langsamer wachsenden Bodenpilze, die die Bodenflora vielfältiger machen. Diese Ernterückstände tragen zur Bildung von Dauerhumus bei.
- › Mehrjähriges Klee gras in der Fruchtfolge bringt neben Humusaufbau auch sehr viel leicht abbaubare Wurzelmasse in den Boden und liefert damit in erster Linie Nährstoffe für Regenwürmer und Mikroorganismen.

Humusbilanzierung

Ziel jeder Bewirtschaftung sollte es sein, auf jedem Schlag pro Fruchtfolgerotation einen mindestens ausgeglichenen Humussaldo zu erreichen. Ob das Ziel erreicht oder verfehlt wird, lässt sich mit einer Humusbilanz kontrollieren.

Die Methoden zur Humusbilanzierung bauen meistens auf Schätzungen und Berechnungen, basierend auf der Fruchtfolge und der Bewirtschaftung, auf. Für die Bilanzierung in Biobetrieben eignen sich nur wenige Methoden, wie z.B. REPRO/Hülsbergen oder Standort/Kolbe. Dabei gelten nationale Standards. Auch lassen sich die Humusbilanzen unterschiedlicher Betriebe nur mit Vorsicht vergleichen. Alle paar Jahre werden zusätzlich Humusmessungen empfohlen. Es kommt aber nicht nur auf die Gesamtmenge an Humus an, sondern auch auf die Qualität des Dauerhumus und auf den Umsatz des Nährhumus.

Alfred Berner

3.2 Humuserhaltende Fruchtfolgen

Eine zu einseitige Orientierung am Markt führt auch im Bioanbau dazu, dass die Fruchtfolgeregeln aufgrund kurzfristiger Gesichtspunkte teilweise nicht respektiert werden: Fruchtfolgen werden verengt und einseitig ausgerichtet, und der Klee gasanteil wird verringert. Auch bei der Fruchtfolgeplanung im Biolandbau sollte in erster Linie auf den Boden Rücksicht genommen werden. Wer nur die Marktfrüchte mit dem höchsten Deckungsbeitrag pro Hektar anbaut und auf den Feldfutterbau weitgehend verzichtet, schafft sich auf Dauer große Probleme mit der Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenkrankheiten. Eine gute Fruchtfolge muss langfristig Dauerhumus aufbauen oder die Bilanz zumindest ausgeglichen halten und die Entwick-

lung von Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern vermeiden.

Zentrales Element jeder Fruchtfolge im Biolandbau ist das Klee gras. Unter Klee gras kommt der Boden zur Ruhe und unter einer mehrjährigen Klee graskultur kann sich Humus aufbauen. Unkrautsamen werden am Keimen gehindert, Krankheiten und Schädlinge werden unterdrückt und durch die erhöhte Aktivität der Bodenlebewesen abgebaut. Je länger das Klee gras steht, desto höher ist dessen Vorfruchtwert. Dreijährige Klee graswiesen unterdrücken auch Disteln wirksam. Gründüngungen hingegen können Klee gras wegen ihrer kurzen Kulturdauer nur teilweise ersetzen.

Langfristig zahlt sich eine weite und vielseitige Fruchtfolge mit einem hohen Anteil Grünbedeckung und einem Wechsel der Bodenbearbeitungs- und Erntezeiten aus.

Hansueli Dierauer



Klee gras wirkt als Selbstverstärker der Bodenfruchtbarkeit. Ohne Leguminosen als Hauptkultur in der Fruchtfolge ist keine dauerhaft ertragreiche Biolandwirtschaft möglich.

» Über eine geregelte Humuswirtschaft können wir die Fruchtbarkeit unserer Böden bewahren und kranke Böden regenerieren. Die Faktoren dazu sollten mit einer Mist- und Kompostdüngung im Zusammenspiel mit Gründüngungen und Leguminosenanbau und einer angepassten Bodenbearbeitung geschaffen sein.

Peter Neessen,

Biolandwirt auf dem Terrenhof in St. Vith, Belgien

Ernterückstände einiger Kulturpflanzen	
Kultur	Ernterückstände dt TS je ha und Jahr
Kartoffeln, Zuckerrüben	6–10
Herbstzwischenfutterbau	9–18
Getreide, Drescherbsen, Mais, Raps, Ackerbohnen	10–20
Winterzwischenfutterbau	15–30
Einsaaten zur Herbstnutzung	20–40
Klee- und Luzernegrasmischungen	30–65

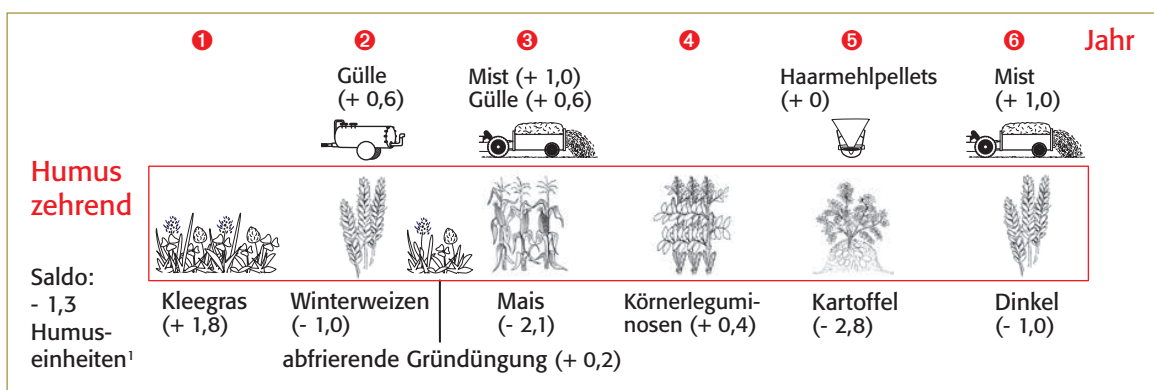
Quelle: Lehrmittel Bodenkunde, edition-Imz

Humuswirksame Fruchtfolgeregeln:

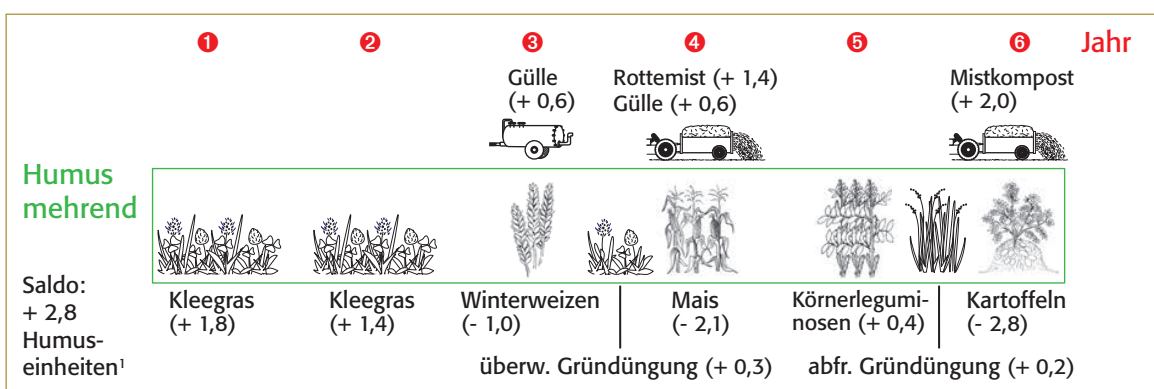
- › Mindestens 20 % Klee gras in der Fruchtfolge für den Aufbau der Bodenfruchtbarkeit und zur Unkrautunterdrückung
- › Maximal 60 % Getreide in der Fruchtfolge und höchstens 20 % einer einzelnen Kulturart, um Krankheiten zu vermeiden.
- › Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrüchten, humusmehrenden und humuszehrenden Kulturen, Winter- und Sommerfrüchten, Früh- und Spätsaaten, um einen Raubbau am Boden und Probleme mit bodenbürtigen Krankheiten und Problemunkräutern zu vermeiden.
- › Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung zur Gewinnung von Nährstoffen und Humus sowie zum Schutz des Bodens vor Erosion.

Modellhafte Beispiele einer humusmehrenden und einer humuszehrenden Fruchtfolge

Besonders hackfrucht dominierte Fruchtfolgen weisen in der Praxis oft eine negative Humusbilanz auf. Anhand der folgenden Beispiele soll gezeigt werden, dass auch Fruchtfolgen mit starkzehrenden Hackkulturen und einem mittleren GVE-Besatz von 0,5 bis 0,8 eine ausgeglichene bis positive Humusbilanz erreichen können.



Humuszehrende Fruchtfolge: Diese Fruchtfolge verwendet nur Stalpmist und verfügt nur über einjähriges Klee gras. Da der Mist für den Mais und den Dinkel benötigt wird, muss der Landwirt für Kartoffeln organischen Handelsdünger einsetzen. In Kombination mit nur einer abfrierenden Gründüngung (z.B. Senf) wird wegen der Hackfrüchte Humus abgebaut.



Humusmehrende Fruchtfolge: Diese Fruchtfolge enthält zweijähriges Klee gras, welches entscheidend zum Humusaufbau beiträgt. Eine Rottemist- und eine Mistkompostgabe bringen viel stabile organische Substanz in den Boden, die zwei Gründüngungen (z.B. Klee gras, Grünhafer) liefern viel frische Biomasse. Trotz zwei starkzehrenden Kulturen (Kartoffeln nur als Beispiel) ist die Humusbilanz dieser Fruchtfolge positiv. Betriebe ohne tierische Dünger können ihre Humusbilanz mit großzügigen Gaben von Grüngutkompost verbessern. 1) Berechnungsgrundlage: Humuseinheiten vereinfacht nach Leithold und Hülsbergen, Zeitschrift Ökologie & Landbau, Ausgabe 105, 1/1998, Seiten 32–35. Annahmen: Güllegabe: 30 m³, 1:1 verdünnt; Mistgabe: 20 t.



Langstrohige Sorten wirken über eine hohe Strohproduktion auch für den Humusaufbau.

