

Humuswirtschaft

Humus aufbauen - Bodenfruchtbarkeit erhalten





Humus spielt für die Bodenfruchtbarkeit eine zentrale Rolle und erfüllt vielfältige Aufgaben: er liefert Nährstoffe, verbessert die Bodenstruktur, erhöht die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, schützt den Boden vor Erosion und fördert die Bodenorganismen.

Humusreiche Böden ermöglichen nicht nur gute Erträge, sie verbessern auch die Anpassungsfähigkeit der landwirtschaftlichen Kulturen an lange Trockenphasen und intensive Niederschläge. Aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels richtet die Forschung – über die Biolandwirtschaft hinaus – ihr Augenmerk zunehmend auf die Rolle des Humus zur Minderung der Folgen des Klimawandels.

Nach einer Periode mit abnehmenden Humusgehalten sind die Werte in Schweizer Ackerböden in den letzten Jahrzehnten stabil geblieben. Das Potenzial zum Humusaufbau wird jedoch bei Weitem nicht genutzt. Dabei liessen sich viele Massnahmen gut in die gängige landwirtschaftliche Praxis integrieren. Eine an die betrieblichen Bedingungen angepasste Humusstrategie bringt die Vorteile erfahrungsgemäss am besten zum Tragen.

Das Merkblatt erläutert die Grundlagen der Humuswirtschaft, stellt die wichtigsten Massnahmen vor und gibt Hinweise für die Planung einer betriebsspezifischen Strategie.

Inhalt

Weshalb ist Humus wichtig?	3
Wie viel Humus ist gut?	4
Einflussfaktoren kennen – Potenziale nutzen	5
Wie den Humusgehalt messen?	12
Beispiele aus der Praxis: Wie machen es andere?	16
Die Humusaufbaustrategie auf dem eigenen Betrieb planen	16

Was versteht man unter Humus?

Humus bezeichnet die gesamte tote organische Substanz im Boden. Alle organischen Ausgangsmaterialien (pflanzlichen, tierischen und mikrobiellen Ursprungs) werden im Boden durch Mikroorganismen abgebaut. Weil die Ausgangsmaterialien unterschiedlich zusammengesetzt sind, ist der Humus ein sehr heterogenes Gemisch unterschiedlicher organischer Substanzen. Humus färbt den Boden dunkel. Die Farbe des Bodens kann daher grobe Hinweise auf den Humusgehalt liefern. In mineralischen Böden reichert sich Humus vor allem im Oberboden an, wo am meisten organisches Material vorhanden ist und die mikrobielle Aktivität am höchsten ist. Deshalb werden mineralische Böden nach unten in der Regel heller.

Weshalb ist Humus wichtig?

Strukturbildner

Humus hilft dabei, Bodenteilchen zu stabilen Aggregaten zu verbauen. Dadurch wird der Boden krümelig und porös. Eine gute Bodenstruktur verbessert die Durchlüftung, beschleunigt die Erwärmung im Frühjahr und die Wasserinfiltration und reduziert die Abtragung des Bodens durch Wasser und Wind. Auch das Wurzelwachstum wird erleichtert und die mechanische Belastbarkeit erhöht. Humus kann somit die negativen Eigenschaften von tonigen Böden (schlechte Durchlüftung, langsame Wasserinfiltration, Verdichtungsanfälligkeit), von schluffigen Böden (Erosionsanfälligkeit, Verschlammungsanfälligkeit) und sandigen Böden (schlechte Wasser- und Nährstoffspeicherung) teilweise kompensieren.

Lebensraumbildner

Humus ist eng mit dem Bodenleben verbunden. Zum einen dient er als Nahrungsquelle für die meisten lebenden Organismen im Boden. Während des biologischen Abbaus werden die in der toten organischen Substanz enthaltenen Nährstoffe mobilisiert und für die Bodenorganismen und die Pflanzen verfügbar gemacht. Zum anderen wird bei den Umbauprozessen im Boden ein Teil des Humus eng an die mineralische Bodensubstanz gebunden (Ton-Humus-Komplexe) und so gegen weiteren Abbau geschützt. Der an Tonmineralien gebundene Humus trägt massgeblich zur Verbesserung der Bodenstruktur bei. An diesen Prozessen sind alle Bodenbewohner vom Einzeller bis zum Regenwurm beteiligt.

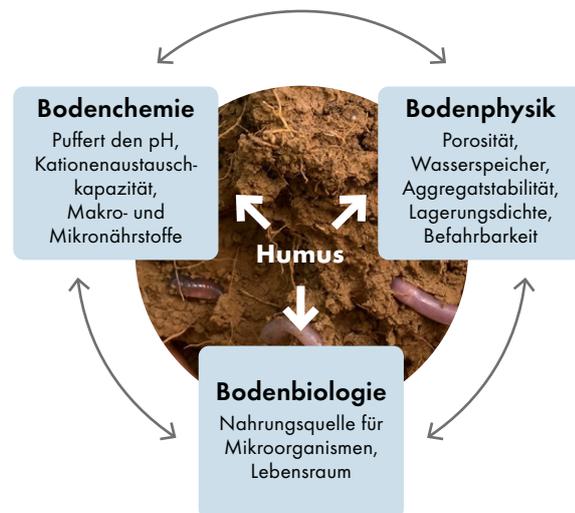
Nährstoffspeicher und -quelle

Humus besteht neben Kohlenstoff vor allem aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel. Bei einer geschätzten jährlichen Mineralisierungsrate von 1–3 % der organischen Substanz werden je nach Humusgehalt des Bodens 10–300 kg Stickstoff pro Hektar freigesetzt. Zirka ein Drittel davon ist pflanzenverfügbar. Humus ist damit eine wichtige Nährstoffquelle für Stickstoff und Phosphor, nicht aber für Kalium. Aufgrund des mikrobiellen Abbaus erfolgt die Freisetzung der gebundenen Nährstoffe fließend.



Durch Erosion können in kurzer Zeit grosse Mengen fruchtbareren Oberbodens verloren gehen.

Abbildung 1: Positive Auswirkungen von Humus



Humus hat sowohl auf die chemischen als auch auf die physikalischen und biologischen Eigenschaften des Bodens positive Wirkungen. Humus trägt zu einem guten Pflanzenwachstum, zum Schutz des Bodens vor Erosion und zur ökologischen Vielfalt im Boden bei.

