

Wie funktioniert Bodenaufbau?

4 Interviews zum Bodenaufbau

Mit Gerhard Dumbeck, Sepp Braun,
Friedrich Wenz und Paul Mäder

Hellmut von Koerber

www.flexinfo.ch

hellmut.koerber@flexinfo.ch

Im Auftrag der

GLS-Treuhand

www.gls-treuhand.de

Inhaltsverzeichnis

Einführung	3
Interview Gerhard Dumbeck	4
1. Herstellung des Bodens - Verteilung und Planierung	4
2. 7 Jahre Aufbau	5
3. Humuszuwachs	5
4. Bodenpunkte und Ertrag	6
Zusammenfassung	6
Interview Sepp Braun	7
1. Hoher Blattflächen-Index	7
2. Mehrjährige Pflanzen	8
3. Agroforst	8
1. Bodenphysik	9
2. Bodenchemie	9
3. Bodenbiologie	9
Details	10
Zusammenfassung	11
Interview Friedrich Wenz	12
1. Bodenchemie	12
2. Dichter, ganzjähriger Pflanzenbewuchs	13
3. Flächenrotte	13
4. Rottesteuerung	14
5. Vitalisierung der Pflanzen	14
6. Bodenbearbeitung – Verdichtungen beheben	14
7. Unkraut spielt keine Rolle	15
Zusammenfassung	15
Interview Paul Mäder	16
1. Lebendiger Oberboden oder Kohlenstoffspeicherung?	16
2. Untersuchungen	16
3. Common Sense	17
4. Messen	17
5. Förderlich	17
6. Belastungen	17
7. Chancen	18
Zusammenfassung	18
Vergleich	18
Zukunftsmusik	19
Links	20

Einführung

Aus der Diskussion mit Nicolai Fuchs von der GLS-Treuhand über mögliche Projekte zum Thema Boden, wie man vom Raubbau zur Regeneration von Böden und Klima kommen kann, ergaben sich die Fragen:

Wie geht das überhaupt, Bodenaufbau? Und wo? **Wo sind die Beispiele, wo das wirklich funktioniert?**

Nach 30 Jahren erfolgreichem Ökolandbau in Praxis, Markt und Forschung ist immer noch nicht klar, wie man sicher und auch im großen Stil Böden wiederherstellen, Humus aufbauen und über Wasserkreisläufe, Biodiversität und die Bindung von Kohlenstoff auch zur Regeneration des Klimas beitragen kann.

Biolandbau kann gut die Bodenfruchtbarkeit erhalten und Wasser und Biodiversität schützen aber bisher keinen wesentlichen Beitrag zur Minderung der Treibhausgase leisten. – gibt Paul Mäder vom Schweizer Forschungs-Institut für Biolandbau FiBL den Stand der Forschung wieder.

Aus der Praxis, aber auch aus der internationalen Forschung – Stichwort regenerative Agrikultur, kommen dazu neue, vielversprechende Ansätze. Sie erheben den Anspruch gleichzeitig Boden, Vegetation, Wasser, Biodiversität, Produktivität kontinuierlich zu verbessern und die Vitalität von Boden, Pflanzen, Mensch und Tier zu erhöhen. Die gleichen Ziele wie im Ökolandbau mit frischem Wind.

Da die Pioniere viel Herz und Arbeit in die Entwicklung stecken, aber kaum auch noch ausführlich dokumentieren und messen können, haben wir uns gesagt:

Wenn wir auf die Schnelle noch keine Beispiele finden können, wo sich der Bodenaufbau sicher belegen lässt, dann fragen wir doch erst mal 4 Fachleute – 2 Bauern, Pioniere des Bodenaufbaus mit breitem Hintergrundwissen und 2 Bodenkundler mit viel Erfahrung in der Praxis:

- **Wie funktioniert Bodenaufbau?** Wie funktioniert Humusaufbau? Muss man das unterscheiden?
- **Was ist Euch dabei wesentlich?**
- ... und wie geht es weiter?

Uns ging es um die persönliche Sicht der Fachleute, deren Grundverständnis des Zusammenspiels im Boden und darüber und um ihre Perspektive.

Die Interviews [fanden im Oktober 2016 statt](#), haben jeweils 2 Stunden gedauert. Sie werden sinngemäß, nicht wortwörtlich wiedergegeben, zusammengefasst aus den Notizen, dem Mitschnitt des Gesprächs und teils nochmal aus Rückfragen und Antwortend der Interview-Partner.

Es folgen die 4 Interviews mit Gerhard Dumbeck, Sepp Braun, Friedrich Wenz und Paul Mäder in zeitlicher Reihenfolge, ergänzt um Vergleich und Ausblick aus meiner Sicht und eine aktuelles Auswahl von Links zum Thema.

Interview Gerhard Dumbeck

Gerhard Dumbeck war als Bodenkundler bei **Rheinbraun und RWE** verantwortlich für die **Rekultivierung der großen Braunkohle-Tagebau-Gebiete**. Er hat dort **30 Jahre die Wiederherstellung von ca. 12 000 ha Böden** für Land- und Forstwirtschaft **begleitet**. In den rheinischen und ostdeutschen Abbaugebieten liegen unterschiedliche Böden vor. Im Interview geht es überwiegend um die **rheinischen Abbaugebiete**, die mit **bis zu 20 m Löss** bedeckt waren.

Heute ist Gerhard Dumbeck in Rente, aber immer noch als Berater tätig für Rekultivierung und Bodenaufbau - nicht nur nach Braunkohle-Tagebau.

Was ist wesentlich für den Bodenaufbau?

Zu Beginn der **Rekultivierung** ist erstmal nur ein Rohboden vorhanden. Der Bodenaufbau umfasst hier die **Herstellung** des Bodens und eine **7-jährige Aufbau-Phase durch Bewirtschaftung** vor der Übergabe der Böden an Landwirte.

Auf der Gewinnungsseite (wo der Boden abgetragen wird) werden alle für die landwirtschaftliche Folgenutzung verwertbaren kulturfähigen Bodenmaterialien getrennt abgebaggert und in der Regel nicht zwischengelagert. Das Bodenmaterial wird in der Regel unmittelbar auf der zuvor hergerichteten Rohkippe (Unterbau für neuen Boden) aufgetragen. Bei den Lössböden wird dabei der humushaltige Oberboden nicht von der Lössschicht darunter getrennt, da der Löss nach dem Verteilen so locker ist, dass keine zweite Schicht mit Oberboden aufgebracht werden kann. Das würde zu massiven Verdichtungen führen.

Das abgebaggerte und verteilte Bodenmaterial besteht aus einer Mischung von Ackerkrumen-, Lösslehm- und Lössmaterial. In Abhängigkeit des Wassergehalts entstehen im Zuge der Umlagerung teils Bröckel und Klumpen, überwiegend jedoch so genannte Rollaggregate, die sonst in der Natur nicht vorkommen. Der Gehalt an organischer Substanz beträgt anfangs nur 0.04 M.-% Humus (C_{org}).

1. Herstellung des Bodens - Verteilung und Planierung

Mit großen Absetzern wird das gewonnene Bodenmaterial in einer Mächtigkeit von 2 m (im gesetzten Zustand) großflächig aufgetragen. Durch das Schwenken des Absetzers entstehen bogenförmige **Schüttkegel von etwa 1m Höhe**.

Der aufgetragene Löss ist extrem locker und hat nur eine geringe Tragfähigkeit. Daher braucht es zum **Planieren Spezialraupen** mit sehr breiten und langen Kettenlaufwerken. Selbst bei verbesserter Verteilung mit kleineren Schüttkegeln (beim so genannten Kleinabsetzerverfahren) würden Traktoren im lockeren Löss wie in Treibsand stecken bleiben.

Zu Beginn der großflächigen landwirtschaftlichen Rekultivierung hatte der Einsatz **standardmäßig ausgestatteter Planierraupen** zu **großflächigen Verdichtungen im Unterboden** geführt. Weder Humuseintrag noch Pflanzenwurzeln – ebenso wenig wie Regenwürmer – konnten diese Bodenverdichtungen beseitigen. Diese **undurchlässigen Sperrschichten** führten zu massiven Problemen, die sehr aufwendig behoben werden mussten. Neben **nachträglicher Drainage** mussten erst **neue Rüttelgeräte zur aktiven Tieflockerung** entwickelt und eingesetzt werden. Die erforderliche Zugkraft zur Beseitigung der Bodenverdichtungen war so hoch, dass der Einsatz gängiger landwirtschaftlicher Maschinen nicht infrage kam. Erst nach Durchführung dieser umfassenden Lockerung war auf diesen Flächen ein normaler Kulturpflanzenanbau möglich. Diese Probleme sind seit ca. 30 Jahren gelöst und treten nicht mehr auf.