Herausforderung Bodenmüdigkeit

Wenn eine Pflanzenart oder Artengruppe nach drei bis vier Jahren Anbaupause auf einem Boden nicht mehr erfolgreich angebaut werden kann, wird das Phänomen als Bodenmüdigkeit bezeichnet. Dafür sind vor allem Apfelbäume, Rosen und Leguminosen bekannt. Bodenmüdigkeit kann durch die Anhäufung von Krankheitserregern, durch die einseitige Verarmung der Böden hinsichtlich essentieller Nährstoffe, durch von den Pflanzen ausgesonderte Giftstoffe (Allelopathie), durch eine schlechte Bodenstruktur oder eine Kombination aus diesen Faktoren verursacht werden.

Leguminosenmüdigkeit kann im Biobetrieb zum Problem werden. Sie zeigt sich in einer von Jahr zu Jahr nachlassenden Wuchskraft von Klee gras und Körnerleguminosen. Ursache ist ein ökologisches Ungleichgewicht im Boden (Entwicklung von Schadregnern). Viele bislang unbekanntes Zusammenhänge werden zurzeit wissenschaftlich erforscht. Die Therapie ist meist hofindividuell und erfordert kompetente Beratung.

» Langzeiterfahrungen zeigen, dass eine Fruchtfolge mit zwei Jahren Klee gras noch keine Gewähr bietet, dass der Humusgehalt erhalten bleibt, schon gar nicht in einem Boden mit einem hohen Humusniveau. Entscheidend ist mitunter, wie viele Ernterückstände im Feld bleiben oder zurückgeführt werden.

Alfred Berner, FiBL

3.3 Organische Dünger

Mist und Gülle aus der Viehhaltung sowie Komposte und Grünguthäcksel aus dem Pflanzenbau sind die wichtigsten organischen Dünger im Biolandbau. In jüngerer Zeit werden auch öfters Gärsubstrate aus Biogasanlagen eingesetzt.

Diese organischen Dünger wirken mit unterschiedlichen Qualitäten auf den Boden ein: physikalisch von flüssig bis fest strukturiert, chemisch von einfach-mineralisch bis komplex-organisch, biologisch von einseitig bis vielfältig.

Kompost

Kompost enthält durch die Rotte stabilisierte organische Substanz zum Humusaufbau und stellt dem Boden einen phosphorbetonten Nährstoffmix zur Verfügung. Immer wieder zeigen Studien, dass Kompost das Bodenleben und die Bodenfruchtbarkeit noch ein Stück weiterbringt, als es mit anderen organischen Düngern alleine möglich ist: Kompost baut den Boden auf. Während Mistkompost auch eine gute Stickstoffwirkung zeigt, ist jene von Grüngutkompost nur gering.

In der Praxis hat sich die gemeinsame Kompostierung von Gemeindegrünut und eigenem Mist bewährt, auch ökonomisch; durch die Beiträge aus der Grüngutkompostierung können die Kosten einer Wendemaschine und die Arbeit bezahlt werden. In jedem Land gelten unterschiedliche gesetzliche Grundlagen, die es zu beachten gilt.

Wenn junge, ligninhaltige Komposte schnell wachsenden Kulturen zugegeben werden, kann das vor allem im Frühjahr zu einer vorübergehenden Stickstoffblockade im Boden führen. Für solche Fälle sind reifere Komposte, die auch schon etwas Nitrat enthalten, geeigneter. Eine Zusatzdüngung mit einer leicht verfügbaren organischen Stickstoffquelle wie Gülle kann dieses Risiko vermindern.



Die Herstellung eines (mikro-)biologisch hochwertigen Komposts, der die Umwelt nicht belastet und die Pflanzen stärkt, erfordert gute Kenntnisse und Erfahrung.

Worauf ist bei der Kompostierung von Grünzeug oder Mist zu achten?

- Kompost darf nicht verwässern (mit Faustprobe testen). Ihn etwas zudecken.
- Kompost darf nicht austrocknen. Wenn nötig den Kompost beim Umsetzen wässern.
- Die Umsetzung des Komposts fördert die Rotte.
- Der Zusatz von Erde (10 %) fördert stabile Humusverbindungen.
- Eine Rottetemperatur von mindestens 50 °C fördert die Hygiene und tötet Unkrautsamen ab.

Gülle

Gülle enthält viel rasch verfügbaren Ammonium-Stickstoff und rasch mineralisierende organische Substanzen, die wenig zum Humusaufbau beitragen. Die schnelle, gezielt einsetzbare Düngewirkung der Gülle zur Wachstumszeit ist ihr großer ackerbaulicher Vorteil.

Gülle sollte wenn möglich bei feuchtem Wetter auf saugfähige Böden ausgebracht werden, um Nährstoffverluste zu minimieren und die Schädigung auf Luft und Wasser gering zu halten. Kommt Gülle in zu großen Mengen auf den Boden, kann der entstehende Ammoniak die oberflächennahen Regenwürmer verätzen. Ein gut entwickeltes Bodenleben kann jedoch moderate Gaben von verdünnter oder aufbereiteter Gülle von zirka 25 m³ pro Hektar in die Nahrungskette aufnehmen und damit in den organischen Kreislauf zurückführen.

Mist

Mist ist als Mischung pflanzlicher und tierischer Stoffe ein ausgewogenerer Dünger als Gülle. Seine Qualität hängt aber stark von der Lagerung ab. Für

Bodenaufbau und Ertrag sind angerotteter Mist und reifer Mistkompost deutlich besser als Frischmist oder (fauliger) Stapelmist. Auch wenn man nur auf den Stickstoff schaut, wirkt aufbereiteter Mist als der bessere Dünger, da hier keine Stickstoffblockaden durch kaum verrottetes Stroh oder Schäden durch Mistklumpen auftreten. Mistkompost nähert sich bei längerer Lagerzeit in seiner Qualität dem Kompost an. Ein Spezialfall ist der Laufstallmist, welcher meist noch eine mechanische Auflockerung braucht, um gerottet und dann ausgebracht werden zu können.

Die Stickstoffwirkung richtig einschätzen

Es hängt nicht nur vom Stickstoffgehalt eines Düngers, sondern auch vom Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C/N-Verhältnis) ab, wie sehr ein Dünger als Stickstoffdünger wirkt. Gülle hat z.B. C/N 7 («eng»), Stroh hat C/N 50–100 («weit»), Kompost liegt oft bei C/N 20–30. Eine schnelle N-Düngung findet bis zu einem C/N-Verhältnis von etwa 10 statt. Mit steigendem C/N-Verhältnis wirken organische Dünger zunehmend als Langzeitdünger mit einem wachsenden Beitrag zum Humusaufbau. Die Geschwindigkeit der Stickstoffaufnahme hängt jedoch auch stark von der allgemeinen Verfügbarkeit von Stickstoff im Boden ab, also z.B. vom Stickstoff aus Wurzelausscheidungen der Leguminosen, von der Temperatur und der Feuchtigkeit des Bodens sowie von der Vielfalt und Vitalität des Bodenlebens.

➤➤ Mist sollte als brauner Rottemist oder Mistkompost auf den Boden gelangen und nicht als grünlicher Stapelmist; so wird er von den Bodenorganismen am besten umgesetzt.

Alfred Berner, FiBL



Im Stoffkreislauf der Bodenfruchtbarkeit spielen Kühe meist eine Hauptrolle. Dabei unterscheiden sich Verdauung, Milch und Mist einer vielfältigen Raufutter fressenden Kuh messbar von denen einer eiweißlastig ernährten Kuh.

Gärreste als Dünger?

Seit der Erfindung von Biogasanlagen gibt es die Möglichkeit, mit deren Gärresten zu düngen. Das Gärgut entsteht oftmals aus den gleichen Ausgangssubstraten wie Kompost (Gülle, Festmist, Pflanzenmaterial, etc.) und enthält ähnlich viel Nährstoffe und organische Substanz wie dieser. Aufgrund der unterschiedlichen Abbauprozesse bei der Kompostierung und der Vergärung ist die Wirkung der Dünger aber qualitativ sehr verschieden: Kompost entsteht mit Sauerstoff bei aerober Rotte, seine organische Substanz ist bei fortgeschrittener Reife stabilisiert. Gärgut hingegen entsteht ohne Sauerstoff bei anaerober Vergärung, d.h. durch Fäulnis, und befindet sich bei seiner Ausbringung noch voll im Abbauprozess. Für die mögliche Anwendung von Gärgut gilt deshalb:

- Flüssiges Gärgut (Gärgülle) enthält sehr viel Ammonium (NH_4^+), das beim Austrocknen leicht als Ammoniak (NH_3) entweicht. Gärgülle sollte deshalb bei kühlem, feuchtem und windstillem Wetter auf aufnahmefähigen Boden gebracht werden; mit Schleppschlauch oder -schuh oder im Schlitzdrillverfahren, eventuell auch verdünnt. Anaerobe Bedingungen für Lachgasbildung (N_2O) vermeiden!
- Feuchtes, festes Gärgut kann als schneller Nährstofflieferant wirken, trägt aber ungewiss zum langfristigen Humusaufbau und kaum zur Bodenstruktur bei. Trocknet Gärgut aus, geht Ammoniak verloren! Feuchtes Gärgut kann nachgerottet werden, um hochwertigen Kompost herzustellen. Um Ammoniakverluste zu verringern, sollte angerottetes, holziges Material beigemischt werden.

Die Düngung mit Gärgut ist im Biolandbau nur unter Einschränkungen erlaubt (Verbandsrichtlinien beachten!).

Alfred Berner und Jacques Fuchs

Leiden Biobetriebe unter Phosphormangel?

In Betrieben ohne Nährstoffzufuhr kann Phosphor in Futter oder Dünger limitierend werden. Eine Möglichkeit, den Phosphormangel ohne Rohphosphatzukauf zu beheben, wäre Mist oder Kompost zuzuführen. Leguminosenanbau und die Förderung der Aktivität der Bodenmikroorganismen könnten größere Mengen im Boden gebundenen Phosphor mobilisieren. Betriebe, die trotz einer ausgeglichenen Phosphorbilanz bei Pflanzen oder Tieren unter P-Mangel leiden, weisen häufig einen hohen pH-Wert in ihren Böden auf. Bei einem hohen pH-Wert ist die Phosphoraufnahme der Pflanzen erschwert.