Aufgrund seiner grossen Oberfläche verfügt Humus über ein sehr hohes Nährstoffbindungsvermögen, das jenes von Ton um ein Vielfaches übersteigen kann. Humus erhöht daher auch die sogenannte Kationenaustauschkapazität des Bodens und verhindert die Auswaschung positiv geladener Nährstoffe.

Kohlenstoffsенke

Humus besteht im Mittel zu 50 % aus Kohlenstoff und ist dessen grösster Speicher im Boden. Eine Erhöhung des Humusgehalts im Boden entlastet die Atmosphäre vom Treibhausgas Kohlendioxid. Die längerfristige Speicherung von Humus im Boden kann einen wichtigen Beitrag zur Minderung des Klimawandels leisten.

Die 2015 lancierte «4 per 1000»-Initiative der UNO zeigt auf, dass eine Steigerung des Humusgehalts um 0,4 % pro Jahr zum bisherigen Wert in den obersten 30–40 cm der Böden der Welt den Anstieg von CO₂ in der Atmosphäre stoppen könnte. Grosse Teile der Kontinente bestehen jedoch aus Wüste oder sind von Wald bedeckt. Auf anderen Flächen ist aufgrund der Klimaerwärmung eine Abnahme des Humusgehalts zu erwarten. Einige landwirtschaftliche Flächen haben ihr Standortpotenzial schon erreicht und Humus kann durch ungeeignete Bewirtschaftung wieder verloren gehen und zu CO₂-Emissionen führen.

Die Landwirtschaft hat somit ein gewisses Potenzial, um durch Humuswirtschaft zur Minderung des Klimawandels beizutragen, sie kann die Aufgabe aber nicht alleine lösen.

Humus in Zahlen

- Humus besteht zu 40–70 % aus Kohlenstoff (C), 5 % Stickstoff (N) und weiteren Elementen wie Sauerstoff, Wasserstoff, Phosphor, Schwefel, Calcium, Magnesium, etc.
- Die direkte und exakte Bestimmung des Humusgehalts ist nicht möglich. Zu dessen Bestimmung wird im Standardverfahren der organische Kohlenstoffgehalt (C_{org} oder OC) durch Verbrennung einer Bodenprobe bei mehr als 900 °C in einem Elementaranalysator gemessen. Daraus kann der Humusgehalt errechnet werden (C_{org} × 1,725).
- Schweizer Böden enthalten in den obersten 20 cm 0,5 bis 4,5 % organischen Kohlenstoff. Dies entspricht 10–100 t organischem Kohlenstoff, bzw. 17–172 t Humus pro Hektar.

Wie viel Humus ist gut?

Neben der Bewirtschaftung hängt der Humusgehalt von Böden primär von deren Tongehalt ab, da dieser ein Bestandteil stabiler Ton-Humus-Komplexe ist. Somit muss bei der Beurteilung des Humusgehalts nicht nur der absolute Humusgehalt eines Bodens, sondern auch dessen Verhältnis zum Tongehalt berücksichtigt werden.

Sandige Böden mit wenig Ton (Tongehalt < 10 %) können nur wenig Humus speichern. Schwere Böden (Tongehalt > 40 %) haben naturgemäss meist höhere Humusgehalte. Schwere Böden benötigen aber auch mehr Humus als sandige Böden, um eine gute Bodenstruktur zu erreichen.



Die Spatenprobe ermöglicht eine schnelle und einfache Einschätzung der Bodenstruktur. Eine gute Bodenstruktur mit kleinen rundlichen Aggregaten zeigt einen hohen Humusgehalt im Verhältnis zum Ton an.

Tabelle 1: Bewertung des Humusgehalts in Abhängigkeit vom Tongehalt

Anteil Humusgehalt am Tongehalt	Bewertung
< 12 %	Ungenügend
12–17 %	Mässig
17–24 %	Gut
> 24 %	Sehr gut

Beispiel 1: Tongehalt 15 %, C_{org}-Gehalt 1,9 %:

$$\text{Humusgehalt} = C_{\text{org}} \times 1,725 = 3,3 \%$$

$$\text{Humus/Ton} = 3,3 \% / 15 \% = 0,22 \text{ (22 \% ; gut)}$$

Beispiel 2: Tongehalt 35 %, C_{org}-Gehalt 2,9 %:

$$\text{Humusgehalt} = C_{\text{org}} \times 1,725 = 5,0 \%$$

$$\text{Humus/Ton} = 5,0 \% / 35 \% = 0,14 \text{ (14 \% ; mässig)}$$

Einflussfaktoren kennen – Potenziale nutzen

Um die Möglichkeiten für eine erfolgreiche Humuswirtschaft auf dem eigenen Betrieb effizient nutzen zu können, müssen die Faktoren bekannt sein, welche den Humusgehalt im Boden regulieren.

- In entwässerten organischen Böden ist der Humusabbau besonders hoch.
- In Hanglagen kann es durch Erosion auch zum Verlust von Humus kommen.
- Humusgehalte können innerhalb eines Feldes sehr stark variieren.

Standorteigenschaften

Bodenart, Lage, Wasserhaushalt und Klima prägen den Humusgehalt eines Bodens. Die meisten Standortfaktoren können durch die Bewirtschaftung nicht beeinflusst werden. Kenntnisse über den Standort sind aber wichtig, um das Potenzial eines Bodens zum Humusaufbau einschätzen zu können.