Entstehung der Rollaggregate

Bei einer bestimmten Feuchtigkeit können auf den nicht überdachten Förderbändern durch Rollbewegungen 5-10 mm und teils auch größere, stabile **Lösskügelchen** entstehen, die sich u.a. auch am Fuße der Schüttkegel ansammeln. Durch das Aneinanderlagern dieser Rollaggregate kommt es zu sehr günstigen Gefügeverhältnissen, die die Durchwurzelbarkeit, die Durchlüftung und die Wasserinfiltration positiv beeinflussen. Sie wurden entdeckt, weil dort die Pflanzen wunderbar wuchsen - auch bei Nässe und massiven Schäden auf dem Rest der Fläche. Dieser Effekt wird bisher aber nicht gezielt erzeugt und genutzt.

2. 7 Jahre Aufbau

Zentral für den Bodenaufbau ist die **Durchwurzelung durch Kulturpflanzen sowie die Lebendverbauung durch Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukte**, um die **Funktionsfähigkeit** des Bodens und auch die für die Landwirtschaft nötige **Tragfähigkeit** zu erreichen. Die bodenschonende Bewirtschaftung wird mit Ackerschleppern durchgeführt, die über eine Breitbereifung mit **0,8 bar Reifeninnendruck** verfügen.

Zu Anfang wird 3 Jahre lang Luzerne, ein Tiefwurzeler und Stickstoffsammler, angebaut. Danach meist Getreide und Zwischenfrüchte, aber auch Zuckerrüben oder Raps.

Im lockeren Löss ergibt sich eine sehr gute, homogene **Durchwurzelung**. Das kann man bei **Aufgrabungen** und Wurzeluntersuchungen sehr gut sehen. Dazu wird mittels eines Minibaggers eine Profilgrube der Größe 1,5 m x 4,0 m und 1,8 m Tiefe angelegt. Somit kann man in die Profilgrube steigen und ein **komplettes Bodenprofil** ansehen, fühlen und riechen und auch die **Wurzeln freilegen**. In kurzer Zeit ist über diese feldbodenkundliche Methode eine sichere **Sofort-Analyse vor Ort** möglich. Zur Ergänzung der Materialansprache werden **Bohrkerne** (Pürkhauer-Bohrstock) aus der angrenzenden Fläche entnommen. Werden bodenphysikalische Untersuchungen beispielsweise mittels Stechzylinder durchgeführt, liegen die Ergebnisse der **Labor-Analysen** dagegen erst **nach 6-8 Wochen** vor.

Bei den Aufgrabungen lassen sich auch noch **nach 25 Jahren die Spuren der Verdichtung**, der Bodenlockerung und der Lockerungsgeräte sehen. In der Tiefe, in der die Lockerungsschare gelaufen sind (90 cm) und gemäß des Abstands (80 cm) zwischen den Werkzeugen, finden sich schmale Schleifsohlen der Schare. Darüber ist krümeliger, durchwurzelter Boden. Dazwischen bleiben unterhalb von etwa 50 cm verdichtete und kaum durchwurzelte Bereiche, wo der Boden zuvor extrem verdichtet war. [Skizze]

3. Humuszuwachs

Der **Humuszuwachs** ist eher **bescheiden**. Er kommt, wie auch der **C-Anteil im Ertrag**, im Wesentlichen **aus der Luft** durch Photosynthese vor Ort und Einbringen der Pflanzenreste in den Boden.

Humus wurde nur in geringen Mengen von außen zugeführt. Import von C_{org} bringt auch in größeren Mengen kaum dauerhaften C-Zuwachs im Boden. Außerdem bestehende gesetzliche Obergrenzen in der Ausbringungsmenge.

Bei **einem Ausgangswert von 0,4 M.-%** Humus konnte der **Humusgehalt** um 0,02-0,03 M.-% jährlich verbessert werden, in 10 Jahren auf 0,6-0,7 M.-%. **Umfangreiche Studien** ergeben eine **Sättigung des Humusgehaltes** auf den Rekultivierungsflächen nach 30 Jahren konventionellen Anbaus **bei ca. 1.5 M.-% C_{org}** .

4. Bodenpunkte und Ertrag

Im Zuge des Flächentauschs (Bodenschätzung, Flurbereinigung) erhalten die Landwirte einen 10 %igen **Abschlag auf die ermittelten Bodenwertzahlen**. Über den Tausch auf Basis der Ertragsmesszahlen können somit erhebliche Flächenzuwächse für die Landwirte realisiert werden.

Rheinbraun übernimmt eine **Garantie** für die übergebenen Böden und beseitigt auch Schäden wie nachträglich auftretende Verdichtungen.

Löss hat eine **sehr gute Speicherkapazität für Wasser und Nährstoffe**. Schon bei geringem Humusgehalt können **überdurchschnittliche Erträge** erwirtschaftet werden. Schon in der Aufbauphase werden gute, teils überdurchschnittliche Erträge erreicht.

Der Boden ist sehr gut bei sorgsamer Bearbeitung, aber sehr locker. Durch die geringe Tragfähigkeit ist er sehr empfindlich für falsche Bearbeitung oder das Befahren bei Nässe: Rübenernte im Schlamm z.B. ist fatal.

Risikofreudigen, weniger bodenschonend wirtschaftenden Landwirten wurden daher bevorzugt Altlandflächen mit gewachsenen Böden angeboten.

Zusammenfassung

Gerhard Dumbeck hat für Rheinbraun und RWE die Herstellung der Böden nach **Braunkohle-Tagebau** über mehrere Jahrzehnte erfolgreich begleitet. Der neu aufgetragene Lössboden ist sehr locker und bei geringer Tragfähigkeit extrem anfällig für Verdichtungen. Bei **Verdichtungen** im Unterboden hilft auch der Eintrag größerer Mengen organischer Substanz nichts. Es gab massive Probleme. Mit nachträglich verlegten Drainagen und dem Einsatz von Spezialgeräten zur Bodenlockerung konnten diese Verdichtungen behoben werden. Die Schäden und Spuren der Lockerung sind noch nach 25 Jahren im Bodenprofil sichtbar. Bei neuem Aufbau kann das jetzt sicher vermieden werden.

Im locker lagernden Löß ergibt sich eine extrem **homogene Durchwurzelung**. Die Aufbauphase startet mit 3 Jahren **Luzerne**-Anbau, dann **Getreide u.a.**, nach 7 Jahren Übergabe an Bauern. Die haben teils sofort **überdurchschnittliche Erträge**, dank der hohen Speicherkapazität des Lössbodens für Wasser und Nährstoffe.

Rekultivierung und Betrieb arbeiten alle mit **konventionellem Anbau**.

Bei **einem Ausgangswert von 0,4 M.-%** konnte der **Humusgehalt** um 0,02-0,03 M.-% jährlich verbessert werden, in 10 Jahren auf 0,6-0,7 M.-%. **Umfangreiche Studien** ergeben eine **Sättigung des Humusgehaltes** auf den Rekultivierungsflächen nach 30 Jahren **bei ca. 1.5 M.-%**. Vergleichbare Altlandflächen der Gegend haben oftmals auch nur 1,5 -1,7 M.-% Humus. In den kommenden Jahren sind **ausführliche Messungen** bei weiteren Rekultivierungen **geplant**.

Interview Sepp Braun

Unseren Familienbetrieb bewirtschaften wir seit 1988 nach den organisch-biologischen Richtlinien von Bioland.

Mit Tagwerk verbindet uns der Grundgedanke der regionalen Vernetzung von Erzeugern und Verbrauchern.

Wir arbeiten in Partnerschaft mit der Natur und versuchen die Naturgesetze von Boden, Pflanzen, Tier und Mensch am Hof zu verstehen.

Aus der Homepage biolandhofbraun.de

Sepp Braun (bei Bioland Bayern im Vorstand) bewirtschaftet mit seiner Familie einen vielfältigen organisch-biologischen Milchviehbetrieb, heute mit Weiterverarbeitung in Käserei und Catering.