Feste Gärrückstände können sich durch aerobe Nachrotte zu wertvollerem Dünger wandeln.

Hauptnährstoffgehalte (kg/t) von organischen Düngern (jew. Frischsubstanz)

	C _{org}	N _{organisch}	N _{mineralisch}	P	K
Laufstallmist ¹	175	4.0	1.3	1.0	9.0
Stapelmist ¹	150	4.1	0.8	1.4	5.5
Mistkompost ¹	106	4.6	1.0	2.0	6.6
Grüngutkompost	214	6.7	0.3	0.1	4.2
Gärgut fest	235	5.7	0.3	0.1	4.2
Vollgülle 1:1 ¹	35	0.9	1.2	0.4	6.6
Gärgut flüssig	61	2.0	2.0	0.9	3.3

¹ Hofdünger von Milchvieh

Quelle: GRUDAF, CH, 2009

Organischer Stickstoff wird mittel- bis langfristig pflanzenverfügbar, mineralischer Stickstoff hingegen kann von den Pflanzen oder den Mikroorganismen schnell aufgenommen werden. Er geht aber auch leicht verloren. Die Tabelle gibt Durchschnittswerte wieder. Besonders der Phosphorgehalt der Dünger kann stark variieren, je nachdem was die Tiere gefressen haben.

» Wenn Böden während Jahrhunderten ausgelaugt und ausgepowert wurden, dann haben wir als Ackerbauern die Pflicht und Bringschuld, diesen Böden auch wieder zu helfen, sich aufzubauen.

Sepp Braun, Biobauer in Freising, Deutschland

3.4 Gründüngung

Es gibt viele gute Gründe, Gründüngungen anzubauen. Sie tragen zu einer besseren Bodenqualität bei, verringern Fruchtfolgekrankheiten und helfen, Nährstoffe aus der Luft zu fixieren oder aus dem Boden zu mobilisieren. Die Gründüngung ist auf viehschwachen oder viehlosen Betrieben eine der wichtigsten Möglichkeiten zur Bodenernährung und zum Aufbau von Humus.

Aber keine Gründüngung kann alle Ansprüche und Wünsche zugleich erfüllen. Je nachdem, was mit der Gründüngung erreicht werden soll, kommen verschiedene Einzelsaaten oder Mischungen in Frage. Eine Mischung mit Gräsern ist meistens sinnvoll, wenn die Gründüngung auch als Futter genutzt wird. Für reine Gründüngungen sind auch gräserfreie Mischungen gut geeignet.



Trotz des Zeit-, Arbeits- und Kostenaufwands ist der Anbau von Gründüngungen über die ganze Fruchtfolge gesehen wirtschaftlich lohnend, da die Marktfrüchte stabilere Erträge liefern.

Für jeden Zweck die geeigneten Pflanzen

Ziel: Bodenstruktur verbessern, Humusaufbau

Für den Humusaufbau eignen sich Kleegras-mischungen mit einer Standdauer von mindestens 1,5 Jahren am besten, da sie den Boden in der ganzen Tiefe gut und intensiv durchwurzeln.

Idealerweise wird die Mischung regelmäßig gemäht (evtl. mit Futterverkauf) und der letzte Aufwuchs als Mulch eingearbeitet. Viehlose Betriebe können auf Gräser verzichten (Luzerne-Klee-Mischungen), um mehr Stickstoff einzubringen. Andererseits fördern Gräser durch stärkere Bodendurchwurzelung und langsameren Strohabbau den Humusaufbau stärker. In trockenen Lagen sind Luzernemischungen am besten. Nur wenn die Gründüngung länger als ein Jahr steht, bringt sie auch längerfristig etwas für den Boden. Allerdings nimmt dabei die Gefahr von Drahtwurmbefall in den Folgekulturen zu.

Ziel: Erosionsschutz über den Winter

Für den Erosionsschutz eignet sich die rechtzeitige Ansaat einer winterharten Gründüngung, wie eine Klee-gras-mischung oder Weidelgras (Raigras) nach Getreide oder Grünroggen (auch Wickroggen), oder Winterrübe (Chinakohlrübe) nach Kartoffeln oder Mais.

Gründüngungen und Klima

Abfrierende oder grünmassereiche, winterharte Gründüngungen können während der Gefrier- und Auftauzyklen im Winter viel klimaschädliche Gase (v.a. Lachgas) in die Atmosphäre abgeben. Winterharte Gründüngungen, die vor Anfang September (je nach Klimaregion) ausgesät wurden, sollten deshalb möglichst schon im Oktober gemäht, die Mahd vom Acker geführt und z.B. als Silofutter verwertet werden.

Ziel: Stickstoffversorgung der Folgekultur

Die beste Stickstoffversorgung bringen reine Leguminosenbestände, z.B. Erbsen oder Ackerbohnen oder, für längere Standzeiten und Ansaaten nach der Getreideernte, Klee-Luzerne-Mischungen.

Dichte Leguminosenbestände, die bis zur Blüte stehen bleiben, können 70–140 kg Stickstoff pro ha für die Folgekultur bringen. Für kurzfristige Begrünungen während der Saison von zirka 3 Monaten sind Sommerwicken oder Alexandriner-Perserklee gut geeignet. Klee-gras-stoppeln bringen einen Zugewinn von 50 kg N pro Hektar.

Besonders Körnerleguminosen, wie die Lupine, können neben dem Effekt der Stickstofffixierung auch Phosphor für Folgekulturen erschließen.

Ziel: Stickstoffkonservierung für die Folgekultur

Für die Stickstoffkonservierung für die Folgekultur sind schnellwachsende Arten, insbesondere Grünhafer, Grünroggen oder Senf und Rübsen am besten geeignet.

Speziell Ölrettich kann tiefe Bodenschichten erschließen und verlagerten Stickstoff wieder zurückgewinnen. Wenn allerdings abfrierende Arten nicht vor dem Winter umgebrochen werden, und noch vor dem Winter eine Folgekultur angebaut wird, kann viel Stickstoff wieder verlorengehen.

Es gelangen zurzeit etliche neue Arten als Zwischenfrüchte in den Anbau. Dazu gehören Sudan-gras, Sandhafer oder Guizotia (Ramtilkraut), die schnell auflaufen und Unkraut gut unterdrücken, zum Teil auch sehr trockenresistent sind. Die Erfahrung wird zeigen, welche sich bewähren.

N-Gewinn aus Leguminosen

Beim Schnitt von Klee gras und reinen Leguminosenbeständen kann die N-Nachlieferung etwa wie folgt überschlagen werden:

- Klee grasstoppeln: + 50 kg N/ha
- Klee gras vor dem Gräserschossen: 15–25 kg N/ha für jedes kg/m² Frischmasse. Das ergibt bei 1–4 kg Frischmasse pro m² zirka 20–100 kg N/ha.
- Klee gras nach dem Gräserschossen (inkl. Grünroggen, -hafer): 0–20 kg N/ha, unabhängig von der Menge, da das C/N-Verhältnis in der Regel sehr weit liegt.
- Reine Leguminosen vor der Blüte zirka 30–35 kg N/ha pro kg Frischmasse und m². Dichter, kniehohes Bestände zirka 3–4 kg/m² = 80–140 kg N/ha



Dieser schluffige Boden eines biologisch bewirtschafteten Gemüsebetriebs bei Wien zeigt Strukturprobleme. Im Marchfeld gibt es fast keine Tierhaltung, also keinen Hofdünger. Mit zugekauftem Stroh und Gründüngung gibt dieser Hof nun den Bodentieren mehr Nahrung, um die Bodenstruktur zu verbessern. Dies soll auch der Wasser- und Winderosion Einhalt gebieten.

Gründüngungen und ihre Wirkung

Gründüngung/ Gemenge	Humus- aufbau	Stickstoff- gewinn für Folge- kultur	Tiefen- lockerung	Erosions- schutz über Winter	Schäd- lings- und Krank- heitsvor- sorge (1)	Unkraut- unter- drückung	Bemerkungen
Klee gras <1.5 Jahre	●●●○	●●●○	●●○○	●●●●	●○○○	●●●○	Unterdrückt Disteln und Winde, fördert Ampfer. Drahtwurmgfähr für Folgekultur. Mit Luzerne gute Tiefendurchwurzelung.
Reine Gras- saaten (bis 9 Monate)	●●●○	●○○○	●●○○	●●●○	●●●○	●●●○	Nichtwirt für Wurzelgallnematoden und viele Fruchtfolgekrankheiten von Hackfrüchten und Gemüsen.
Klee-Luzerne Gemenge (bis 9 Monate)	●●●○	●●●●	●●●○	●●●○	●○○○	●○○○	Gut geeignet als Gründüngung zwischen Getreide und Mais, bei überjährigem Anbau wenig «Tiefeneffekt». Längere Standzeiten denkbar.
Lupinen, Ackerbohnen (bis Blüte)	●○○○	●●●●	●●●○	●○○○	●○○○	●○○○	Anfällig auf viele Nematodenarten, wenig Drahtwurmp Probleme in der Folgekultur. Lupine wärmebedürftig. Wenig geeignet, wenn Leguminosen in der Hauptfrucht stehen.
Erb sen, Wicken (bis Blüte)	●○○○	●●●●	●○○○	●○○○	●○○○	●●○○	Erbse wenig wärmebedürftig, auch für den Winteranbau geeignet. Wicke je nach Typ. Erbsen sind nicht geeignet, wenn diese in Hauptfrucht stehen. Wicken nur bedingt.
Phacelia (bis Blüte)	●○○○	●○○○	●○○○	●○○○	●○○○	●●●○	Nicht verwandt mit Kulturarten. «N-Gewinn» durch Verhinderung der Auswaschung.
Ölrettich	●○○○	●○○○	●●●○	●○○○	●●●○	●●●○	Nicht in der Fruchtfolge mit Kreuzblütler, Tiefenlockerung nur bei längerer Standzeit. «N-Gewinn» durch Verhinderung der Auswaschung. Gesundheitswirkung je nach Sorte (Nematoden).

Legende: ○○○○ = keine Wirkung; ●●●● = sehr starke Wirkung; (1) Fokus auf Krankheiten mit weitem Wirkkreis und Nematoden

Ziel: Tiefenlockerung

Hierfür kommen Ölrettich oder mehrjährig angebaute Luzerne in Frage.