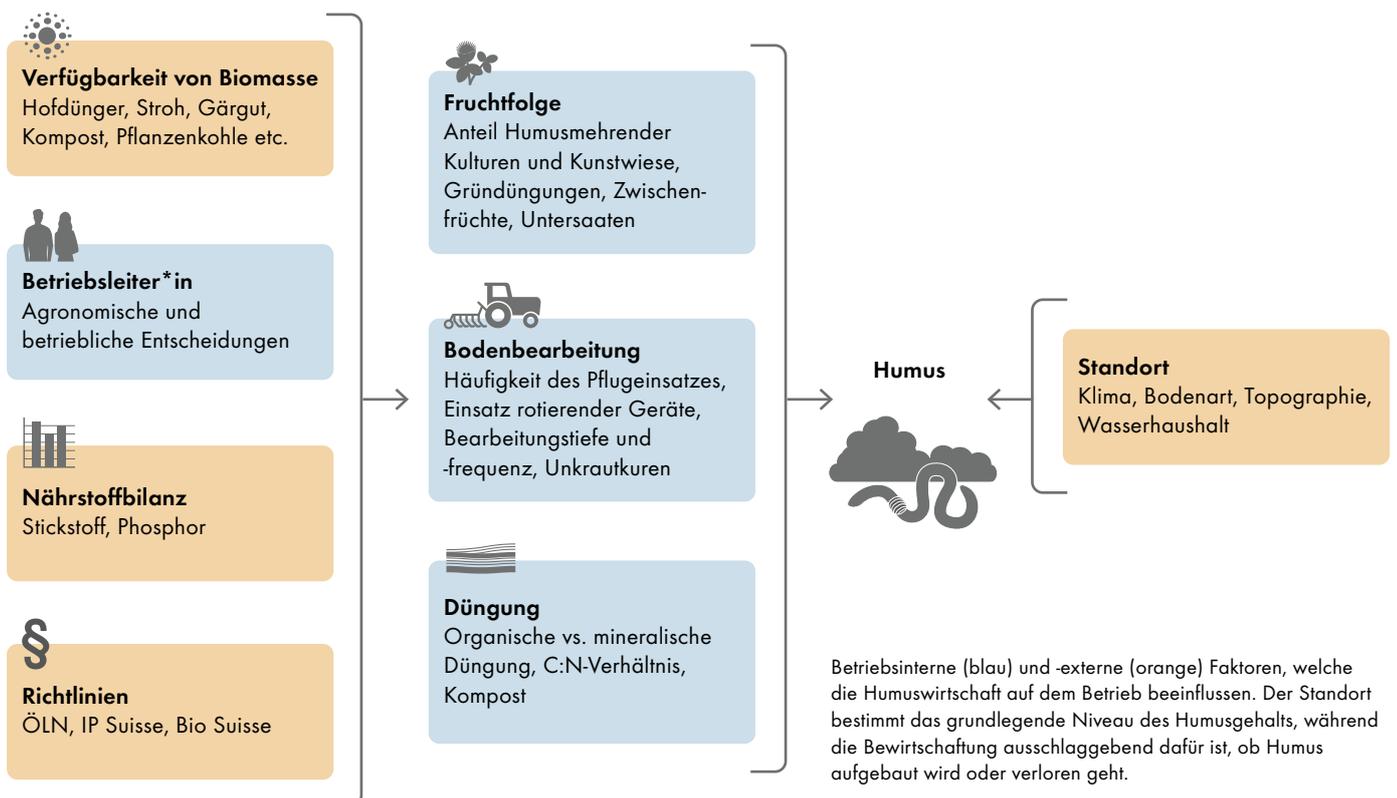
Wichtigste standortbedingte Humusregeln:

- Ein an Humus verarmter Boden hat ein höheres Potenzial zum Aufbau von Humus als ein fruchtbarer Boden.
- Sandige Böden haben ein geringeres Humusaufbaupotenzial.
- Bei mildem und feuchtem Klima erfolgt der Humusabbau schneller als bei kaltem und trockenem Klima.

Worauf achten?

- Bei der Bewertung des Humusgehalts sollte der Tongehalt miteinbezogen werden.
- Standorte sind unterschiedlich und sollten nur mit sich selber verglichen werden. Der gleiche Humusgehalt kann für einen Standort hoch und einen anderen Standort tief sein.
- Auch das Klima und das Wetter beeinflussen den Humusgehalt. Bodenproben sollten daher für eine gute Vergleichbarkeit idealerweise in der gleichen Jahreszeit genommen werden.

Abbildung 2: Einflussfaktoren auf die Humuswirtschaft



Fruchtfolge

Auf Dauergrünland werden die höchsten Humusgehalte gemessen. Auf Ackerflächen mit einem hohen Anteil an Hackfrüchten oder Feldgemüse ist durch die intensive Bodenbearbeitung und den unbedeckten Boden die Gefahr grösser, Humus zu verlieren als auf einem Betrieb mit einem hohen Anteil an Kunstwiese, Getreide und Körnerleguminosen in der Fruchtfolge. Die Fruchtfolge bestimmt, wie viel und wie stark der Boden bearbeitet wird, wie stark und mit welcher Qualität das Bodenleben genährt wird, wie lange und wie dicht der Boden bedeckt ist.

Neben marktwirtschaftlichen und agronomischen Kriterien sollte auch die Wirkung der Fruchtfolge auf den Humusgehalt bei der Planung der Fruchtfolge berücksichtigt werden. Ein Humusabbau durch eine stark zehrende Fruchtfolge kann sich durch die abnehmende Bodenfruchtbarkeit auch finanziell negativ auswirken.

Weitere Informationen zur Fruchtfolgegestaltung können dem FiBL Merkblatt [«Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit»](#) entnommen werden.

Worauf achten?

- Um Humusverluste durch Erosion zu verringern und den Humusaufbau durch eine lebende Pflanzendecke zu fördern, sollte eine möglichst durchgehende Bodenbedeckung mit Untersaaten und Zwischenfrüchten sichergestellt werden.
- Auf humuszehrende Kulturen sollten nach Möglichkeit humusmehrende Kulturen folgen.

Abbildung 3: Humuszehrende und humusmehrende Ackerkulturen



Mit ihren stickstoffreichen Ernterückständen fördert die Soja das Wachstum und die Aktivität von Bodenmikroorganismen. Dies kann zu einer verbesserten Zersetzung von organischem Material und einer erhöhten Humusbildung beitragen.

Gründüngungen und Untersaaten

Viele Gründüngungen und Untersaaten wurden in den letzten Jahren weiterentwickelt. Reinsaaten werden zunehmend durch Mischsaaten ersetzt, da Letztere den Boden sowohl flach als auch in der Tiefe durchwurzeln. Die Kombination verschiedener Pflanzenarten und -familien fördert auch vielfältigere Mikroorganismenpopulationen.

Mit Untersaaten den Boden decken

Untersaaten können wesentlich zu einer durchgehenden Bodenbedeckung beitragen, zum Beispiel zwischen zwei nacheinander folgenden Hauptkulturen. Untersaaten helfen auch, Schädlinge zu regulieren (besonders im Raps), Unkraut zu unterdrücken, Erosion vorzubeugen (besonders bei Hackfrüchten), Nützlingen Schutz und Nahrung zu bieten und die Bodentemperatur zu regulieren. Leguminosenreiche Untersaaten können der folgenden Kultur auch als Stickstofflieferanten dienen. Sie erfüllen ihre Funktion entweder zu Beginn der Kulturzeit und frieren anschliessend ab, wie etwa im Rapsanbau. Oder sie erfüllen ihre Aufgabe vor allem nach der Ernte der Hauptkultur, wie zum Beispiel im Getreideanbau.