Neben Acker und Weiden stehen schnellwachsende **Hecken** (Agroforst). Die Hackschnitzel werden vor Ort in einem **Pyrolyse-Blockheizkraftwerk** (BHKW) in Strom, Wärme und Bio-Kohle umgesetzt. Strom und Wärme versorgen Hof und den Elektro-Kleintransporter.

Die Kühlung der großen **Photovoltaik-Anlage** auf dem Dach des Heustocks erhöht deren Wirkungsgrad und wird mit der Abwärme aus dem BHKW zur **Heutrocknung** genutzt. Dort wird frischer Klee-Grasschnitt so getrocknet, dass auch **Feinbestandteile wie Blüten erhalten** bleiben und nicht beim Wenden auf der Wiese schon ausfallen. Das führt zu **hochwertigem Futter**. Die Tiere bleiben gesund, kaum Kosten für den Tierarzt. Auf den Weiden und in einem komfortablen Stall leben meist **mehrere Tierarten zusammen**. Die Tiere treten den Mist mit frischem Stroh nach und nach fest. Dadurch konserviert sich der Mist wie Sauerkraut. Dieser Tretmist wird anschließend mit der Bio-Kohle versetzt, kompostiert und gleichmäßig auf Grünland und Äcker verteilt.

Sepp Braun arbeitet schon seit 20 Jahren auf dem gesamten Ackerland mit einer 7-jährigen Fruchtfolge mit 3x Klee gras und 4x Getreide und ganzjährigem Bewuchs. Dieses Grundprinzip wird immer weiter optimiert. Die Klee gras-Mischungen wurden **um vielfältige und tiefwurzelnde Kräuter** ergänzt.

Entscheidend ist die Energie-Effizienz:

Über dichte Vegetation (hoher Blattflächen-Index) viel Sonnenergie ins System bringen und für Ertrag und Bodenaufbau nutzen.

Was ist wesentlich für den Bodenaufbau?

1. Hoher Blattflächen-Index

Reduzierte Bodenbearbeitung oder andere technische Ansätze lösen das Problem nicht. Es geht nicht um Pflug oder nicht. Man muss sich an der Natur orientieren:

Der **Mischwald** hat eine Photosynthese-Leistung doppelt so hoch wie die effizienteste C4-Pflanze Mais. Durch den dichten ganzjährigen Bewuchs wird doppelt so viel Sonnenenergie in organische Kohlenstoffverbindungen umgesetzt.

In **Monokulturen** einjähriger Getreide-Pflanzen z.B. setzt Mitte Juni die Gelbreife ein. Ohne Unterwuchs – der Acker wird ja unkrautfrei gehalten - stoppt dort die Photosynthese ausgerechnet in den Monaten mit der höchsten Sonnenstrahlung. *Das ist doch Steinzeit! Würden Sie eine Solaranlage in den Sommermonaten außer Betrieb setzen?*

Man muss auch auf dem Acker dazu kommen, über einem hohen Blattflächen-Index viel Sonnenenergie einzufangen und für Ertrag und Bodenaufbau zu nutzen. **Bisherige Agrarsysteme mit einjährigen Monokulturen sind dazu nicht in der Lage und sind nur mit massivem Input von Nährstoffen und Bioziden ertragreich.**

Es braucht eine völlig andere Landwirtschaft. Und dazu eine massive Ausdehnung der Forschung.

Fruchtfolge auf dem Hof Braun

Hauptfrucht, Untersaaten und Zwischenfrüchte ergänzen sich in ihren Funktionen und ergeben einen dichten Bewuchs mit großer Blattfläche über das ganze Jahr.

Die **Fruchtfolge auf dem Hof Braun** beginnt mit dem **2-jährigem** Anbau einer **vielfältige Klee gras-Kräuter-Mischung** für die Fütterung.

Die klassische Klee gras-Mischung wurde **um vielfältige und tiefwurzelnde Kräuter** ergänzt. Die **Luzerne** liefert dabei die wichtigste Schwefel-haltige essentielle Aminosäure **Methionin**, pro Hektar 4x so viel wie Soja.

Mit dem **Sommergetreide** (Hafer oder Futtergemenge) wird im Frühjahr eine **Mischung** von Leindotter, Gelb-Klee, Weiß-Klee, Bockshorn-Klee, Hornschuh-Klee und Weidelgras ausgebracht. Diese **Untersaat** wächst nach der Ernte des Getreides durch und bleibt **als Zwischenfrucht** bis zum Herbst stehen.

Wintergetreide (Weizen oder Roggen) wird dann im Herbst mit der **Klee gras-Kräuter-Mischung als Untersaat** ausgesät. Auch hier wächst nach der Ernte der Hauptfrucht die **Untersaat** durch und bleibt noch 1 ½ Jahre als **Futtermischung** stehen.

Danach kommt in der gleichen Zusammensetzung **nochmal Sommergetreide und Wintergetreide**. Im Wintergetreide wächst die Klee gras-Kräuter-Mischung schon als Untersaat mit und bleibt dann noch 2 ½ Jahre stehen. So beginnt damit schon wieder der nächste 7-Jahreszyklus.

Während der beiden langen Klee gras-Phasen wird nur geerntet (Getreide und Grasschnitt). Der Boden wird nicht bearbeitet: **Bodenruhe**.

2. Mehrjährige Pflanzen

Der Boden wird so nicht zusätzlich verdichtet und die **mehnjährigen Pflanzen** der Klee gras-Mischung haben auch Zeit, den **Unterboden zu durchwurzeln**. Die tiefe Durchwurzelung erschließt den Unterboden für **alle Funktionen der Bodenfruchtbarkeit**. Luft-, Wasser- und Nährstoff-Speicher, Filter für das Grundwasser und Lebensraum für das Bodenleben und seine vielfältigen Aktivitäten.

Natürliche Ökosysteme enthalten in der Regel 80% mehrjährige Pflanzen. Das ist das Vorbild.

Der Einsatz mehrjähriger Pflanzen auf dem Acker beginnt mit dem **Feldfutterbau**. Zunächst für die Wiederkäuer, dann auch für die Monogastrier (Schweine, Hühner). Die Züchtung mehrjähriger Getreide- und Gemüsesorten bleibt eine große Aufgabe.

3. Agroforst

Mit **Gehölzen** gelingt die Durchwurzelung bis in die Tiefe von mehreren Metern. Sepp Braun nutzt breite Hecken.

In **Waldgartensystemen** und verschiedenen Varianten der **Permakultur** entstehen weltweit neue Ansätze von **Agroforst**-Systemen. Im Süden geschieht das weitgehend in **Handarbeit**, im Norden mit der Herausforderung, die Vielfalt von Agroforst-Ökosystemen mit **Landtechnik**, Markt und Vorschriften unter einen Hut zu bringen.

Diesen Agrarökosysteme gemeinsam ist eine besonders **große Vielfalt und Fülle** an Lebewesen, ihren Aktivitäten, Blattfläche und neu gebildeter Biomasse.

Zurück zum Bodenaufbau. Wichtig ist auch das

Zusammenspiel der physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse im Boden.

Man muss den Boden als Ganzes betrachten, auch aus diesen 3 Perspektiven:

1. Bodenphysik

Für die Speicherung von Luft und Wasser und die vielfältigen Prozesse im Boden braucht es ein **hohes Porenvolumen**, am besten je 1/3 grobe, mittlere und feine Poren.

Bei stark **verdichtetem Boden** braucht es **mechanische Lockerung** (egal wie, nur kein tiefes Wenden, Zweischichten-Pflug ist ok). **Pflug oder nicht Pflug ist die falsche Frage**. Bodenlockerung darf nur bei trockenem Boden z.B. im Juli oder August vorgenommen werden. 30 cm tiefes Wenden im Oktober oder November oder bei nassem Boden dagegen ist fatal für den Boden. Das führt zu großflächigen Verdichtungen und Fäulnis, Sperrschichten und massiven Störungen.

Der gelockerte Boden muss anschließend **durch Pflanzenwurzeln stabilisiert, lebend verbaut** werden. Der Boden ist wie ein Ständerbauwerk mit den Wurzeln als Ständern. Ohne Wurzeln fällt der Boden wieder zusammen.

Zur Stabilisierung werden Klee gras oder Getreide mit Untersaaten ausgebracht, Pflanzen-gemeinschaften mit starkem Wurzelwachstum. Die Lockerung kann mit geeigneten Zinken oder Flügelscharen auch unter einer Pflanzendecke erfolgen, deren Wurzeln danach sofort weiter wachsen und den Boden wieder stabilisieren.