Der Boden muss vorher mit einem passenden Grubber tief gelockert werden, damit die Wurzeln der Gründüngungspflanzen die tieferen Bodenschichten leichter erschließen und die neuen Poren anschließend stabilisieren können (Lebendverbauung). Auch Ölrettich braucht für gute Effekte eine genügend lange Kulturzeit von mindestens 3 Monaten. Lupinen und Ackerbohnen können, neben anderen tiefwurzelnden Leguminosen, ebenfalls für eine tiefe Bodendurchwurzelung genutzt werden.

Ziel: Krankheits- und Schädlingsvorsorge

Gründüngungen sollen den Krankheits- und Schädlingsdruck für die Folgekultur minimieren. Daher sollte keine mit den Hauptkulturen eng verwandte Gründüngung angesät werden (z.B. Senf, wenn Raps oder Kohlarten angebaut werden). Besonders nachbauempfindlich sind Erbsen, gefolgt von anderen Leguminosen. Körnerleguminosen-Gründüngungen gehören nicht in Fruchtfolgen, in denen diese als Hauptfrucht angebaut werden.

Besonders muss auf die Krankheiten und Schädlinge geachtet werden, die viele verschiedene Wirtspflanzen befallen, wie z.B. Sclerotinia, Rhizoctonia und manche Nematoden-Arten.

Hochanfällige Gründüngungen (z.B. Sonnenblumen für Sclerotinia) sind zu vermeiden, wenn anfällige Hauptkulturen angebaut werden (Raps, Gemüse, Sonnenblumen).

Mit dem Überwinterungsanbau einer Gründüngung können Fruchtfolgeprobleme umgangen werden. So können sich Wurzelgallnematoden an Wintererbsen und -wicken nicht vermehren, wenn diese früh genug umgebrochen werden.

Ziel: Unkrautunterdrückung

Samenunkräuter können durch schnellwachsende Gründüngungen unterdrückt werden. Oft noch besser sind schnittverträgliche Mischungen, die einen Schnitt («Schröpfschnitt») bald nach dem Auflaufen bei 10–15 cm Höhe vertragen und daraufhin einen dicht geschlossenen Bestand bilden. Mehrjährige Unkräuter, wie Disteln und Winden, können am besten mit mehrjährigen Klee grasbeständen zurückgedrängt werden.

Martin Koller

3.5 Wildkräuter fördern statt Unkräuter bekämpfen?

Die meisten Wildkräuter stammen ursprünglich von Fluss-ufem oder Sonderstandorten, wo der Boden stets bewegt wurde. Erst mit dem Getreide sind sie nach Mitteleuropa eingewandert, wo sie als «Unkräuter» die Felder besiedelten. Sie haben sich über lange Zeit an bestimmte Licht- und Bodenverhältnisse angepasst. Sie sind deshalb oft spezialisiert, manche nutzen auch Extrembedingungen wie verdichtete Böden zu ihrem Vorteil. In Europa können etwa 650 Pflanzenarten zu den Ackerkräutern gezählt werden. Je nach Säuregrad des Bodens und der angebauten Kultur (Getreide oder Hackfrucht) entstehen unterschiedliche Pflanzengesellschaften.



Diese wunderschöne Kornblume bringt Nützlinge in die Acker- und Gemüsekulturen. Sie trägt so zur Selbstregulation des Agrarökosystems bei.

Als Folge von Herbizideinsatz, intensiver Stickstoffdüngung, Saatgutreinigung, ausgeklügelten Anbautechniken und produktiven Kulturpflanzensorten haben sich die Lebensbedingungen für diese Beikräuter massiv verschlechtert. Heute stehen 40 % (D) bis 80 % (CH) dieser Arten auf der «Roten Liste». Zudem ist nach langjährig konventioneller Bewirtschaftung der Samenvorrat teilweise so ausgedünnt, dass noch Jahre nach der Umstellung standorttypische Arten fehlen.

» Alles, was der Erde entsprießt, hat seine besondere Zweckbestimmung und trägt nach Kräften bei zur Vollendung der Gesamt-schöpfung. Nichts ist umsonst, nichts unnütz, was der Erde entsprießt. ... oft bietet das nämliche, was dir schädlich ist, Vögeln und wilden Tieren eine unschädliche Nahrung.

Ambrosius, Bischof von Mailand, 339-397 n. Chr.

Wie bedrohte Ackerbeikräuter fördern?

Die folgenden Maßnahmen können dazu beitragen, gefährdete Ackerkräuter zu erhalten:

- › Boden flach bearbeiten.
- › Regelmäßige Brachezeiten einfügen.
- › Großen Reihenabstand wählen oder Hand-saat der Kulturen
- › Später Stoppelumbruch mit Nutzung als Schaf- oder Rinderweide
- › Gebietstypische, ältere Kulturpflanzen wie Lein, Linsen, Buchweizen oder Hirse einbeziehen.
- › Bedingt mehrjährige Futterkulturen anbauen (jedoch Zielkonflikt mit der Bodenfruchtbarkeit!).



Diese Begleitflora zum Hafer, aus Leindotter und niedrig wachsendem Klee, wird kein «Unkraut» werden. Andere Wildkräuter wie Ackerkratzdistel, Quecke oder Ackerwinde gilt es im biologischen Landbau jedoch unter Kontrolle zu halten.

Vielfältiger Nutzen – auch für den Boden

Beikräuter bilden die Lebensgrundlage für viele Nützlinge, fördern Bestäuberarten und liefern Ablenkfutter für Schädlinge. Beikräuter fördern aber auch die Bodengare, indem sie den Boden zwischen den Kulturpflanzen durchwurzeln und vor direkter Sonneneinstrahlung schützen. Auf Feldern, die lange Zeit ohne Bewuchs bleiben, wie z.B. Mais, können sie der Erosion entgegenwirken.

Vom Wildkraut zum Problemunkraut

Grundsätzlich stellen Wildkräuter eine Konkurrenz zu Kulturpflanzen um Wasser, Nährstoffe, Licht und Raum dar und wurden daher immer zugunsten dieser bekämpft. Die dauerhaft auf Ackerstandorten etablierten Arten haben sich an diese Bekämpfung angepasst. Viele Wildkräuter hingegen sind aufgrund ihrer Konkurrenzschwäche keine Problemarten.

Aber besonders bei ungünstigen Wachstumsbedingungen finden sich Arten, die den Kulturpflanzen im Wachstum überlegen sind. Kräuter, die sich aus Wurzeln oder Rhizomen schnell vermehren können wie die Ackerkratzdistel, die Ackerwinde, der Ampfer oder die Quecke, stellen im Acker eine große Herausforderung dar.

Eine ausgewogene Fruchtfolge, eine umsichtige Bodenbearbeitung und beste Start- und Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanzen tragen oft entscheidend dazu bei, Wildkräuter in die Rolle einer Begleitflora zu bringen, die im Ganzen positive Effekte auf Bodenfruchtbarkeit und Ernten haben kann.

Bodenbearbeitung reizt Wildkräuter!

Jede Bodenbewegung, auch durch leichte, oberflächliche Bodenbearbeitungen, regt Wildkräuter zum Keimen an. Bei starkem Beikrautauflaufen können diese durch mehrmalige, flache Stoppelbearbeitung oder mehrphasige Saatbettbereitung mit falschem Saatbett reguliert werden. Erst wenn die beschriebenen Möglichkeiten ausreichend bedacht

und aufeinander abgestimmt wurden, sollte entschieden werden, ob Unkräuter noch mit speziellen Geräten oder auf anderen Wegen kontrolliert werden sollen.

Lukas Pfiffner und Herwart Böhm



Wie viel Beikräuter verträgt oder braucht der Weizen?

» Viele Untersuchungen belegen die wichtige Rolle des biologischen Ackerbaus im Schutz der bedrohten Ackerflora. In Bioäckern ist die Vielfalt an Wildkrautarten zwei- bis dreimal höher als bei Bewirtschaftung mit Herbiziden. Eine hohe Anbauintensität, Untersaaten, mehrjähriger Feldfutterbau, eine perfektionierte «Beikrautregulierung» und ein sofortiger Stoppelumbruch wirken sich auch bei biologischer Bewirtschaftung negativ auf die Vielfalt der Flora aus.

Lukas Pfiffner, FiBL

3.6 Bodenverdichtung und ihre Vermeidung

Bodenverdichtung – Schäden von Maschinen am Boden

Bodenverdichtungen entstehen, wenn die von Fahrzeugen verursachten Bodendrücke höher sind als die Tragfähigkeit des Bodens. Jeder Boden lässt sich verdichten, egal ob Sand- oder Tonboden. Bei Tonböden zeigen sich Schadverdichtungen sehr schnell. Fruchtbare Löss-Lehmböden verzeihen scheinbar mehr Fehler. Aber auch hier gibt es Verdichtungen, nur werden die Ertragseinbußen oft nur in Jahren mit Extremwitterung deutlich wahrgenommen. Bei Sandböden erhöhen bereits geringe Schluff- und Tonanteile die Verdichtungsempfindlichkeit.



Ein schwerst verpresster, technisch tiefengelockter Boden vor der Aussaat von Luzerne.



Kleegras-Luzernebewuchs mit ungestörter Bodendurchdringung bis unter 2 Meter Tiefe.

Was tun bei Bodenverdichtung?

Bei einer mechanischen Lockerung des Unterbodens kann es passieren, dass der Boden noch mehr Struktur verliert und dadurch die Wiederverdichtung schlimmer wird als die ursprüngliche Verdichtung, die man beheben wollte. Um das zu vermeiden, muss Folgendes beachtet werden:

- Tiefenlockerung nur dann durchführen, wenn der Boden in Lockerungstiefe trocken ist.
- Das gelockerte Gefüge möglichst noch im gleichen Arbeitsgang durch Ansaat von überjährigen tiefwurzelnenden Pflanzenarten (z.B. Klee gras, Luzerne) stabilisieren.
- Die Bewirtschaftungsweise so ändern, dass sich die Fehler nicht wiederholen.