Untersaaten erhöhen jedoch die Anforderungen an die Kulturführung, da sie bei gutem Wachstum die Kultur um Wasser, Nährstoffe und Licht konkurrenzieren können. Je intensiver die Führung der Hauptkultur, desto weniger stark kann sich die Untersaat entwickeln.

Untersaaten in Getreide können nach der Ernte als Zwischenfutter oder mehrjährige Kunstwiesen weitergeführt werden. Speziell für den Einsatz als Untersaat entwickelte Mischungen bilden weniger Biomasse als Standard-Futterbaumischungen. Untersaaten mit zu starkem Massenwachstum können sich negativ auf den Ertrag und die Qualität der Hauptkultur auswirken und die Ernte erschweren.

Traditionellerweise werden Untersaaten im Frühjahr mit oder nach dem letzten Striegeldurchgang eingesät. In Gebieten mit Frühjahrstrockenheit kann die Untersaat auch bereits im Herbst mit der Saat ausgebracht werden. In diesem Fall wird jedoch empfohlen, keine wuchsfreudigen Futterbaumischungen einzusetzen.



Gründüngungen und Untersaaten sind wichtige Massnahmen, um den Boden möglichst durchgehend bedeckt zu halten.

C/N-Verhältnis beachten

Sowohl bei Gründüngungen als auch bei Untersaaten bestimmt der Zustand der Biomasse zum Zeitpunkt der Einarbeitung massgeblich, was im Boden passiert.

Ein hoher N-Gehalt (C/N-Verhältnis < 15 , z. B. Gründüngungen mit einem hohen Anteil an Leguminosen oder sehr junger Biomasse) fördert eine rasche Zersetzung und ein hohes Stickstoffangebot in der Folgekultur. Ein rascher Abbau birgt jedoch auch ein Risiko für Nitratverluste, wenn die Folgekultur die Nährstoffmenge nicht verwerten kann.

Ein C/N-Verhältnis von 15–20 enthält ausreichend Stickstoff für eine gute Zersetzung der Biomasse. Eine solche Zusammensetzung weisen in der Regel ausgewogene Mischungen mit Leguminosen oder Zwischenkulturen (z. B. Senf) zu Beginn der Blütezeit auf.

Ein C/N-Verhältnis von über 20 (z. B. verholzte Zwischenfrucht nach dem Winter oder Begrünung mit hohem Grasanteil) weist einen hohen C-Gehalt auf. Sofern nicht mit Gülle oder Handelsdüngern Stickstoff zur Einarbeitung zugegeben wird, wird der für den Abbau benötigte Stickstoff dem Boden entnommen. Dadurch kann es zu einer «Stickstoffblockade» und einer verlangsamt Mineralisierung kommen.

Ein hohes bzw. weites C/N-Verhältnis fördert also eher den Humusaufbau, ein tiefes bzw. enges, das Stickstoffangebot.



Der Einsatz von Transfermulch kann auf vielschwachen Acker- und Gemüsebaubetrieben helfen, die betriebseigenen Kreisläufe besser zu schliessen.

Transfermulch – gezielte Übertragung von Biomasse

Transfermulch ist eine Möglichkeit, um auf viehlosen Betrieben Nährstoffkreisläufe zu schliessen. Transfermulch kann in intensiven und wasserbedürftigen Kulturen wie Kartoffeln oder Feldgemüse den Temperatur- und Wasserhaushalt verbessern und auch zur Unkrautunterdrückung beitragen. Das Futterangebot und der ausgeglichene Wasser- und Temperaturhaushalt fördern das Bodenleben.

Das C/N-Verhältnis des Mulchmaterials entscheidet über die Wirkung auf den Humus und das Stickstoffangebot. Für die Unkrautunterdrückung ist ein weites C/N-Verhältnis von Vorteil, damit das Material nicht schnell abgebaut wird. Für die Düngerwirkung ist ein enges C/N-Verhältnis wichtig.

Für Transfermulch eignen sich verschiedene Substrate:

- Grüne Biomasse von einer anderen Fläche
- Silage als fermentierter Transfermulch
- Heu/Schilf als trockener Transfermulch

Das für den Transfermulch verwendete Mulchmaterial richtet sich nach der Verfügbarkeit von Biomasse auf dem Betrieb (vorbehältlich anderer sinnvollerer Nutzungsmöglichkeiten). Je nach Bewuchs der Spenderfläche und der gewünschten Dicke der Mulchschicht braucht es Spenderflächen im Verhältnis 1 : 1 bis 1 : 4 zur Nehmerfläche. Der Flächenbedarf für die Spenderflächen ist nicht zu unterschätzen und die Ausbringung muss gut geplant werden. Zudem braucht es geeignete Maschinen und möglicherweise Anpassungen auf den Nehmerflächen (z. B. Fahrgassen). Aufwand und Nutzen gilt es abzuwägen.

Worauf achten?

- Grundsätzlich den Boden über den Winter mit lebenden Pflanzen bedeckt halten. Gründüngungen, die über den Winter stehenbleiben, müssen mindestens teilweise winterhart sein.
- Keine mit den Hauptkulturen verwandte Gründüngungspflanzen verwenden. Bei Erbsen in der Fruchtfolge keine nachfolgenden Gründüngungen mit Erbsen oder Wicken ansäen. Andere Leguminosen wie Klee sind weniger problematisch.
- Artenreiche Gründüngungsmischungen sind aus Gründen der Bodenfruchtbarkeit, Unkrautunterdrückung, Zuverlässigkeit beim Auflaufen und der Biodiversität Reinsaaten vorzuziehen.

Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung ist ein wichtiger Faktor bei der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich durch den Verzicht auf eine tiefe, wendende Bodenbearbeitung organische Substanz in der obersten Bodenschicht anreichert. Dies führt zu einer besseren Bodenstruktur und zu einer verbesserten Tragfähigkeit des Oberbodens. Der Erosion wird entgegengewirkt und das Bodenleben profitiert. Vor allem Pilze und Regenwürmer werden weniger gestört und können ihre bodenstabilisierende Wirkung besser entfalten.