Bodenverträglich sind leichte Fahrzeuge mit einer **Achslast bis 5 t** und einem **Reifendruck bis 0,8 bar**.

2. Bodenchemie

Der Ernährungsschemiker [William Albrecht](#) hat in den 50er Jahren die Asche von Pflanzen, Tieren und menschlichen Zellen untersucht und festgestellt, dass sie die gleiche Zusammensetzung an chemischen Elementen (Ca, Mg, P...) aufweisen, obwohl die Verteilungen der Elemente in den verschiedenen Böden stark voneinander abweichen. Daraus entstand eine Methode der Bodenuntersuchung die heute von [Neal Kinsey](#) weitergeführt wird. Albrecht hat damals schon aufgrund der Mineralstoffmängel in den Böden die Zunahme von Krankheiten wie Parkinson, Alzheimer, Allergien, Infektionen und Krebs vorausgesagt.

Die ausgewogene Verfügbarkeit der verschiedenen Elemente ist Voraussetzung einer vollwertigen Ernährung und Gesundheit von Pflanzen, Tieren und Menschen. So treten z.B. bei einem Ausbruch der Maul- und Klauenseuche 85% der Fälle in Gebieten mit **Kupfermangel** auf, aber nur 15% in Gebieten mit hohem Kupferanteil im Boden.

[Hans Peter Rusch](#) – einer der Väter des organisch-biologischen Landbaus - hat damals schon den Einsatz von Stadtkomposten und Steinmehlen empfohlen, um die Verfügbarkeit der verschiedenen Elemente zu sichern.

Nach einer Analyse der **wichtigsten Elemente** im Boden ist es wichtig, **kurzfristig deren Zusammensetzung gezielt auszugleichen**, damit langfristig über vitale Pflanzen und vielfältiges Bodenleben die Elemente in der richtigen Zusammensetzung aus dem Bodenvorrat freigesetzt werden können. Je vitaler Pflanzen und Bodenleben, desto besser funktioniert diese *aktive Nährstoffmobilisierung* ([Edwin Scheller](#)), und desto weniger muss man von außen nachhelfen.

Sonnenblumen z.B. sind Kalipumpen. Sie machen **Kalium** im Boden verfügbar.

Das 4-10-fache der **Phosphor**-Mengen aus den knappen Lagerstätten liegt festgelegt in den weltweiten Böden. Vor Ort braucht es nur noch mobilisiert werden, ganz nach Bedarf und Aktivität von Pflanzen und Bodenleben.

3. Bodenbiologie

Die Grundlagen der Bodenbiologie wurden nach [Annie-Francé Harrar](#) kaum weiter erforscht.

Weltweit finden sich in intakten Böden ganzähnliche Muster von Mikro-Organismen und Pilzen, obwohl die Böden sehr verschieden sind. Wir müssen Wege suchen solche ausgewogenen Muster wieder herzustellen.

Wir müssen in unserem Denkmodell wegkommen vom Bekämpfen hin zu Kooperation, Symbiosen und Partnerschaft. Wir müssen alles tun, dass es Pflanzen und Tieren gut geht. Dann kommt Gesundheit, Aktivität und Ertrag von selber. Welche Bedürfnisse hat Weizen? Wie will er wachsen, als Chef einer Lebensgemeinschaft mit vielen anderen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen?

Wir müssen hier – in einer Welt ohne Hunger – Modelle finden, wie auch im Süden Kleinbauern ihre Erträge und die Qualität (z.B. Gehalt an Mineralien und Antioxidantien wie Salvaströlen) erhöhen können.

Wir müssen wegkommen von hohen Ertragserwartungen (z.B. 80-90 dz/ha bei Weizen). Es geht um Mischerträge, eine möglichst hohe Gesamtleistung der Photosynthese mit beispielsweise 40 dz/ha Weizen, hoher Qualität, aktivem Humusaufbau und Nahrung für Wildtiere und Insekten (Biodiversität).

Man muss wählen zwischen Monokulturen mit 80 dz/ha und lebendiger Vielfalt.

Details

Rechenbeispiel Exsudate

Nach Prof. Hoffman von der Humboldt-Universität Berlin gehen nur 10% der Photosynthese-Produkte in Spross und Wurzel der Pflanzen, dafür **90% in flüssiger Form als Exsudate** in den Boden. Nimmt man an, dass Spross und Wurzeln der Pflanzen etwa gleich viel Trockenmasse (je 5%) enthalten, so wird das Bodenleben mit der rund 20-fachen Menge an C-Verbindungen versorgt wie der oberirdische Teil der Pflanzen.

Auf denselben Wert kommt Sepp Braun mit einer Beispiel-Rechnung zu seinem Hof:

Er fand 400 Regenwürmer pro m², bei einem Gewicht von je 1g sind das 400 g/m² oder 4 t/ha. Mit einem Anteil von 20% an Regenwürmern ergibt das insgesamt eine tierische Biomasse im Boden von 20 t/ha. Die müssen ernährt werden.

Vom Ertrag eines Hektars kann man rund 2 GVE Tiere ernähren, z.B. 2 Kühe. Das entspricht 1 t/ha. Um 80 t/ha Bodentiere zu ernähren braucht man also auch etwa das 20-fache an Nahrung, also das 20-fache an C-Verbindungen. Das ist genau der Wert von Hoffmann.

Das Bodenleben in seinem großen Umfang kann nur in flüssiger Form direkt von den Pflanzen ernährt werden. Pflanzenreste und absterbende Wurzeln würden dafür niemals ausreichen.

Klimaschutz

In schrumpfender Vegetation und degradierten Böden sehen einige Wasserforscher neben CO² und den anderen Klima-Gasen eine weitere Haupt-Ursache der Klimawandels.

Neben der CO₂-Bindung dient die Verdunstungsleistung der Vegetation mit Ihrem Kühleffekt direkt dem Ausgleich von Temperatur und Feuchtigkeit. Allein mit einer dichteren Vegetation soll eine globale Temperaturabsenkung von 0,85° C möglich sein.

Pflanzenernährung

Man muss die ganze gängige Pflanzenernährung umpolen.

Schon [Hans Peter Rusch](#) hat eine andere Philosophie gelehrt: **Man muss den Boden ernähren und nicht die Pflanze.** Das muss man umsetzen. Die Pflanze sagt (über Wurzelausscheidungen) was sie braucht und der lebendige Boden liefert das.

Die konventionelle Pflanzenernährung geht davon aus, dass Pflanzen nur gelöste Nährstoffe aufnehmen.

Die Humusforschung fragt nicht nach der Pflanzenernährung.

Die Bioforschung macht dieselben Fehler. Sie hat seit Rusch die Pflanzenernährung kaum weiter erforscht. Nur Edwin Scheller hat über die aktive Mobilisierung von Nährstoffen aus den Bodenmineralen geforscht. Heute ist [Ines Fritz](#) von der BOKU (Wien) an diesem Thema dran.

[Gerald Dunst](#) in der [Ökoregion Kaindorf](#) macht keine Forschung (aber spannende Praxis zum Humusaufbau).

Weiterentwicklung

Mit dem [Boden-Fruchtbarkeits-Fonds](#) der *Trigon-Stiftung* ist auf dem Hof ein Projekt zum Humusaufbau im Unterboden in Planung.

Zusammenfassung

Sepp Braun (Bioland) betreibt mit seiner Familie einen vielfältigen organisch-biologischen Milchviehbetrieb. Er arbeitet schon seit 20 Jahren auf dem gesamten Ackerland mit einer **7-jährigen Fruchtfolge** mit 3x Klee gras und 4x Getreide und ganzjährigem Bewuchs. Dieses Grundprinzip wird immer weiter optimiert. Die Klee gras-Mischungen wurden um vielfältige und tiefwurzelnde Kräuter ergänzt. Durch Heutrocknung bleiben auch die Feinbestandteile der Blüten im Futter erhalten.

Entscheidend ist die Energie-Effizienz: Über dichte Vegetation (hoher Blattflächen-Index) viel Sonnenergie ins System bringen und für Ertrag und Bodenaufbau nutzen.