Wird der Boden verdichtet, so bedeutet dies als Erstes, dass Versorgungsleitungen, die Sauerstoff und Wasser in den Boden leiten, zerstört werden. Dadurch nehmen die Böden Wasser schlechter auf, und es läuft stattdessen oberflächlich ab. Die Lebensbedingungen für Bodenorganismen und Wurzeln verschlechtern sich, weil Luftaustausch und damit Sauerstoff fehlt. Auch physikalisch tiefgründige Böden werden durch Verdichtung ökologisch flachgründig, weil die Wurzeln tiefere Bodenschichten nicht mehr erreichen können.

«Mut zum Warten ist ein Weg, Fehler zu vermeiden»

Die Bodenfeuchte bestimmt am stärksten die Tragfähigkeit eines Bodens, weil Wasser als Gleitmittel zwischen den Bodenpartikeln wirkt. Bei zu viel Wasser trägt die Bodenstruktur nicht mehr. Abzuwarten bis der Boden abgetrocknet und tragfähig ist, braucht meist Nerven, lohnt sich aber langfristig. Eine vorausschauende Fruchtfolge und Sortenwahl, die besonders bei der Saat- und Erntezeit etwas Spielräume lässt, kann hier hilfreich sein. Zwischenfrüchte ziehen im Herbst Wasser aus dem Boden und machen ihn damit tragfähiger zur Herbstsaat.

➤➤ Manchmal wird ein Boden mit schweren Maschinen so sehr verdichtet, dass das Leben kaum mehr durchkommt. Dann müssen wir mit teurer Technik hingehen und die Schäden erstmal grob reparieren. Anschließend muss das Ganze mit einer vollständigen Durchwurzelung wirklich aller Bodenschichten stabilisiert und wieder ins Gleichgewicht gebracht werden. Wir Menschen tragen dafür die Verantwortung.

Sepp Braun, Biobauer in Freising, Deutschland

» Wir mussten ja auch erst lernen, was schwerer Boden eben wirklich heißt. Wenn man einen Spaten hat und man hebt eine Spatentiefe aus und hat Wasser, da ist es vollkommen klar, dass man nichts auf dem Acker verloren hat. Es mag oberfächlich getrocknet aussehen, aber das heißt noch längst nicht, dass man auf den Acker kann. Und das Gefühl dafür muss man auch entwickeln.

Uwe Brede, Biobauer in Hessen



Mit dem Onlandpflug kann außerhalb der Furche gefahren werden. Der noch nicht umgebrochene Boden erleidet weniger Befahrungsschäden. Schlupf und die Bildung einer Pflugschle können vermieden werden. Aber auch beim Onlandpflug gelten die üblichen Praxisregeln zur Vermeidung von Bodenverdichtungen.

Böden tragen besser, wenn sie weniger oft und weniger tief bearbeitet werden. Im unbearbeiteten Boden entwickelt sich durch die Arbeit der Regenwürmer und Kleinstlebewesen ein durchgehendes Porensystem, das für ausreichende Luft- und Wasserführung sorgt. Hier kann es allerdings Konflikte mit Verfahren der mechanischen Unkrautbekämpfung geben.

Der Reifeninnendruck entspricht weitgehend dem Druck auf die Bodenoberfläche bis in etwa 10 cm Tiefe. Dies macht deutlich, dass der Reifeninnendruck gering gehalten werden sollte. Am besten geht das mit modernen Radialreifen, die man im Feld mit sehr geringem Druck fahren kann. Anhänger mit LKW-Bereifung gehören hingegen nicht aufs Feld!

Um zu wissen, wie weit man den Reifendruck verringern kann, muss die Radlast (gewogene Achslast geteilt durch zwei) ermittelt und der für die Radlast und Fahrgeschwindigkeit empfohlene Minimaldruck in der Reifendrucktabelle des Herstellers abgelesen werden. Dieses Vorgehen steigert die Zugkraftübertragung und verringert den oberflächenverschmierenden Schlupf.

Je größer die Radlast ist, desto tiefer geht Druck in den Boden hinein, und zwar weitgehend unabhängig von der Aufstandsfläche der Räder und vom Reifeninnendruck. Breitreifen können also vor Oberbodenverdichtung schützen, bei sehr hohen Radlasten aber nicht unbedingt vor Unterbodenverdichtung. Mit leichteren Traktoren, Anhängern und Maschinen arbeitet man daher generell bodenschonender. Dann sind auch Reifeninnendrucke unterhalb von 1 bar möglich.

Zusätzlich gilt: Je häufiger der Boden befahren wird, desto stärker wird er in der Fahrspur verdichtet. Eine auf die Bedürfnisse des Bodens Rücksicht nehmende Befahrung fördert die Bodenfruchtbarkeit und spart Geld.

Melanie Wild, Markus Demmel und Robert Brandhuber



Dieser sehr kompakte Schluffboden in Hanglage ist physikalisch gesehen mittelgradig verdichtet. Hat die Befahrung diese Verdichtung verursacht oder darf man sie als «gute natürliche Tragfähigkeit für Befahrung» interpretieren? – Nach Jahrzehnten mit starker Erosion wird hier seit über 10 Jahren pfluglos, aber mit Glyphosat gewirtschaftet. Dieser Boden ist regenwurm- und also auch wasserdurchlässig; die Erosion ist gestoppt. Aber die dichte Lagerung und die nur mäßige biologische Aktivität dieses Bodens führen zu einem Mangel an Mittelporen und einer relativ geringen Wasserhaltekapazität.

3.7 Bodenerosion und ihre Vermeidung

Jede mechanische Bodenbearbeitung lockert den Bodenverbund und verringert damit den Energieaufwand, der erforderlich ist, um Bodenmaterial wegzuspülen. Frisch bearbeiteter Boden ohne schützende Vegetationsdecke ist bereits bei geringer Hangneigung durch den Aufprall der Regentropfen und durchziehenden Oberflächenabfluss verwundbar.



Diese Fotos zeigen die Auswirkungen der Erosion. Der verbleibende Boden ist strukturschwach und zeigt eine geringe Auflauftrate – eingesäte Erde aus den Tiefen 0–20 cm (A), 20–30 cm (B) und 30–60 cm (C) unter 700-jähriger Wiese.



» Eigentlich sollte im Landbau unser oberstes Ziel sein, den Boden ständig bedeckt zu haben. Auch im Biolandbau wird dies noch nicht genug beachtet. Zum Beispiel sollte das späte Säen von Getreide im Herbst überdacht werden: der Boden liegt sehr lange nackt da und das Getreide nutzt die verfügbaren Nährstoffe vor dem Winter auch nicht mehr aus. Auch auf Misch- statt Monokulturen sollten wir stärker setzen – hier unterscheidet sich der Biolandbau bisher kaum von anderen Anbauweisen.

Bernd Ewald, Biobater, IBLA, Luxemburg

Der ökologische Landbau bringt grundsätzlich gute Voraussetzungen mit, die die Wasser- und auch die Winderosion mindern: Der Anteil von besonders erosionsgefährdeten Reihenkulturen ist gering, und Klee gras sorgt für gute Bodenbedeckung und wirkt auch nach dem Umbruch stabilisierend auf die Bodenaggregate. Dennoch gibt es Zeiten ohne Bodenbedeckung und der mit dem Einsatz des Pfluges verbundene «reine Tisch» ist noch immer übliche Praxis.

Robert Brandhuber, Markus Demmel und Melanie Wild

Erosionswirksame Kulturmaßnahmen:

- › Quer zum Hang Hecken anlegen. Die Unterteilung eines 200 m langen, erosiven Hangs in zwei 100 m lange Hänge verringert den Bodenabtrag um ein Drittel.
- › Entlang von Bächen breite Grünstreifen, idealerweise mit Baum- und Strauchbewuchs, als Puffer anlegen. Einige Länder bieten dazu Förderprogramme an.
- › Wo möglich quer zum Hang wirtschaften.
- › Auf stark erosionsgefährdeten Feldern auf den Anbau von Kulturen mit weitem Reihenabstand (z.B. Mais) oder mit häufiger Bodenbearbeitung (z.B. Feldgemüse) ganz verzichten.
- › Den Boden mit Zwischenfrüchten und Untersaaten bedecken.

Anforderungen zum Erosionsschutz

- › In **Deutschland** gelten in erosionsgefährdeten Lagen seit 2010 strengere Bestimmungen zum Erosionsschutz im Rahmen von Cross Compliance (Auflagen für Direktzahlungen).
- › In **Österreich** sind die Maßnahmen «Begrünung von Ackerflächen» und Mulch-/Direktsaat mit der biologischen Wirtschaftsweise auf der Einzelfläche kombinierbar und im Rahmen des Agrarumweltprogrammes förderfähig. Ähnliche Fördermaßnahmen bieten deutsche Bundesländer an.
- › In der **Schweiz** gehören Kriterien zu Zwischenfrüchten und Bodenbedeckungsgrad zu den Anforderungen im Rahmen des «ökologischen Leistungsnachweises».
- › In **Luxemburg** werden die Aussaat von Zwischenfrüchten und Untersaaten, die Mulch- und Direktsaat und die Anlage von Erosions- oder Grünstreifen durch ein Agrarumweltprogramm gefördert.

» Je schlechter die Bodenstruktur ist und je mehr Kraft die Pflanze braucht, um den Boden zu durchwurzeln, umso geschwächer ist sie, was sowohl für oberirdische Krankheiten, als auch für Schädlinge eine Rolle spielen kann. Außerdem fördert das Milieu im Boden bei Verdichtungen oft bestimmte Fußkrankheiten. Bei Erbsen, die sehr empfindlich auf Verdichtungen reagieren, erlebe ich das oft. Wenn der Boden zu dicht ist, treten die Fußkrankheiten deutlich stärker auf und sind oft schon im Jugendstadium zu erkennen. Bodenstruktur und Pflanzengesundheit können also stark miteinander in Verbindung stehen. Getreidearten sind meist unempfindlicher als die Erbse.

Harald Schmidt, SÖL



Eine schlechte Oberflächenstruktur muss für jeden verantwortungsbewussten Landwirt ein Alarmsignal sein! Eine gute Bedeckung und gut genährter Lebendverbau in der oberen Bodenkreme sind Grundvoraussetzungen für eine nachhaltige Landwirtschaft. Bilder: Ein Ackerboden ohne (oben) und mit (unten) organischer Düngung nach Starkregen (FiBL-Dauerversuch DOK in Therwil, CH). Ein organisch ernährter und biologisch aktiver Boden vermag das Regenwasser besser aufzunehmen und behält auch nach dem Regen seine Oberflächenstruktur weitgehend bei. Der Boden ist damit vor Erosion besser geschützt.