Jede Bodenbearbeitung greift den Humus an, je intensiver, desto mehr. Es gilt, das optimale Mass zwischen agronomischem Nutzen und Schaden durch Humusabbau zu finden. Bei der Bodenbearbeitung sollte gelten: so viel wie nötig, so wenig wie möglich.

Pflugeinsatz minimieren

Für viele Biobetriebe ist der Pflug eine Art «Herbizidersatz», um vor allem Wurzelunkräuter unter Kontrolle zu halten. Zudem erleichtert er den Wiesenumbbruch. Durch die Weiterentwicklung flach arbeitender Bodenbearbeitungsgeräte kann heute jedoch weitgehend oder ganz auf tiefes Pflügen verzichtet werden. Bereits flaches Pflügen (bestenfalls mit dem On-land-Pflug) hilft, den Humusabbau zu verringern.

Nichtwendende Bodenbearbeitung bringt aber einige Herausforderungen mit sich:

- Die langsamere Erwärmung des kompakteren Bodens im Frühjahr kann die Jugendentwicklung der Kultur verzögern.
- Die verzögerte Jugendentwicklung kann zu einem höheren Unkrautdruck und einem stärkeren Befall mit Schadorganismen führen.
- Die Rückstände der Vorkultur können Hackgeräte und Striegel verstopfen. Das Zerkleinern der Rückstände der Vorkultur (Mulchgerät) verringert die Gefahr des Verstopfens des Striegels und des Hackgeräts.

Mit Tiefenlockerung gegen Bodenbelastung

Durch das Befahren mit Maschinen, Beweidung und natürliche Sackungsprozesse wird der Boden unterhalb des Bearbeitungshorizontes kompakter. Als Folge davon verschlechtern sich Wasser- und Luftaustausch, wodurch es zu einem geringeren Wurzelwachstum und vermehrt zu Trockenheitsstress kommen kann. Um dies zu verhindern, kann es je nach Boden nötig sein, diesen tiefer zu lockern.

Die Tiefenlockerung kann mechanisch oder biologisch durch den Anbau tiefwurzelnder Kulturen erreicht werden. Auch eine mechanische Tiefenlockerung sollte unbedingt durch Wurzeln stabilisiert werden, bevor der Boden wieder befahren wird. Ansonsten sackt der Boden wieder in sich zusammen.

Worauf achten?

- Schrittweise Veränderungen in der Bodenbearbeitung sind empfehlenswert, um die Auswirkungen besser abschätzen zu können.
- Mechanische Tiefenlockerung muss knapp unter die alte Pflugsohle reichen (20–30 cm tief). Vor der Tiefenlockerung mittels Bodensonde, Spatenprobe oder einem Bodenprofil ermitteln, ob und in welcher Tiefe die Lockerung nötig ist, und ob der Boden genügend abgetrocknet ist.
- Die Tiefenlockerung idealerweise in einer stehenden Gründüngung oder Kunstwiese oder direkt vor der Saat einer tiefwurzelnden Kultur (Luzerne, Chinakohlrüben, etc.) durchführen.
- Nach einer mechanischen Tiefenlockerung ist der Boden gemäss Praxiserfahrungen besonders anfällig auf Verdichtungen, wenn die Lockerung nicht während mehreren Wochen durch Wurzeln stabilisiert wurde.



Die Reduzierung intensiver Bodenbearbeitung trägt wesentlich zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit im Oberboden bei.

Erntereste

Auch die ober- und unterirdischen Erntereste tragen zum Aufbau der organischen Bodensubstanz bei. Was bezüglich C/N-Verhältnis für Zwischenfrüchte gilt, gilt auch für Erntereste: je höher der Ligningehalt (und damit das C/N-Verhältnis), desto langsamer werden sie abgebaut und tragen damit zum Aufbau von Humus bei. Stroh kann deshalb im Boden Stickstoff blockieren, weshalb er idealerweise als Mistkompost auf die Flächen gelangt.



Die Rückfuhr kohlenstoffhaltiger Ernterückstände wie Stroh kann positiv zur Humuswirtschaft beitragen.

Worauf achten?

- Bleiben Ernterückstände mit einem weiten C/N-Verhältnis auf dem Feld liegen, kann es zu einer Stickstoffblockade in der nachfolgenden Kultur kommen, da der im Boden vorhandene Stickstoff für den Abbau der Ernterückstände gebraucht wird.
- Eine Güllegabe über die Getreidestoppeln verengt das C/N-Verhältnis der verfügbaren Nährstoffe und fördert dadurch den Abbau der Erntereste (Strohrotte). Beim Ausbringen kann es jedoch zu Ammoniakemissionen kommen und Nährstoffe können durch die fehlende Aufnahme durch die Pflanzen ausgewaschen werden.

Hofdünger

Auf den meisten Biobetrieben bilden Hofdünger die Grundlage für die Düngung der Kulturen. Vielerorts besteht jedoch noch grosses Verbesserungspotenzial in der Anwendung der Hofdünger.

Ausbringen

Im Gegensatz zur mineralischen Düngung greift die organische Düngung den Humus viel weniger an oder kann sogar humusmehrend wirken. Bei unvorsichtigem Einsatz können aber grosse Teile der Nährstoffe verloren gehen. Diese stehen den Kulturpflanzen dann nicht mehr zur Verfügung und können die Umwelt belasten.



Aus Sicht der Humuswirtschaft sind Mist produzierende Stall-systeme vorteilhafter als Gülle produzierende Systeme.

Worauf achten?

- Nährstoffe dann ausbringen, wenn sie von den Pflanzen aufgenommen werden können.
- Nicht auf unbewachsene Flächen, bei Wasserübersättigung, starker Trockenheit oder Vegetationsruhe ausbringen.
- Aus Sicht des Humusaufbaus sind schnelllösliche Stickstoffdünger wie Gülle oder Gärgülle eher zu vermeiden.
- Grosse Güllegaben schaden den Regenwürmern. Deshalb in der Regel nicht mehr als 25 m³ Gülle pro Hektar und Gabe ausbringen.
- Eine Verdünnung von Gülle kann die ätzende Wirkung auf die Regenwürmer mindern.
- Eine Güllebeprobung zu gewissen Zeitpunkten im Jahr gibt Aufschluss über die Nährstoffkonzentration in der Gülle und lässt sich in der Regel auch für die Folgejahre nutzen.
- Zur Reduktion der Ammoniakverluste (und der Geruchsemissionen) Gülle bei niedrigen Temperaturen (am besten abends vor der kühlen Nacht) und bodennah ausbringen.
- Im Ackerbau unmittelbar nach der Ausbringung oberflächlich einarbeiten.