Lebendiger Boden kann mit zunehmendem Humusgehalt Luft, Wasser, Mineralien und organische Verbindungen immer besser binden. Die Verluste durch Mineralisation, Auswaschung und Ausgasung sinken. Daher bleibt von der in Form organischer C-Verbindungen in den Boden eingebrachten Sonnenenergie ein immer größerer Teil für Pflanzenwachstum und Humusaufbau erhalten. **Keine Grenze für Humusaufbau.**

Der Humusgehalt auf dem **Acker** liegt heute bei **4,6% C_{org}**, fast gleich hoch wie im **Grünland mit 4,7% C_{org}**. Bei Nachbarbetrieben mit ähnlichen Böden liegt der Anteil bei 1,5% – 2%.

Man muss wählen zwischen Monokulturen mit 80 dz/ha und lebendiger Vielfalt.

Seit Jahren Weitergabe des Wissens in *Bodenpraktiker-Ausbildung*.

Chancen für künftige Entwicklung liegen bei Agroforst, Permakultur und **mehrjährigen Hauptkulturen**.

In Agrarpolitik und Forschung ist ein komplettes Umdenken erforderlich. Bei den lebenden Systemen ist **Kooperation zentral statt Konkurrenz**. So muss es auch in Landbau-Praxis und -Forschung werden: **Ganzheitliches Denken, Überwindung der Schubladen und Austausch mit den Praktikern auf Augenhöhe.**

Interview Friedrich Wenz

Manfred Wenz und heute sein Sohn **Friedrich** bewirtschaften seit 1955 - etwa 60 Jahren - ihren **viehlosen Betrieb** am Oberrhein in Ottenheim bei Lahr [www.humusfarming.de].

Nach 15 Jahren intensiver konventioneller Mais-Monokultur war der **Humus stark dezimiert**. Der Boden bestand stellenweise fast nur noch aus Kies und immer neue und stärkere Pestizide wurden nötig. Daher hat Manfred Wenz hat 1970 **Bioland mitgegründet** und den Betrieb seit nunmehr 45 Jahren auf **pfluglose** Bearbeitung umgestellt. Seit Mitte der 90er Jahre führt Friedrich Wenz den Betrieb biologisch-dynamisch. Der verlorene **Humus** und mehr konnte im Laufe der Jahre **wieder aufgebaut** werden.

Begonnen haben sie mit dem **Kemink-Verfahren** (45cm breite Dämme, leicht erhöht mit dem Material aus 10 cm breiten V-förmigen Spalten dazwischen).

Mit Ulrich Schreier (F) wurde ein flexibles Kombigerät **Eco-dyn** entwickelt für Lockerung, Aussaat und Düngung mit Pellets in einem Arbeitsgang. Die aktuelle Version vertreibt heut die Schweizer Firma **Bärtschi** unter dem Namen **WEco-dyn** [www.humusfarming.de/index.php/wecodyn-system].

Später haben sie das **Cover-Cropping** weiter entwickelt (Direktsaat in umgeknickte, lebende Pflanzendecke), dazu auch **angepasste Geräte**, eine **Walze** für das Umknicken, und zuletzt eine **Fräse mit Spritze** kombiniert zur Flächenkompostierung).

In den letzten Jahren wurde die Nutzung von **Untersaaten und Zwischenfrüchten** optimiert.

Seit mehr als 2 Jahrzehnten werden **Präparate** wie Hornmist eingesetzt. Heute dienen **Boden- und Blattsaft-Analysen** als Grundlage für eine gezielte **Rottesteuerung** beim Einarbeiten von Zwischenfrüchten und zur **Vitalisierung** der Hauptfrucht durch **Blattspritzungen** mit Komposttees und anderen Präparaten aus Mineralien, Pflanzen und vielfältigen Mikro-Organismen.

Heute geht es vor Allem darum, mit einer **üppigen Vegetation möglichst viel Sonnenenergie** einzufangen und in pflanzlicher Form zu **ernten** oder in vielfältiger Form zum **Bodenaufbau** im System zu halten.

Was ist wesentlich für den Bodenaufbau?

1. Bodenchemie

Friedrich Wenz betont neben Bodenphysik und Bodenbiologie die Zusammensetzung der verfügbaren Elemente für den Stoffwechsel der Pflanzen (Bodenchemie). Seit Justus von Liebig ist die Bedeutung der Mineralstoffe für die Pflanzenernährung bekannt. Mit der Ablehnung mineralischer Düngung im Biolandbau wird die Rolle der chemischen Elemente dort meist vernachlässigt. Dadurch können sich **große Defizite im Bioanbau** ergeben. Auch konventionell - etwa bei reiner NPK Düngung - kann die Zusammensetzung der verschiedenen Elemente aus dem Gleichgewicht geraten.

Umfangreiche Literatur und praktische Erfahrung zeigen eine **Verbindung bestimmter Mängel bei den Elementen mit spezifischen Schadbildern bei Pflanzen, Tieren und Menschen**.

Bodenanalysen nach dem Prinzip der Basensättigung (z.B. nach Neil Kinsey) erfassen die wichtigsten Elemente und geben Empfehlungen zum Ausgleich. Diese Zugaben von Mineralien sind vorübergehende Maßnahmen. Das Bodenleben setzt Mineralien aus dem Boden frei und bindet sie in ein. Der Bodenaufbau gleicht damit nach und nach die Zusammensetzung der Elemente aus.

Da Elemente mit derselben chemischen Wertigkeit um die gleichen Plätze in organischen Molekülen konkurrieren, ist dabei nicht nur die absolute **Konzentration** der einzelnen Elemente relevant, sondern auch deren **Verhältnisse** untereinander. Für den Praktiker besonders wichtig ist ein ausgewogenes Verhältnis der zweiwertigen Elemente **Calcium und Magnesium**. Sie haben zusammen einen Anteil von ca.

80% an der Basensättigung und optimal ein Verhältnis von **68% Ca zu 12% Mg**. Eine ausgewogene Basensättigung fördert eine gute Bodenstruktur mit hohem Porenvolumen und vermeidet Verdichtungen.

Nur bei ausgewogener Zusammensetzung der Nährstoffe im Boden können sich ein vielfältiges und gesundes Bodenleben, Krümelstruktur und gesunde Pflanzen entwickeln.

2. Dichter, ganzjähriger Pflanzenbewuchs

Umfangreiche und vielfältige **Untersaaten** und teils mehrfache Zyklen von **Zwischenfrüchten** im Jahr entwickeln eine **große Menge zusätzlicher organischer Substanz** in den Pflanzen und über deren Wurzeln auch im Boden. Junge Pflanzen geben dabei bis zu 70% ihrer Zuckerproduktion aus der Photosynthese flüssig als **Exsudate** in den Boden ab. In den **Mykorrhizen** werden daraus **Huminstoffe** aufgebaut, dabei das sehr stabile **Glomalin**. Glomalin umgibt die Feinwurzeln als Hülle und bildet den Kleber für die Bodenkrümel [*Liquid Carbon Pathway*, Christine Jones].

Verschiedene Pflanzengruppen unterscheiden sich stark in ihrer Aufnahme und Abgabe von Stoffen. Gräser geben viel C (Zucker...) aber wenig N in den Boden ab, Leguminosen über ihre Knöllchenbakterien viel N, Kreuzblütler wieder andere Stoffe. Insgesamt sollten möglichst viele sich ergänzende Pflanzengruppen gleichzeitig angebaut werden. Auf jeden Fall **Gräser, Leguminosen und Kreuzblütler**, also zum Beispiel eine Mischung aus Roggen, Wicke, verschiedenen Kleearten, Winterrüben u.v.m.

Viele Mikroorganismen sind auf die direkte Versorgung durch lebende Pflanzen angewiesen. Fehlen die Exsudate, brechen Population und Funktion dieser Mikroorganismen zusammen. Über **Winterfeste Pflanzen** bleiben die Boden-Mikroorganismen ganzjährig versorgt. Im Norden oder in den Bergen **starten Pflanzen und Boden nach der Schneeschmelze fulminant in den Frühling**.

Dichter Bewuchs fängt viel Sonne ein und bildet Zucker und andere organische C-Verbindungen.

Ein guter Teil dieser Verbindungen geht dabei direkt flüssig in den Boden, um das Bodenleben zu füttern und stabile Humusverbindungen aufzubauen.

3. Flächenrotte

Bis zu 2 m hohe Zwischenfrucht wird mit angepasster Technik (z.B. Fräse) in einem Arbeitsgang möglichst exakt 3 cm tief eingearbeitet. Da die Rotte ein aerober Prozess ist, darf der Boden dabei nicht rückverfestigt werden. Nach 2-3 Wochen kann die nächste Aussaat ganz klassisch erfolgen – keine Direktsaat mehr erforderlich.