Untersaaten sind eine wirksame Maßnahme gegen Erosion. Der bodendeckende Bewuchs dämpft den Aufprall der Regentropfen, und die oberflächennahe Durchwurzelung hält den Boden besser zusammen.

Teil 4: Zukunft der Bodenkultur

4.1 Dem Klima Rechnung tragen

Landwirtschaft und Klimawandel sind stark miteinander verbunden. Auf der einen Seite wird die Landwirtschaft durch die Klimaerwärmung bedroht: Zunehmende Trockenheit, aber auch vermehrte extreme Niederschläge und Erosion bringen die Lebensmittelproduktion weltweit in Schwierigkeiten. Andererseits trägt die Landwirtschaft mit etwa 10 bis 15 Prozent zu den gesamten Treibhausgasemissionen bei. Berücksichtigt man Emissionen der Zulieferindustrie (Dünger, Pestizide) und der Urbarmachung von Böden durch Abholzung von Wäldern, beträgt der Anteil sogar bis zu 30 Prozent.

» Die Humusversorgung ist nicht nur für die Bodenfunktionen und Ertragsleistungen entscheidend. Sie bestimmt auch die Kohlenstoffspeicherung der Böden und die meisten Treibhausgasflüsse der Landwirtschaft. Unsere Forschungsgruppe entwickelt in enger Zusammenarbeit mit Praxis und Beratung Humusbilanzmethoden mit dem Ziel, die Fruchtfolge, Düngung und Bodenbearbeitung so zu gestalten, dass sich standortspezifisch optimale Humusgehalte einstellen.

Kurt-Jürgen Hülsbergen, TU München
(Weihenstephan), Freising, Deutschland

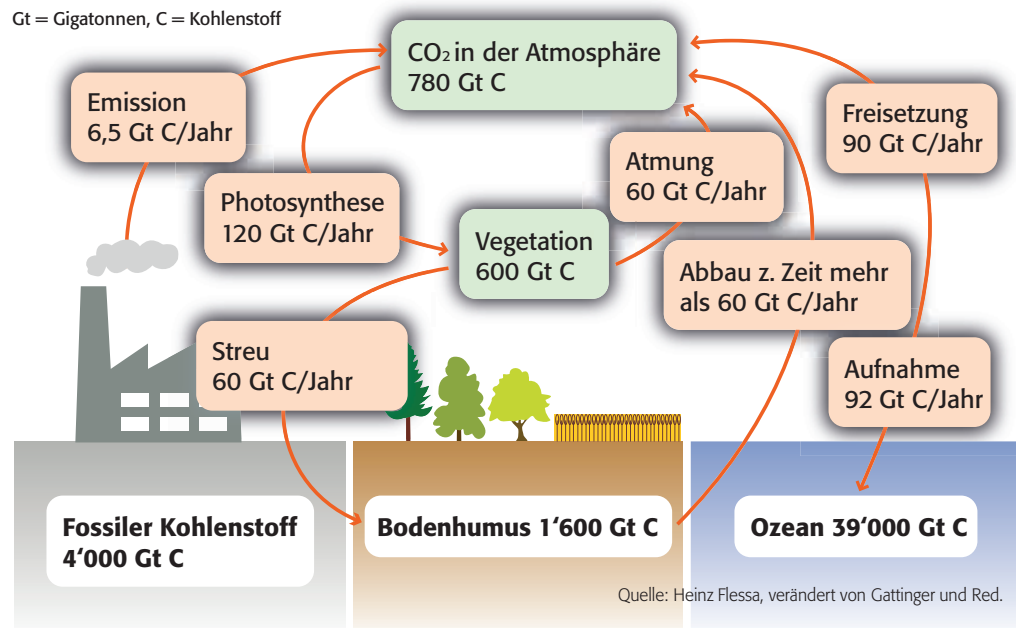
Die Bedeutung der Böden im globalen Kohlenstoffhaushalt

Mit der Photosynthese bauen die Pflanzen aus atmosphärischem CO₂ organische C-Verbindungen auf. Diese werden dann als Wurzelrückstände/-ausscheidungen und Pflanzenstreu an den Boden abgegeben oder als Ernte vom Feld gefahren. Der Bereich der Böden (die Pedosphäre) ist nach den Weltmeeren der zweitgrößte Kohlenstoffspeicher der belebten Erde (der Biosphäre)! In Humus und Bodenleben der Erde sind zirka 1'600 Milliarden Tonnen Kohlenstoff enthalten; das sind deutlich mehr als in Atmosphäre (780 Mrd. t C) und Vegetation (600 Mrd. t C – v.a. Holz) zusammen. Im Boden wird der Kohlenstoff aus Pflanzenrückständen und organischem Dünger teils zu CO₂ veratmet, teils zu Humus umgebaut. Humus besteht zu etwa 60 Prozent aus Kohlenstoff. Bei einem C-Gehalt von 1 Prozent (das entspricht etwa 1,7 Prozent Humusgehalt) sind im Oberboden etwa 45 t C pro Hektar gebunden.

Die Umsatz- und Abbaugeschwindigkeit der organischen Substanz variiert von wenigen Tagen bis Wochen bei frischem Pflanzenmaterial bis zu Jahren oder Jahrzehnten bei Stroh, Stallmist oder reifem Kompost – und zu Jahrhunderten oder Jahrtausenden bei hochvernetztem Humus. Je mehr die Humusverbindungen untereinander und an Tonminerale gebunden und in strukturstabile Bodenkrümel eingebettet sind, desto geschützter sind sie vor Abbauprozessen.

Die Rolle des Bodens im Kohlenstoffhaushalt

Gt = Gigatonnen, C = Kohlenstoff



Der Humusauf- und der Humusabbau spielen in den für das Klima relevanten Kohlenstoffflüssen eine wesentliche Rolle. Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre nimmt zur Zeit jährlich um 3,3 Gt C zu. Der C-Austausch mit dem Kalk, dem mit Abstand größten Kohlenstoffspeicher, geht wesentlich langsamer und ist deshalb hier nicht aufgeführt.

Das Potenzial des Biolandbaus, Kohlenstoff in Böden zu speichern

Weltweite Systemvergleiche zeigen, dass ökologische Anbausysteme jährlich etwa 500 kg mehr C pro Hektar binden können als gängige Vergleichssysteme. Die Böden speichern in den ersten zehn bis 30 Jahren nach der Bewirtschaftungsumstellung zusätzlichen Kohlenstoff. Danach stellt sich ein neues Gleichgewicht ein. Wird jedoch auch im Biolandbau die Fruchtfolge stark vereinfacht, vielleicht sogar der Kleeergrasbau in Hauptfruchtstellung aufgegeben, kann der bestehende Humus definitiv nicht gehalten werden. Auch intensive Bodenbearbeitung regt den Humusabbau an und verbraucht darüber hinaus viel Erdöl.

Breit angelegte Studien in Europa zeigen, dass die meisten Böden zurzeit netto Kohlenstoff in die Atmosphäre abgeben. Ein Grund ist, dass die bereits gestiegenen Durchschnittstemperaturen zu Humusabbau führen, also selbstverstärkend wirken. Aber diese Studien zeigen auch, dass in der Praxis nur eine kleine Minderheit der Betriebe tatsächlich ihr Potenzial zum Humusaufbau nutzt!

Methan und Lachgas

Methan (CH₄) hat eine 20–40-mal stärkere Treibhauswirkung als CO₂. Lebendige und gut durchlüftete Böden nehmen Methan aus der Atmosphäre auf und bauen es ab. Dem steht die Methanerzeugung durch Wirtschaftsdünger entgegen. (Mist-) Kompostwirtschaft erzeugt viel weniger neues Methan als andere Hofdünger.

Lachgas (N₂O) hat sogar eine 310-mal stärkere Treibhauswirkung als CO₂. Es entsteht, wenn im Boden, und sei es nur für kurze Zeit, Sauerstoffmangel herrscht. Je größer die Stickstoffmengen und -konzentrationen sind, die durch Dünger eingebracht werden, desto mehr Lachgas kann entstehen. Daraus folgt, dass einerseits zu hohe Konzentrationen von mineralischem Stickstoff (N_{min}) in der Bodenlösung vermieden und andererseits eine gute natürliche Luftversorgung und Wasserleitfähigkeit des Bodens sichergestellt werden sollte. Untersuchungen haben gezeigt, dass organische Dünger mit hohem Ammonium-N-Gehalten ein großes N₂O-Verlustpotenzial haben. Solche Dünger, wie z.B. Schweine- oder Biogasgülle, können gleich schädlich wirken wie Ammoniumnitratdünger. Es gehört zur hohen Kunst der Landwirtschaft, den N-Eintrag und die N-Mineralisierung aus organischen Verbindungen dem tatsächlichen Pflanzenbedarf anzupassen. Ein eher früher, nicht tiefer Kleeergrasumbbruch mit sofortiger Folgekultur hilft, dass im Winterhalbjahr nach Frost-Tau-Zyklen «unverdaute» Pflanzenreste nicht zu hohen Lachgasemissionen führen.

*Andreas Gättinger, Kurt-Jürgen Hülsbergen,
Adrian Müller, Andreas Fließbach und Hartmut Kolbe*



Tendenziell nimmt grüne Bodenoberfläche CO₂ auf, braune Oberfläche hingegen gibt CO₂ ab.

4.2 Die Stabilität des Agrarökosystems verbessern

Die menschengemachte Klimaänderung wird dazu führen, dass sich in Europa Witterungsmuster ändern und Extreme zunehmen. Die biologische Landwirtschaft kann sich darauf vorbereiten, um auch in schlechten Jahren ausreichende Ernten zu erwirtschaften.

Vor allem geht es darum, mit zu viel oder zu wenig Wasser klarzukommen. Das hat im Pflanzenbau auch Folgen für die Widerstandskraft gegen Fraß und Erkrankungen. Auch die Standfestigkeit bei den mit dem Klimawandel eher zunehmenden Gewitterstürmen könnte bei manchen Kulturen heikel werden.