Aufbereitung

Die Aufbereitung der Hofdünger hat zum Ziel, die Verträglichkeit der Dünger für Boden und Pflanzen zu verbessern und Nährstoffverluste zu reduzieren. Mist kann kompostiert, Gülle kann separiert und verdünnt werden.



Durch Anrotten oder Kompostieren des Mistes kann eine bessere Humuswirkung erreicht werden.

Mist kompostieren

Das Kompostieren von Mist verengt das C/N-Verhältnis und verbessert bei strohareichem Mist die Verfügbarkeit der Nährstoffe und vermeidet eine Stickstoffblockade. Der im Mistkompost enthaltene Kohlenstoff ist humifiziert und bleibt damit längerfristig im Boden gespeichert.

Der Aufwand zur Herstellung von Mistkompost ist relativ gross und erfordert Erfahrung. Rottemist kann ein pragmatischer Kompromiss zwischen Mistkompost und Frischmist sein. Er lässt sich durch Umschichten und lockere Lagerung auf der Mistplatte herstellen. Rottemist ist besser pflanzenverträglich als Frischmist und hat bei stroharmem Mist eine schnellere Stickstoffwirkung als Mistkompost. Mistkompost wirkt sich jedoch stärker auf den Humusaufbau aus als Rottemist. Frischmist hat die geringste Humuswirkung.

Tabelle 2: Wirkungen der verschiedenen Mistarten

Stapelmist
<ul style="list-style-type: none">• Geringe Humuswirkung• Stickstoffblockade möglich• Bildung pflanzenunverträglicher Stoffe möglich
Rottemist
<ul style="list-style-type: none">• Mittlere Humuswirkung• Gutes Regenwurmfutter• Mittlerer Aufwand• Gute Stickstoffwirkung
Mistkompost
<ul style="list-style-type: none">• Beste Humuswirkung• Grösster Aufwand• Gute Stickstoffwirkung• Keine Stickstoffblockade auch bei strohareichem Mist

Gülle separieren

Das Separieren der Vollgülle ermöglicht einen gezielten Einsatz der festen und flüssigen Anteile der Hofdünger und hilft, Nährstoffverluste beim Ausbringen zu reduzieren. Die Separierung der festen Bestandteile erhöht zudem das Güllelagervolumen leicht.

Die meisten Betriebe verdünnen die Gülle durch den Wassereintrag in den Laufhof. Je stärker die Verdünnung ist, desto pflanzen- und bodenverträglicher wird die Gülle. Ein knapper Gülle-

lagerraum, die Verfügbarkeit von Wasser und die Arbeitseffizienz beim Ausbringen können die Verdünnung der Gülle jedoch einschränken.

Einsatz von Zusatzstoffen

Auf dem Markt werden verschiedene Zusätze wie Gesteinsmehle, organische Stoffe, Bakterienpräparate oder sogenannte Informationsträger zur Verringerung von Emissionen in Hofdüngern und zur Steigerung der Nährstoffeffizienz angeboten.

Wissenschaftliche Untersuchungen konnten für Hofdüngerzusätze bisher nur selten positive Wirkungen bestätigen und die Resultate waren oft nicht reproduzierbar. Es gibt daher aus wissenschaftlicher Sicht keine Hofdüngerzusätze, welche uneingeschränkt empfohlen werden können.

Pflanzkohle ist eine sehr stabile organische Substanz und wird bei den gängigen Humusmethoden als Humus gemessen. Wer also Pflanzkohle ausbringt, erhöht den gemessenen Humuswert, aber nicht den tatsächlichen. Der Einsatz von Pflanzkohle findet in der Praxis viel Interesse, es ist aber davon auszugehen, dass für eine erhöhte Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit des Bodens sehr grosse Mengen an Pflanzkohle benötigt werden. Ein Effekt ist vor allem auf sandigen Böden zu erwarten.

Es gibt sehr unterschiedliche Qualitäten von Pflanzkohle, weshalb nur zertifizierte Pflanzkohle eingesetzt werden sollte. Zum Einsatz in der Gülle, im Stall, in der Fütterung oder bei der Kompostierung reicht die wissenschaftliche Datenlage für eine Empfehlung bisher nicht aus.

Beobachtungen von Landwirt*innen zufolge haben Hofdüngerzusätze eine gewisse Wirkung gezeigt, wenn sie bereits in der Fütterung oder zur Einstreu eingebracht wurden.

Worauf achten?

- Beim Kompostieren sind das Ausgangsmaterial, die richtige Feuchtigkeit, das Umsetzen und weitere Faktoren für ein gutes Ergebnis entscheidend.
- Je nach betrieblichen Voraussetzungen wie Exposition oder Gewässerschutzzone ist das Anlegen von Feldrandmieten nicht oder nur beschränkt möglich. Die Herstellung von Rottemist auf der Mistplatte ist eine Alternative.
- Beim Einsatz von Zusatzstoffen die Behandlungen konsequent durchführen und «überprüfen», ob der gewünschte Effekt auf den Humus eintritt.

Zufuhr anderer organischer Dünger

Neben betriebseigenen Hofdüngern können im Rahmen der Nährstoffbilanz auch organische Dünger von anderen Biobetrieben zugeführt werden. Für die Humuswirtschaft besonders geeignet sind gut verrotteter Kompost oder Mistkompost. Biobetriebe dürfen auch bis zu 50 % ihrer Gesamtzufuhr an Nährstoffen aus Biogasanlagen beziehen. Man unterscheidet dabei zwischen Gärgut aus landwirtschaftlichen und gewerblichen Biogasanlagen. Gärgut aus gewerblichen Biogasanlagen beinhaltet mehr als 20 % Co-Substrate, enthält typischerweise mehr Stickstoff und tendenziell mehr Fremdstoffe. Flüssiges Gärgut muss in der Betriebsmittelliste gelistet sein und sollte wegen der hohen Konzentration an leicht löslichem Stickstoff aus Sicht der Humuswirtschaft eher sparsam und verdünnt eingesetzt werden. Besonders bei nicht-landwirtschaftlichen Biogasanlagen und Kompostierwerken sollte beim Bezug von Gärgut oder Grüngutkompost auch auf den Besatz an Fremdstoffen geachtet werden. Bei mehrjährigem Einsatz von verunreinig-

ten Produkten kann sich beispielsweise Plastik in den Böden akkumulieren. Zudem gibt es in den Bio Suisse Richtlinien weitere Bestimmungen bezüglich zulässiger Nährstoffmengen und maximaler Transportdistanz.