Die organische Substanz ist dann zu vielfältigem Bodenleben und Huminstoffen lebend verbaut und kaum mehr wasserlöslich. Die nachfolgenden Pflanzen können aber – just in time – ihre Mikroorganismen veranlassen, genau die benötigten Stoffe zu liefern. Die **Pflanzen haben** so ein **Wahlvermögen** aus einem reich gedeckten Tisch, dem Vorrat eines vielfach gefüllten und weit vernetzten Wurzelraums im Boden.

Nach klassischem Verständnis werden nur wasserlösliche Nährstoffe als *pflanzenverfügbar* bezeichnet. Diese Nährstoffe nimmt die Pflanze über Osmose zwangsläufig auf, bei Nitrat z.B. oft viel zu viel. **Der Begriff *pflanzenverfügbar* ist irreführend**, weil die Pflanze dabei *gerade nicht* selber verfügen kann. Selber wählen kann die Pflanze nur bei indirekter Ernährung über die Interaktion mit ihren Mikroorganismen. Diese Prozesse sind hochkomplex und werden aktuell intensiv erforscht. []

Beim **Stickstoff** ist entscheidend, in welcher Form er vorliegt: Ist er wasserlöslich, so kann die Pflanze die Aufnahme nicht selber steuern. 100 kg organisch gebundener Stickstoff ersetzen bis zu 200 kg mineralischen Stickstoff, haben also die doppelte Effizienz.

1% Nährhumus liefert durch seine Aktivität (ohne Bodenabbau) den Pflanzen im Jahr einen **Überschuss von 20 kg N/ha**. 5% Nährhumus liefert entsprechend 100 kg N/ha.

Flächenrotte bringt die Sonnenenergie (C-Verbindungen mit den Nährstoffen) aus Zwischenfrucht in den Boden.

4. Rottesteuerung

Beim flachen Einarbeiten der Zwischenfrüchte stellen Präparate aus Mineralien und Mikroorganismen einen gesunden Ablauf der Rotte sicher, schnelle Einbindung durch **Lebendverbauung** statt Fäulnis mit kompletter Mineralisierung.

Die Rottesteuerung ist entscheidend: Bei guter Rotte geschieht Bodenaufbau. Es wird viel organische Substanz und zusätzliches Wasser gebunden (mit Enzym Hydrogenase). Bei Sauerstoffmangel und falschen Mikroorganismen kommt es zu Fäulnis, Freisetzung von Wasser, Mineralisierung und Auswaschung der gelösten Nährstoffe. Fäulnis-Zonen blockieren die Durchwurzelung und weitere Lebensprozesse.

Richtige Bodenbearbeitung und Rottesteuerung vermeiden die großen Verluste durch Fäulnis und Mineralisierung.

5. Vitalisierung der Pflanzen

Sogar leichter als der Boden kann der **Pflanzensaft analysiert** werden und Angaben zur Versorgung mit den Elementen und zur Vitalität der Pflanze liefern. Bevor Schäden auftreten, kann man so deren Ursachen erkennen, durch **Blattspritzungen** gegensteuern und so Wachstumsschwächen und Ertragsverluste durch **Krankheiten und Schädlinge vermeiden**: Ursachen verstehen und behandeln und nicht die Symptome bekämpfen. Blattspritzungen wirken direkt auf die Pflanze und sind bereits in geringer Dosierung wirksam.

Diese **Vitalisierungen** erhöhen gleichzeitig Quantität und Qualität von Pflanzen und Bodenleben.

Die Pflanzen bleiben durch die Vitalisierung auch bei Stress aktiv und versorgen das Bodenleben weiter mit Zucker. Dadurch kann auch das Bodenleben umgekehrt die Pflanzen weiter mit Nährstoffen versorgen. Die Interaktion von Pflanzen und Boden bleibt aktiv.

Die Vitalisierung kann manchen Befall und Verlust vermeiden oder auch einen Totalausfall bei Dürre.

6. Bodenbearbeitung – Verdichtungen beheben

Verdichtungen lassen sich nicht immer vermeiden und müssen **auf jeden Fall behoben** werden, da sie sonst zu massiven Verlusten führen. Pflug und ganzflächige Bodenbearbeitung kommen nicht zum Einsatz. Reduzierte Bodenbearbeitung macht keinen Sinn, wenn dabei Verdichtung bestehen bleiben. Wenn nötig, wird **bei trockenem Boden und genügend Zeit** vor oder mit der Aussaat auch der **Unterboden gelockert** und anschließend von Wurzeln, Würmern und Mikroorganismen **lebend verbaut**. Mit mehreren **stabilen Zinken** wird dazu alle 60 cm ein bis zu **40 cm tiefer Schlitz** gezogen, in den dabei auch Oberboden mit seinen Mikroorganismen rieselt. Dazwischen behält der Boden seine volle Tragfähigkeit. Im Folgejahr geschieht dasselbe um 30 cm versetzt.

Ausgehend von vertikalen Schlitzen wird im Laufe von 2 Jahren der gesamte Unterboden gelockert und stabilisiert.

Bodenverträglich sind eine **Achslast bis 5 t** und ein **Reifendruck bis 0,8 bar**.

7. Unkraut spielt keine Rolle

Nach gängiger Auffassung ist die größte Gefahr im Biolandbau das Unkraut. **Unkräuter** sind aber alles Pioniere. Sie weisen auf Ungleichgewichte hin und sind **Spezialisten für die Aufgabe, mikrobielle und Nährstoff-Verhältnisse auszugleichen oder Verdichtungen anzugehen**. Ohne diese Ungleichgewichte keimen sie nicht oder spielen keine verdrängende Rolle.

Da aber Pflanzengesellschaften, Bodenchemie, Bodenstruktur und Mikrobiologie möglichst vielfältig und ausgewogen geführt werden, spielen Unkräuter keine Rolle mehr, machen keine Probleme und brauchen nicht bekämpft zu werden.

Krankheiten, Schädlinge und Unkraut sind Symptome einer gestörten Lebensgemeinschaft.

Ihre Bekämpfung behebt deren Ursachen nicht und hindert daran, die Ungleichgewichte im System zu erkennen und zu beheben.

Zusammenfassung

Friedrich Wenz (Demeter und Bioland) meint, die **Maßnahmen zum Bodenaufbau seien leicht**, aber die **Hindernisse** dabei **tückisch**. Die üblichen hohen Düngergaben, Verdichtungen, Rein- und Monokulturen, langen Brachen und falsche Bodenbearbeitung bergen große **Risiken**, dass Humus im Boden mineralisiert und ausgewaschen und damit ab- statt aufgebaut wird. Wenn die falschen, abbauenden Mikroorganismen Überhand nehmen, kann der Abbau sehr schnell gehen und jahrelangen Aufbau zunichtemachen.

Umfangreiche und vielfältige **Untersaaten** und teils mehrfache Zyklen von **Zwischenfrüchten** im Jahr entwickeln eine große Menge zusätzlicher organischer Substanz auf dem Boden und über deren Wurzeln und Exsudate auch im Boden. Beim flachen Einarbeiten der Zwischenfrüchte stellen Präparate zur **Rottesteuerung** aus Mineralien und Mikroorganismen einen gesunden Ablauf der Rotte sicher, schnelle Einbindung durch **Lebendverbauung** statt Fäulnis mit kompletter Mineralisierung.

Chancen liegen in der **breiten Umsetzung der bestehenden Erfahrungen**. Mit Dietmar Näser und Ingrid Hörner finden jedes Jahr **ganzjährige Ausbildungen für Praktiker** (*Bodenkurs im Grünen*), Hoftage und Update-Seminare statt. Etwa die Hälfte der Teilnehmer sind konventionelle Bauern, die einen Ausweg aus der Abhängigkeit von teuren Inputs suchen. Der Kreis der erfahrenen Referenten beginnt zu wachsen. Im Jahr 2016 konnte ein konventioneller Kursteilnehmer trotz massiver Niederschläge ganz auf Düngung und Pflanzenschutz verzichten und dabei gute **9,5t/ha Mais** trocken ernten und **in den letzten 4 Jahren den Humusanteil um 1,6% steigern**.

Bodenaufbau und Ertrag basieren in erster Linie auf der vor Ort auf der gleichen Fläche gebundenen Sonnenenergie und den dort aus Luft, Wasser und Boden gebundenen Stoffen.