1. Das Allerwichtigste unter Krisenbedingungen ist ein sehr vitales und vielfältiges Bodenleben. Ein gutes Netzwerk von Bodenlebewesen hilft den Pflanzen, auch bei Knappheit noch die nötigen Nährstoffe und Wasser zu bekommen, sowie im Immunsystem des Boden-Pflanze-Organismus Hilfe gegen Krankheits- und Schädlingsbefall in Schwächezeiten zu finden.
2. Eine durchlässige Bodenstruktur verhindert nicht nur Sauerstoffmangel, sie schützt auch vor Hochwasser und vermindert die Risiken wasserbedingter Oberflächen-, Rillen- und Grabenerosion. Auch braucht der Biolandbau Leichtbaumaschinen, bei denen die Gefahr einer Bodenverdichtung geringer ist.
3. Eine vollständige Bodenbedeckung vermindert den Wasserverlust. Gehölze wie Hecken oder

» Mischkultursysteme, die im Boden und in der Wuchshöhe viele «Stockwerke» belegen, sind die am flächeneffizientesten die Ernährung sichernden Agrarsysteme. Zugleich haben sie die größte genutzte Biodiversität.

Weltagrarbericht, 2009

Agroforst bremsen austrocknende Winde, auch kann Halbschatten durch Gehölze oder Mischkulturen für manche Kulturen ein Vorteil sein (außer unter sehr feuchten Bedingungen), da sie dann ihre Atemöffnungen nicht aus Gründen des Verdunstungsschutzes schließen müssen.

4. Humus kann das 3–5fache seines Eigengewichts an Wasser speichern. Durch z.B. 1 % mehr Humus kann der Boden 40 mm mehr Regenwasser pflanzenverfügbar speichern. Reduzierte Bodenbearbeitung verbessert über einen Humusanstieg im Oberboden die Infiltrationsrate und Wasserhaltefähigkeit.
5. Der Boden muss so tief wie möglich durchwurzelbar bleiben, also darf man keine Sperrschichten verursachen. So können besonders die Tiefwurzler wie Luzerne, Ölrettich und Sonnenblume Trockenphasen besser überstehen.
6. Sorten, die unter biologischen Bedingungen gezüchtet werden, müssen sich mit mehr Beikräutern und Krankheitskeimen auseinandersetzen als solche, die unter dem Schutz chemischer Mittel mit Kunstdünger heranwachsen. Sie werden dadurch automatisch mehr auf Krankheitsresistenz und Durchsetzungskraft selektiert. Ein weiterer Gesichtspunkt der Züchtung ist die Standfestigkeit.
7. Die Trockenresistenz der Pflanzen hängt von Züchtungsaspekten ab (Zellwanddicke, Atemöffnungen u.a.), aber auch von einer ausgewogenen Nährstoffverfügbarkeit während des Wachstums. Den Boden nicht mit Nährsalzen zu versalzen, ist im Biolandbau selbstverständlich.
8. Der Anbau von Mischkulturen ist ertragsstabiler, weil sich hier je nach Witterung bestimmte Pflanzen besser durchsetzen und dabei auch die Ertragsverluste der jeweils schwächeren ausgleichen können. Allgemein kann Vielfalt auf dem Betrieb (z.B. Luzerne fürs Trockene und Klee fürs Feuchte) den Gesamtertrag stabilisieren.

Fazit: Je selbsttragender und stärker die Bodenfruchtbarkeit am jeweiligen Standort ist, desto bes-

ser ist die Stresstoleranz und die Robustheit (Resilienz) auch gegenüber Witterungsextremen. Somit dienen alle Empfehlungen dieser Broschüre auch der Ertragssicherung in schlechten Jahren. Und dazu braucht es noch an Wetterkapriolen angepasste Sorten und Maschinen.

Sepp Braun; Gruppe Boden FiBL und Bioland-Beratung

4.3 Ideen für die biologische Bodenkultur der Zukunft

In seiner bisherigen Entwicklung hat der Biolandbau schon vorbildlich viel erreicht. Biologisch geführte Boden-Pflanze-Organismen sind von sich aus fruchtbarer und stabiler als künstlich ernährte und stark technisch gesteuerte Systeme mit geringer Selbstregulation.

Aber: Je größere Flächen mit nur einer Pflanzensart bestückt sind oder mit nur wenigen Arten im Wechsel, desto weiter weg ist das Ökosystem vom beweglichen Gleichgewicht, wie wir es in natürlichen Wiesen und Wäldern sehen. Die Natur hält meist wenig Monokulturen, schnell brechen sie zusammen. Wir als Ackerbauern aber bestehen darauf und verhindern die von Natur aus in die Äcker hereindrückende Lebensvielfalt mit großem Aufwand von Fremdenergie: Diesel für intensive mechanische Bekämpfung des Spontanwuchses und für die künstliche Bodenstrukturierung. Um es konsequent anders und den wesensgemäßen Bedürfnissen der Bodenfruchtbarkeit entsprechender machen zu können, brauchen wir bei allen Akteuren im Biolandbau Visionen und Innovationen. Einige Anregungen:

Erstens: Weniger auf Einzelserträge, mehr auf Gesamterträge achten

Da extrem hohe Einzelserträge einer Kulturfrucht nur mit sehr einseitig optimierten, hochempfindlichen und pflegeintensiven Sorten zu erzielen sind, müssen wir uns bei nachhaltiger Landwirtschaft vom industriellen Ideal maximaler Einzelserträge verabschieden. Stattdessen können wir aber einen optimalen Ertrag des Gesamtsystems anstreben, der auch gegenüber Witterungsextremen ausreichend robust ist. Vielleicht führt uns das zu Mischkulturen, aus denen zugleich Nahrungsmittel, Futtermittel und Energieträger geerntet werden können; zusammen mit «geernteten Dienstleistungen» wie Klimaschutz, Ressourcenneunutzung und Erhaltung eines regional nachhaltigen Wasserkreislaufs.

Zweitens: Mehr und differenzierter mit den Bodenlebewesen zusammenarbeiten

Regenwürmer, Mykorrhiza-Pilze, Rhizobien-Bakterien und viele andere Bodenlebewesen können noch viel mehr unsere Partner in der Landwirtschaft werden. Unsere Ackerbautechniken sollten auch ihnen gegenüber artgerecht sein.

Das Sprichwort «Der Boden ist der Magen der Pflanze» geht auf die Zeit von Hippokrates zurück. Andere bezeichnen den Boden als den natürlich-kreativen «Kopf» der Landwirtschaft. Dritte sprechen vom «Schoß der Mutter Erde». Alle diese Vorstellungen weisen auf eine Wahrheit hin.



Ihre Lebensbedingungen können wir durch gezielte landwirtschaftliche Praktiken fördern, wie dem Anbau von Wirtspflanzen, Mischkulturen, Klee-grasanbau, schonender Bodenbearbeitung und der Selektion passender Sorten. Zu prüfen ist, ob in speziellen Fällen auch gezielt artspezifische Rhizobien, wie es zum Beispiel bei Soja schon Standard ist, Mykorrhiza-Pilze und weitere Mikroorganismen geimpft werden sollen.

Drittens: Biolandbau braucht andere Sorten

Statt der jetzigen Kulturpflanzen, die ohne Allein-stellung nicht überleben können, brauchen wir «sozialkompetente» Sorten, die auch in naturnäheren Verhältnissen einen guten Stand haben: Vielleicht wird das langstrohige Getreide von selbst seinen Platz an der Sonne finden, mit viel größeren Ähren als heute, aber geringerer Bestandsdichte? Wird es vielleicht mehrjährige Sorten geben, einen guten Staudenroggen, vielleicht in Mischkultur mit Leguminosen-Unterwuchs? Oder gar Kümmel dazwischen oder Pastinake ...?

Viertens: Naturgemäße Maschinen

Der Landbau der Zukunft braucht nicht technikfeindlich zu sein. Wir können Apparate und Maschinen gut brauchen, die der Natur, der Schöpfung dienen – also sie nicht bekämpfen oder den Vorteilen biologischer Landwirtschaft zuwiderlaufen. Konkret kann das zum Beispiel heißen: Leichtmobile statt «Ackerpanzer»? Mäh-drescher, die auch die Beikrautsamen einsammeln anstatt diese auf die Felder zu blasen? Vielleicht sogar für bestimmte Tätigkeiten selektive Jäte- und Erntemaschinen, die sich in einer Mischkultur dank Sensoren und elektronischer Steuerung zurechtfinden?

Fünftens: Bodenkultur braucht Bildung und Kultur

Nicht die Technik, der Mensch ist entscheidend dafür, ob der Landbau als Kultur nachhaltig ist oder nicht. Fruchtbare Bodennatur braucht fruchtbare Menschennatur und kultivierte Böden brauchen kultivierte Menschen. Das ist komplementär zum bekannten Leitspruch: «Gesunder Boden – gesunde Pflanzen – gesunde Tiere und Menschen.» Führt uns das wieder zu mehr Bildungs- und Beratungsarbeit anstatt zu Richtlinien-erfüllung und Kontrollen? Eine Bildungs- und Beratungsarbeit, die sich wieder mehr an unseren Werten und Visionen orientiert und etwas weniger an wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Auflagen seitens des Marktes und der Gesellschaft? Mit mehr wechselseitigem Austausch, Lebens- und Hofentwicklungsberatung vor einer passenden Technik- und Wirtschaftsberatung?



Hafer mit Leindotter ist eine einfache Mischkultur. Bei Mischkulturen besteht noch viel Entwicklungspotenzial.

Sechstens: Nachhaltigkeit braucht die Erneuerung der Kräfte und Ressourcen

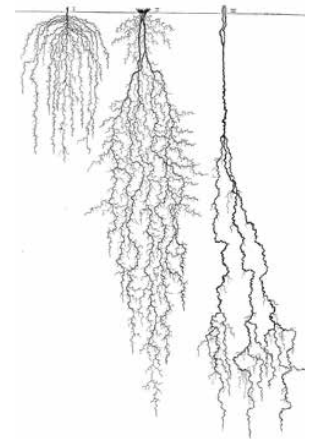
Böden und Menschen werden ausgelaugt, wenn sie mehr geben als aufnehmen. Ausbeutung kann nicht nachhaltig sein. Erneuerbarkeit heißt auch, dass wir lokale, regionale und globale Kreisläufe wieder stärken und auch für Systemänderungen offen sind. Die Zukunft wird zeigen, ob wir Fäkalienkompost herstellen werden oder auch Asche und Kohle aus hofeigener Holzfeuerung in die Böden einbringen werden. Sicher wird wichtig sein, dass die Feldarbeit nur noch auf Energieträger zugreifen wird, die Nachhaltigkeitskriterien wirklich genügen.