Durch die Zufuhr organischer Dünger kann zwar der Humusgehalt auf den eigenen Flächen gesteigert werden, jedoch wird kein zusätzlicher Kohlenstoff aus der Atmosphäre im Boden gespeichert.

Worauf achten?

- Um die Einfuhr krankheitserregender Organismen und Problemunkräuter zu vermeiden, organische Dünger nur aus vertrauenswürdigen Quellen einsetzen.
- Beim Einsatz von Grüngutkomposten und Produkten aus nicht-landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen das Risiko durch Fremdstoffe beachten. Bei regelmässigem Einsatz plastikhaltiger organischer Dünger können auch geringe Anteile von Plastik Felder stark verunreinigen.

Wie den Humusgehalt messen?

Humusmessungen sind auf Grund saisonaler Schwankungen, grosser Heterogenität im Feld und weiteren Faktoren mit Vorbehalten zu interpretieren. Zur Beobachtung der Auswirkungen von Änderungen in der Anbaupraxis können Messwerte aber hilfreich sein. Um aussagekräftige Ergebnisse zum Humusgehalt zu erhalten, gilt es einige Punkte zu beachten.

Im [Merkblatt Bodenuntersuchung](#) ist das Vorgehen ausführlich beschrieben. Es liefert Hinweise zur Wahl der geeigneten Analyseverfahren. Die Farbschätzung anhand einer Fühlprobe ist für die Bestimmung des Humusgehalts zu ungenau. Bei nicht präzisierter Analyseverfahren für die Humusbestimmung sollte beim Analyselabor nachgefragt werden. Detaillierte Humusmonitorings, wie sie beispielsweise bei Projekten zum Humusaufbau als Klimaschutzmassnahme vorausgesetzt werden, kosten mehr als eine Standard-Humusanalyse.

Für eine grobe Schätzung der Humusgehalte aller Parzellen auf einem Betrieb ist der kostenlose Humusrechner der Agroscope auf [humusbilanz.ch](https://www.agroscope.ch/humusbilanz) nützlich.

Der Humusrechner gibt die Tendenz an, ob die Bewirtschaftung den Humusgehalt fördert oder verringert. Die Humusbilanz vergleicht die Zufuhr und den Abbau der organischen Substanz unter Berücksichtigung von Tongehalt, pH-Wert und der angebauten Kulturen. Ebenfalls wird die Zufuhr von organischen Düngern berücksichtigt. Die Humusbilanz ermöglicht eine grobe Einschätzung pro Parzelle sowie über den gesamten Betrieb.

Analytische Humusbestimmung

Die Bestimmung des organischen Kohlenstoffs erfolgt durch die Verbrennung bei mehr als 900 °C in einem Elementaranalysator. Aus der bei der Verbrennung abgegebenen Menge CO₂ wird der Gehalt an organischem Kohlenstoff berechnet. Daraus lässt sich durch Multiplikation mit 1,72 der Humusgehalt errechnen (z. B. 1,8 % organischer Kohlenstoff × 1,72 = 3,1 % Humus).

Die Humusbestimmung mittels Glühverlust oder nasschemisch mit Di-Chromat nach Walkley-Black ist nicht mehr zeitgemäss.

Beispiele aus der Praxis: Wie machen es andere?

Die gewählten Massnahmen für den Humusaufbau müssen zum Betrieb passen und sich gut in die bestehenden Arbeitsabläufe einfügen. Die folgenden Beispiele zeigen, dass mit Interesse, Beobachtung

und etwas Geduld für jeden Betrieb Lösungen gefunden werden können. Aus den Äusserungen der Landwirte wird auch deutlich, dass Humuswirtschaft auch ein Prozess kontinuierlichen Lernens ist.

Ruedi Bühler Heimenhausen BE

Betriebssteckbrief

Status: Bio

Landwirtschaftliche Nutzfläche: 32 ha

Ackerbau: 16 ha (10 ha Futterproduktion)

Tiere: Milchkühe und Legehennen (31,38 GVE)

» Seit der Umstellung auf Bio im Jahr 2018 legen wir den Fokus im Ackerbau auf regenerative Bearbeitungsmethoden. Zudem konzentrieren wir uns verstärkt auf einzelne Kulturen wie Kartoffeln.

Zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit halten wir die Böden möglichst lange in aufbauendem Zustand. Dazu setzen wir so oft es geht Zwischenfrüchte und Untersaaten in der Kulturfolge ein. Das ganze Jahr über streben wir die volle Ausnutzung der Sonnenenergie in den Kulturen an.

Aufbereitete Hofdünger bringen wir jeweils in die wachsenden Haupt- und Zwischenkulturen ein. Das Augenmerk liegt auf der Versorgung der Bodenorganismen und Würmer durch frische, in Rotte gebrachte Gründüngungen.

Beim Getreide kommt als Untersaat die erweiterte und insektenfreundliche Rezeptur von Green Carbon Fix (Sativa) zum Zug, die wir im Frühjahr säen. Solche Gründüngungen schliessen die Ernährungslücke für Bodenorganismen zwischen der Abreife des Getreides und der Etablierung der Zwischenfrucht. Nach einem Striegel- und Walzgang sowie dem Säuberungsschnitt nach der Ernte lassen wir die Untersaat entweder beweiden, silieren oder als Gründüngung verrotten.



Ein aktives Bodenleben mineralisiert Nährstoffe und wirkt sich positiv auf den Ertrag aus.

Zur Nährstoffversorgung der Böden nutzen wir aufbereiteten Mist aus der Tiefstreu und mit EM-Ferment und Pflanzenkohle aufbereitete Vollgülle. Auf dem Hof produzieren wir zirka 4000 l Rottelenker auf EM-Basis zur Stabilisierung der Rotten und als Pflanzenstärkungsmittel für die Kartoffeln und den Raps.

Schon vor der Umstellung auf Bio praktizierten wir Tiefenlockerung mit einem Grubber mit dem Ziel, den Boden anzuheben, ohne die Schichtung durcheinander zu bringen. Die Bodenstruktur und die Würmer sollten geschont werden. Je nach Kultur und Bodenart kann der Pflug durchaus sinnvoll sein, allerdings kommt er in unseren leichten Böden heute selten zum Einsatz.