Ziel ist, aus der Aktivität des Agrarökosystems einen dauerhaften Jahresertrag von beispielsweise **10 t Körnermais / ha** zu erreichen.

Bodenaufbau und Ertragssteigerungen erscheinen dabei in einem weiten Bereich möglich.

*Ein fruchtbarer Boden ist, ebenso wie Humus, ein fortlaufender Prozess, kein Zustand.
Bodenfruchtbarkeit ist das In-Gang-halten und Fördern dieser Prozesse.*

Interview Paul Mäder

[Paul Mäder](#) ist Leiter des Departements *Bodenwissenschaften* am *Forschungs-Institut für Biolandbau* [FiBL](#) in Frick (CH). Er ist an vielen Studien beteiligt und in der Bioforschung weit vernetzt.

Das FiBL hat viele nationalen und internationalen Studien zum Thema **Bodenfruchtbarkeit und Humusaufbau** geleitet, mitgetragen oder ausgewertet, umfangreiche eigene Versuche durchgeführt und zusammen mit Praktikern, Forschern und Verbänden Merkblätter dazu herausgegeben.

Was ist wesentlich für den Bodenaufbau?

1. Lebendiger Oberboden oder Kohlenstoffspeicherung?

Wenn man den organischen Kohlenstoff-Gehalt C_{org} im Boden untersucht, kommt es sehr darauf an, ob man den Gehalt im Oberboden in etwa 0-20 cm Tiefe oder den gesamten im Boden gebundenen organischen Kohlenstoff misst und mit welchem Ziel.

Der **Bio-Landbau kann mit seinen Praktiken sehr gut den Oberboden aufbauen** mit vielfältigem Nutzen für Produktion, Wasserhaushalt, Umwelt und Klima.

Im Unterboden bleibt aber der Aufbau bescheiden, sodass insgesamt bisher die **Sequestrierung von CO_2 nicht in nennenswertem Umfang** möglich ist.

2. Untersuchungen

Dok-Versuch

Im weltweit bedeutendsten Langzeit-Feldversuch zum Vergleich biologischer und konventioneller Anbausysteme werden vom FiBL seit 1978 der biologisch-dynamische (D), organisch-biologische (O) und konventionelle (K) Anbau von Ackerkulturen wie Weizen, Kartoffeln, Mais, Soja oder Klee gras am selben Standort verglichen.

Dabei konnte nur auf den biologisch-dynamischen Parzellen ein leichter Humus-Zuwachs erreicht werden. Bei allen anderen Verfahren nahm der Humus leicht ab.

Metastudien und reduzierte Bodenbearbeitung

Am FiBL wurden umfangreiche Metastudien ausgewertet zum Vergleich verschiedener Anbau-Praktiken in Bezug auf die Kohlenstoffbindung im Boden.

Während ältere Studien erhebliche Vorteile bei minimaler oder reduzierter Bodenbearbeitung sehen, stellte sich später heraus, dass ohne Wenden des Bodens die von oben zugeführte organische Substanz sich im Oberboden anreichert, der Unterboden aber C_{org} verliert. Reduzierte Bodenbearbeitung ist also bezüglich der Carbon-Stocks im Schnitt neutral ([Untersuchungen überwiegend in Nord- und Südamerika bei konventionellem Anbau](#)).

In **neueren Studien zu reduzierter Bodenbearbeitung im Biolandbau** konnte am FiBL-Hof auf Tonboden **trotz leichter Abnahme im Unterboden auf 0-50cm Bodentiefe insgesamt eine deutliche Humuszunahme erreicht werden - 8% höher als in den gepflügten Vergleichsflächen**. Sie ist so hoch, dass in diesem Versuch trotz erhöhter Emission von Lachgas (N_2O) insgesamt eine **leicht positive Klimabilanz** bei den Emissionen (CO_2 -eq) erreicht wurde [[Maïke Kraus](#)].

EU-Projekte

Zum Thema Humusaufbau gab und gibt es viele EU-Projekte. Daraus resultieren aber keine neueren Empfehlungen.

3. Common Sense

Für eine Ressourcen-schonende und Umwelt-erhaltende produktive Landwirtschaft hat sich in den letzten Jahren ein Konsens gebildet. Die FAO hat 2007 für [Conservation Agriculture](#) 3 Grundprinzipien definiert:

- minimum mechanical soil disturbance Minimale mechanische Störung des Bodens
- permanent organic soil cover ganzjährige Bodenbedeckung (Pflanzen oder Mulch)
- crop rotation with more than two species Fruchtfolge mit mehr als 2 Arten

Die Praktiken der *Reduzierten* und *Minimal-Bodenbearbeitung* orientieren sich an diesen Prinzipien. Sie sind international vor allem im konventionellen Anbau weit verbreitet. Die *No-till* Praxis arbeitet ganz ohne Bodenbearbeitung, dafür meist mit hohem Einsatz an synthetischen Düngern und Herbiziden.

Auch der Biolandbau arbeite intensiv daran, diese Prinzipien in den Biolandbau zu integrieren.

Bekannte Pioniere machen im Grund nichts anderes, als diese Prinzipien anzuwenden und gut zu verkaufen.

4. Messen

Beim Testen von Maßnahmen ist es wichtig, **Vergleichsstreifen** einzurichten, dass man – schon ohne weitere Messungen – sehen kann, wie sich Pflanzen und Boden mit und ohne oder bei verschiedenen Maßnahmen entwickeln.

Beim Messen selber muss man in den verschiedenen Bodentiefen messen und pflanzliche, tierische und mikrobielle Biomasse unterscheiden, auch die verschiedenen, leicht oder schwer wasserlöslichen Fraktionen der Huminsäuren.

Der Humusaufbau ist begrenzt – maximal 0,1-0,2% jährlich. Messungen lohnen daher nur alle 3 Jahre etwa. Sonst sind Messfehler und natürliche Schwankungen zu groß.

5. Förderlich

für den Humusaufbau sind

- Weite Fruchtfolgen und Untersaaten, Zwischenfrüchte, Mischkulturen...
- Die Nutzung von Ernte-Rückständen und die Vermeidung von Feuer. Abflämmen ist besonders im Süden noch weit verbreitet. Zum Beispiel bei Baumwollanbau und Zuckerrohr.
- Klee graswiesen
- Der Anbau von tief wurzelnden Pflanzen [siehe Wurzelatlas von Lore Kutschera]
- Weniger Überfahrten, leichtere Maschinen, Raupen-Fahrzeuge, Robotics

6. Belastungen

für den Humusaufbau sind

- Hohe Radlasten
- Verdichtung, Versiegelung
- Toxische Stoffe bei Bio weitgehend ausgeschlossen
- Versalzung und Versauerung oft bei minimaler Bearbeitung
- Auswaschung

7. Chancen

für künftige Entwicklung

- Kreisläufe schließen
Mistkompost mit stabilerem Lignin, Kompost von Sträuchern und Küchenabfällen
Verwendung von Klärschlämmen – frisch, kompostiert oder über Pyrolyse
- Pflanzenkohle (Pyrolyse, HTC), teils nicht zugelassen in CH wegen mögl. Kontamination
- Holzhackschnitzel, Terra Preta

Zusammenfassung

Paul Mäder ist Leiter des Departements *Bodenwissenschaften* am *Forschungs-Institut für Biolandbau* in Frick (CH), an vielen Studien beteiligt und in der Bioforschung weit vernetzt.

Zum Thema Humusaufbau gab und gibt es viele EU-Projekte.

Der Biolandbau kann gut den **Oberboden aufbauen aber kaum zur gesamten C-Bindung** (Carbon-Stocks) beitragen. Im langjährigen DOK-Versuch konnte nur auf den biologisch-dynamischen Parzellen ein leichter Humus-Zuwachs erreicht werden.

Bei **reduzierter Bodenbearbeitung** ist der Humusaufbau im Oberboden meist mit C-Abbau im Unterboden verbunden. In neueren Studien konnte am FiBL-Hof auf Tonboden auch **im Unterboden eine leichte Humuszunahme** erreicht werden.

Der Humusaufbau ist begrenzt – maximal 0,1-0,2% jährlich. Messungen lohnen daher nur alle 3 Jahre etwa. Sonst sind Messfehler und natürliche Schwankungen zu groß.