Ausblick: Visionen beginnen beim Einzelnen und führen zu Gemeinschaft

Auch von der heutigen Situation des Biolandbaus ausgehend hat unsere Landwirtschaft noch viel vor sich, will sie sich erhalten für Jahrhunderte und Jahrtausende. Es braucht nach wie vor den Mut für Visionen und die Kraft, über Versuche und auch Misserfolge unsere Agrikultur wirklich nachhaltig, zukunftsfähig werden zu lassen.

Es entspricht dem Wesen der Bodenfruchtbarkeit wie auch einem positiv schöpferischen Menschenbild, dass die Weiterentwicklung des Umgangs mit dem Boden im ökologischen Landbau nicht über verschärfte Forderungen in Richtlinien machbar ist. Sie braucht dafür die Freiheit und Entwicklung des Einzelnen und den Austausch und die Hilfe untereinander.

Sepp Braun, Paul Mäder und Nikola Patzel



Biolandbau ist nicht nur eine Frage der Fläche, sondern auch der Tiefe.

» Dass die Bevölkerung Biolebensmittel nachfragt, zeigt, dass in ihr ein Umdenken stattfindet. Biolandbau entspricht somit zunehmend den Bedürfnissen der Menschen. Die Umstellung auf Bio bietet uns auch eine Chance, die Fruchtbarkeit der Erde für zukünftige Generationen zu bewahren.

Jean-Louis Colling-von Roesgen, Luxemburg

Weitere Infos und Beratung

Weiterführende Informationen zu den Themen dieser Broschüre und die elektronische Version finden Sie auf www.bodenfruchtbarkeit.org/grundlagen.html. Die Website informiert zu Fragen der Bodenfruchtbarkeit und Bodenkultur und bietet aktuelle Informationen zu Veranstaltungen und Forschungsergebnissen zum Thema.

Für Beratung wenden Sie sich an:

Bio Austria

Geschäftsfeld Landwirtschaft, A-4020 Linz
Tel. +43(0)732/ 654 884 und alle Bio Austria-Landesbüros
www.bio-austria.at

Bioland Beratung

Auf dem Kreuz 58, D-86152 Augsburg
Tel. +49(0)821/ 346 80-0, kontakt@bioland-beratung.de
www.bioland.de > Erzeuger > Beratung

Demeter e.V.

Brandschneise 1, D-64295 Darmstadt
Tel. +49 (0)6155-8469-37
beratung@demeter.de, www.demeter.de

Naturland Fachberatung

Eichethof 4, D-85411 Hohenkammer
Tel. +49 (0)8137-93 18-35, Fax -19
info@naturland-beratung.de, www.naturland-beratung.de

IBLA Luxemburg

Bernd Ewald (pflanzliche Erzeugung): bernd.ewald@ibla.lu
Daniela Noesen (Tierhaltung): daniela.noesen@ibla.lu
Tel. +352(0)261 51 31

FiBL Schweiz

Hansueli Dierauer (Ackerbau, Bodenbearbeitung, Unkrautregulierung): Tel. +41(0)62 865 72 65, hansueli.dierauer@fibl.org
Martin Lichtenhahn (Gemüsebau, Ackerbau):
Tel. +41(0)32 313 44 60, martin.lichtenhahn@fibl.org

Impressum

Herausgeber:

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)

Ackerstrasse 21, Postfach 219, CH-5070 Frick
Tel. +41 (0)62 8657-272, Fax -273
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org
Postfach 90 01 63, D-60441 Frankfurt a. M.
Tel. +49 (0)69 713 7699-0, Fax -9
info.deutschland@fibl.org, www.fibl.org
Seidengasse 33-35/13, A-1070 Wien
Tel. +43 (0)1 9076313, Fax 313-20,
info.oesterreich@fibl.org, www.fibl.org

Bio Austria

Büro Linz, Ellbognerstraße 60, A-4020 Linz
Tel. +43 (0)732 654 884, Fax -140
office@bio-austria.at, www.bio-austria.at

Bioland Beratung GmbH

Kaiserstraße 18, D-55116 Mainz
Tel. +49 (0)6131 239 79-0, Fax -27
info@bioland-beratung.de
www.bioland-beratung.de

Bio Suisse

Margarethenstraße 87, CH-4053 Basel
Tel. +41 (0)61 385 96 10, Fax -11
bio@bio-suisse.ch, www.bio-suisse.ch

Demeter e.V.

Brandschneise 1, D-64295 Darmstadt
Tel. +49 (0)6155-8469-0, Fax -11
info@demeter.de, www.demeter.de

Naturland - Verband für ökologischen Landbau e.V.

Hauptgeschäftsstelle Gräfelting
Kleinhaderner Weg 1, D-82166 Gräfelting
Tel. +49 (0)89-89 80 82-0, Fax -90
[naturland\(at\)naturland.de](mailto:naturland(at)naturland.de), www.naturland.de

IBLA Luxemburg

13, rue Gabriel Lippmann, L-5365 Munsbach
Tel. +352 261 523 82, Fax. +352 261 13 86
info@ibla.lu, www.ibla.lu

Autorinnen und Autoren: Alfred Berner (FiBL), Herwart Böhm (vTI), Robert Brandhuber

(Lfl. Bayern), Josef Braun (Biobauer, Bioland), Uwe Brede (Biobauer), Jean-Louis Colling-von Roesgen (Biobauer), Markus Demmel (Lfl. Bayern), Hansueli Dierauer (FiBL), Georg Doppler (Biobauer), Bernd Ewald (IBLA), Thomas Fisel (Bioland), Andreas Fließbach (FiBL), Jacques Fuchs (FiBL), Andreas Gättinger (FiBL), Hansueli Häberli (Biobauer), Jürgen Heß (Uni Kassel-Witzenhausen), Kurt-Jürgen Hülsbergen (TU München), Martin Köchli (Biobauer, Bioforum), Hartmut Kolbe (Lfl. Bayern), Martin Koller (FiBL), Paul Mäder (FiBL), Adrian Müller (FiBL), Peter Neessen (Biobauer), Nikola Patzel (FiBL), Lukas Pfiffner (FiBL), Harald Schmidt (SÖL), Stefan Weller (Bioland), Melanie Wild (Lfl. Bayern)

Koordination und Redaktion: Nikola Patzel und Gilles Weidmann (FiBL)

Redaktionelle Mitarbeit: Annegret Grafen (Bioland), Stephanie Klaedtker und Steffi Zimmer (IBLA Luxemburg)

Durchsicht: Max Braun, Michaela Braun, Jean-Louis Colling-von Roesgen, Marc Emering, Thomas Fisel, Ernst Frischknecht, Christa Größl, Stephan Jaun, Tom Kass, Amand Keiser, Martin Köchli, Stefan Kimmelman, Andreas Koopmann, Jürgen Lütjens, Paul Mäder, Peter Neessen, Dieter Petsch, Alfred Schaller, Bernhard Schreyer, Ingrid Schuler-Knapp, Walter Sorms, Ann-Kathrin Spiegel, Henning Untiedt, Christian Vögeli, Manfred Weller, Stefan Weller, Markus Wiggert, Klaus-Peter Wilbois, Birgit Wilhelm

Gestaltung: Claudia Kirchgraber (FiBL)

Bildnachweis:

Thomas Alföldi (FiBL): S. 7 (3), 10 (1), 13 (2), 18, 25 (1), 29; Amt für Umwelt Kanton Solothurn: S. 6 (1); Michaela Braun (Bioland-Beratung): S. 11, 23 (1), 24 (2), 31 (1); Christophe David (Agropole-Isara, Lyon): S. 27 (3); Hansueli Dierauer (FiBL): S. 10 (2), 17 (1); Otto Ehrmann (Bildarchiv Boden): S. 1, 2, 4, 7 (1), 30; Heinz Flessa (vTI)/Andreas Gättinger/Claudia Kirchgraber (FiBL)/Red.: S. 28; Andreas Fließbach

(FiBL): 27 (1), 27 (2); Jacques Fuchs (FiBL): S. 14, 17 (2), 19; Fritz Häni (privat): 7 (2); Theo Haslbeck (Landwirt Geiselhöring): S. 24 (1); Martin Koller/Alfred Berner/Claudia Kirchgraber (FiBL): S. 16; Martin Koller (FiBL): S. 20, 21 (2); Lore Kutschera (†) : 31 (2); Paul Mäder (FiBL): S. 9; Nikola Patzel (FiBL): S. 5, 21, 25 (2), 26; Lukas Pfiffner (FiBL): S. 23 (2); Lukas Pfiffner/Claudia Kirchgraber (FiBL): S. 8; Katharina Schertler (Bioland-Beratung): S. 22; Soil Association: S. 3 (5); Strotmann/dlz agrarmagazin: S. 6; Manfred Weller (Bioland-Beratung): S. 12 (3, 6); Stefan Weller (Bioland-Beratung): S. 12 (1, 2, 4, 5), 13 (1); www.oekolandbau.de, ©BLE, Dominik Menzler: S. 15; zVg: S. 3 (1, 3, 4, 6)

ISBN 978-3-03736-208-2

FiBL-Best. Nr. 1576

Preis: 7.00 €, 9.00 CHF (inkl. MwSt., zuzüglich Versandkosten)

Alle in diesem Merkblatt enthaltenen Angaben wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt und von ihnen sowie den beteiligten Verlagen mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch sind Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben usw. ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie der Autoren oder der Verlage. Beide übernehmen deshalb keinerlei Verantwortung und Haftung für etwa vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten.

© Bio Austria, Bioland, Bio Suisse, Demeter, Naturland, IBLA & FiBL

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung der Verlage unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

2. Auflage 2013