Chancen liegen u.a. bei der **Zugabe** von Mistkompost, Klärschlamm, Holzschnitzeln, Pflanzenkohle, dem **Anbau** von Tiefwurzeln und bei der **Vermeidung** von Abflämmen, Verdichtung, Vergiftung, Versalzung und Versauerung.

Vergleich

Es ist spannend, wie unterschiedlich die 4 Fachleute die Aufgabe Bodenaufbau sehen.

Gerhard Dumbeck rekultiviert im großen Stil Braunkohlegruben, betont die Bedeutung des Unterbodens (Verdichtungen sind fatal), hat viel getestet und gemessen und sieht eine **Sättigung beim Humusgehalt von 1,5% C_{org}**. Randbedingung: Alles in konventionellem Anbau.

Sepp Braun optimiert mit **großer Vielfalt** eine 7-jährige, weite Fruchtfolge eines klassischen biologischen Milchvieh-Familienbetriebes. Er **maximiert den Bewuchs**, die damit eingefangenen **Sonnenenergie** und die **Durchwurzelung**, verbessert Futter und Tiergesundheit durch Heutrocknung und den Tretmist durch Kompostieren mit Biokohle. Er hat schon fast **5% Humusgehalt erreicht**. Verbessern will er das noch mit **mehnjährigen Pflanzen** und weiterer **Belebung des Unterbodens**.

Wo Sepp Braun auf die mehrjährigen Pflanzen setzt (die haben dann viel Zeit für eine tiefe Durchwurzelung) setzt **Friedrich Wenz** auf die **vegetative Phase** (vor der Blüte), in der Pflanzen besonders schnell wachsen, die **Beschleunigung der Flächenrotte** und die gezielte Vitalisierung der Pflanzen in Schwächephasen mit Präparaten aus Mineralien und Mikro-Organismen. Er zündet sozusagen die **Turbo-Stufe** bei Zwischenfrüchten und Flächenrotte und **vermeidet Schäden vor deren Auftreten** durch gezielte **Beobachtung, Messung und Vitalisierung** von Boden, Pflanzen und Mikro-Organismen.

Wo Sepp Braun mit geringeren Erträgen der Hauptfrucht rechnet und langsamer Zunahme des Humusgehaltes, berichtet Friedrich Wenz von **überdurchschnittlichen Erträgen** und einem **Humuszuwachs von 1,6 % in 4 Jahren**.

Beide Bauern sehen **kein Limit beim Aufbau von Humus**. Je vitaler Boden und Vegetation sind, desto geringer sind die Verluste und desto mehr Sonnenenergie kann eingefangen und in lebender oder stabiler Form im Boden gebunden werden.

Paul Mäder, der Wissenschaftler, ist **eher vorsichtig**. Die Vorteile reduzierter Bodenbearbeitung haben sich in neueren Studien eher als **Verlagerung der Humusgehalte von unten nach oben** herausgestellt. Bisher konnte von der Forschung im Unterboden und insgesamt **kein nennenswerter Humusaufbau und damit keine nennenswerte C-Bindung** nachgewiesen werden. Es gelingt im Ökolandbau gut, die Bodenfruchtbarkeit im Oberboden zu erhalten und Wasser, Biodiversität und damit auch das Klima zu schützen. Einen breiten Aufbau von Böden und dadurch eine nennenswerten Verminderung von Treibhausgasen sieht Paul Mäder nicht.

Alle 4 Fachleute betonen die Notwendigkeit **ganzjähriger Bodenbedeckung, leichter Maschinen und Geräte** und die **Vermeidung von Verdichtungen, tiefem Wenden und Bodenbearbeitung bei Nässe**. Den Unterschied machen dann die konsequente, **systemische Sicht** und neueren Praktiken: **der ganzjährige, dichtere Bewuchs, Flächenrotte, tiefere Durchwurzelung, der Ausgleich der Elemente und die gezielte Vitalisierung**.

Feedback (Ergänzung)

Ein wichtiges Feedback kam von **Anita Idel**:

Der Fokus in diesen Interviews liegt auf dem **Ackerbau** (teils im Milchviehbetrieb).

Nun sind weltweit 70% der landwirtschaftlichen Nutzfläche **Grünland**. Dort haben **teils** riesige wandernde Viehherden über Jahrtausende die fruchtbaren Schwarzerde-Böden aufgebaut. Heute gibt es mit Methoden wie dem **Holistic Grazing Management** Verfahren, die das nachahmen und sehr gute Erfolge beim Humusaufbau im Grasland erzielen.

Zukunftsmusik

Rhein-Braun zum Beispiel könnte bei seiner Rekultivierung die **Wenz-schen Techniken einsetzen und austesten** und schneller ertragreichere und wertvollere Böden aufbauen. Mit den Ersparnissen und Einnahmen daraus und Kompensationszahlungen für gebundenes CO₂ könnte man einen **Fonds zur Regeneration von Böden und Klima** finanzieren, der Schulung, Umsetzung und Monitoring fördert. **Bauern** lernen im Austausch mit Kollegen und Forschern und werden **für Bodenaufbau und Klimaschutz bezahlt**. So wird es heute schon in der Ökoregion Kaindorf in Österreich und seit Jahren erfolgreich in Australien praktiziert.

Praxis und Forschung zusammen heben den verborgenen Schatz an altem und neuem, praktischem und System-Wissen, das hinter den regenerativen agrar-ökologischen Ansätzen steckt. Sie verbinden es mit dem bekannten Wissen, finden Lücken und Forschungs-Bedarf und bereiten es so auf, dass es für Praktiker, Forschung, Lehre und Öffentlichkeit anschaulich und nachvollziehbar zugänglich wird.

Wissen und Erfahrung sind da. Etwas verstreut über den Globus, aber bei vielen Pionieren und Initiativen schon greifbar. Wir müssen es nur noch umsetzen:

Boden, Vegetation, Wasserkreisläufe, Biodiversität und Produktivität gleichzeitig kontinuierlich verbessern und damit die Vitalität von Boden, Pflanzen, Mensch und Tier erhöhen.

Regeneration von Leben in allen seinen Formen.

Die Abhängigkeit von teuren externen Inputs durch intensiviert Lebensprozesse auflösen.

Links

Akteure der Interviews

Gerhard Dumbeck	www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/sachverstaendige/dumbeck-gerhard.htm
Sepp Braun	biolandhofbraun.de
Friedrich Wenz	www.humusfarming.de
Paul Mäder	www.fibl.org/de/mitarbeiter/maeder-paul.html
Hellmut v. Koerber	www.flexinfo.ch
GLS-Treuhand	www.gls-treuhand.de

Vergütung von CO₂-Bindung im Boden

Ökoregion Kaindorf, A	www.oekoregion-kaindorf.at www.oekoregion-kaindorf.at/index.php/arbeitsgruppen/ag-landwirtschaft/zertifikathandel
ASCAS, AUS	www.amazingcarbon.com/PDF/JONES-AustSoilCarbonAccScheme%28March07%29.pdf
Bodenfruchtbarkeitsfonds, CH	www.stiftung-trigon.ch/landwirtschaft/bodenfruchtbarkeitsfonds

Kongress

Symposium Aufbauende Landwirtschaft – Schloss Tempelhof, Januar 2017

www.schloss-tempelhof.de/veranstaltung/symposium-aufbauende-landwirtschaft

Wiki und Internationale Initiativen

Regenerative agriculture - Wikipedia, the free encyclopedia

	en.wikipedia.org/wiki/Regenerative_agriculture
Regeneration International	regenerationinternational.org regenerationinternational.org/4p1000
Initiative 4 pour 1000	4p1000.org

Dokumente zum Thema

Vom Segen der Humusmehrung – Beispiel Gabe Brown	Bodeninformationsdienst
ich-mache-boden-gut.de/?page_id=307	ich-mache-boden-gut.de/?page_id=8

Soil Carbon Restoration - Can Biology do the Job?

www.zukunftsstiftung-landwirtschaft.de/media/Dokumente_Aktuelle_Meldungen/2015/2015_Soil-Carbon_Restoration.pdf

BOELW zum Klimaschutz

www.boelw.de/themen/zahlendatenfakten/oekolandbau-und-klimaschutz/

ideaa: Regeneration von Böden und Ökosystemen

www.db.zs-intern.de/uploads/1448956812-RegenerationBoedenOekosystemen.pdf

Humusrevolution

Manifest www.oekom.de/nc/buecher/vorschau/buch/die-humusrevolution.html
www.oekom.de/fileadmin/user_upload/Manifest_Die_Humusrevolution.pdf