Messungen des Humusgehalts von fünf Proben, die 2018 und 2021 genommen wurden, zeigten eine Zunahme des Humusgehalts auf den beprobten Flächen an. Zurzeit versuchen wir, besser zu verstehen, mit welcher Düngerszusammensetzung (C:N-Verhältnis) wir den besten Humusaufbau erzielen.



Die Fruchtfolge bestimmt den Humusgehalt im Boden stark mit.

Moritz Ehrismann Leiter Ackerbau Gut Rheinau ZH

Betriebssteckbrief

Status: Demeter

Landwirtschaftliche Nutzfläche: 121 ha

Ackerbau: 73 ha

Tiere: Milchkühe, Aufzuchtrinder und weitere Tiere
(total 80 GVE)

» Die 71 ha Ackerbaufläche nutzen wir sehr divers und mit guten Flächenanteilen. Neben der Saatgutvermehrung für verschiedene Getreidesorten sowie dem Anbau von Flachs und Hirse bauen wir auch grosse Anteile Gemüse und Kunstwiesen an. Die grosse Vielfalt an Kulturen führt auch zu sehr unterschiedlichen Zwischenfrüchten und Untersaaten.

Grundsätzlich begrünen wir alle Flächen, die längere Zeit offen sind. Ist nach Getreide in der Kulturfolge Feingemüse vorgesehen, nutzen wir ein nicht winterhartes Dominanzgemenge für eine stark deckende Mischung mit kurzer Wachstumszeit, die auch bei frühen Saatterminen und trockenen Böden geeignet ist.

Bauen wir nach Getreide Lagergemüse an, kommen vielfältige abfrierende Gründüngungen mit tiefer Durchwurzelung und hoher N-Fixierung zum Zug («Astera» und «Solana» von Sativa). Vor Bohnen und Erbsen nutzen wir auch Gründüngungen, die über den Winter begrünen und die wir als Zwischenfutter verwenden.

Für die Nährstoffversorgung kompostieren wir 70 % des Mistes in Feldrandmieten. Den Mist arbeiten wir sofort nach der Ausbringung oberflächlich ein.

In der Bodenbearbeitung greifen wir nur auf den Pflug zurück, wenn in kürzester Zeit ein sauberes Saatbeet benötigt wird, wie es nach einer Kunstwiese und vor Flachs und Hirse der Fall ist. Wir pflügen mit einem Onland-4-Scharpflug, um die Bodenschäden in der Pflugsohle zu minimieren. Zudem ermöglicht der Onlandpflug den Einsatz von Breitreifen, was wiederum die Bodenstruktur schont.

Grundsätzlich reduzieren wir die Bearbeitungstiefe, soweit es die technischen Möglichkeiten zulassen, um den Abbau der organischen Substanz in der Tiefe zu reduzieren. Die in den oberen Schichten verbleibenden Pflanzenreste führen zu einer Humusanreicherung.

Mit unseren Methoden konnten wir die Humuswerte während der letzten 20 Jahre stabil halten. Gute Erträge und ein geringer Krankheitsdruck deuten auf eine zufriedenstellende Bodenfruchtbarkeit hin.

Mit den beschriebenen Massnahmen versuchen wir eine Bodenstruktur zu fördern, welche mit dem Kompost, den Hofdüngern und den biodynamischen Präparaten die Lebendigkeit und Fruchtbarkeit aus sich heraus hervorbringt.

Ackerbau bedingt Eingriffe in den Boden, die immer einen Abbau organischer Substanz und das Risiko von Strukturschäden mit sich bringen. Mit einer Vielzahl von Einzelmassnahmen wie einer angepassten Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, Bodenbedeckung oder dem Einsatz von geeignetem Kompost können wir die negativen Effekte minimieren oder sogar ins positive wenden.

Peter Hilfiker Feldgrabenhof, Rothrist AG

Betriebssteckbrief

Status: Bio

Landwirtschaftliche Nutzfläche: 41 ha

Gemüsebau: 9 ha

Tiere: Mutterkuhhaltung (40 GVE)

» Mit 9 ha entfällt ein grosser Teil unserer Betriebsfläche auf den Anbau von Gemüse wie Karotten, Blumenkohl, Brokkoli, Spinat, Bohnen oder Erbsen. Auf den übrigen 16 ha betreiben wir Acker- und Futterbau für die Mutterkuhhaltung. Unsere Fruchtfolgen werden stark durch die Abnahmeverträge für das Gemüse beeinflusst. Trotzdem achten wir auf das Einhalten der Anbaupausen.

Gerade im eher schwierigen Biogemüseanbau ist ein aktiver Boden für die Pflanzengesundheit von grosser Bedeutung. Bei Abständen von mehr als 4 Wochen zwischen Kulturen säen wir Gründüngungen ein. Früh im Jahr kommen Dominanzgemenge zum Einsatz und spät im Herbst haben wir gute Erfahrungen mit Grünroggen gemacht. Zur Rottelenkung der Gründüngungen setzen wir beim Einarbeiten effektive Mikroorganismen ein. Zur zusätzlichen Düngung unserer Gemüsekulturen verwenden wir zirka 200 Tonnen «Champost Fine Funghi». Als Nebenprodukt aus der Champignonzucht leistet dieses Produkt einen wertvollen Beitrag zur Ernährung der Gemüsekulturen.

In der Bodenbearbeitung kommt der Pflug nur sehr zurückhaltend zum Einsatz. Das Getreide wird gestriegelt und der Acker nach der Ernte flach geschält und gegen Keimlinge mit der Egge bearbeitet. Das Gemüse hacken wir und halten es zusätzlich von Hand unkrautfrei. Bodenbearbeitungen mit der Winkelmesserfräse, der Kreisel- und der Scheibenegge helfen dabei, ein feines Saatbeet für die Gemüsekulturen herzustellen.



Der Gemüsebau stellt aufgrund vieler humuszehrender Kulturen und der intensiven Bodenbearbeitung eine besondere Herausforderung für die Humuswirtschaft dar.

Als Gemüsebetrieb versuchen wir in erster Linie, den Humusgehalt halten zu können, was nicht ganz leicht ist. Es gehen keine Flächen unbewachsen durch den Winter. Den Hofdünger bringen wir nur in wachsende Bestände aus.

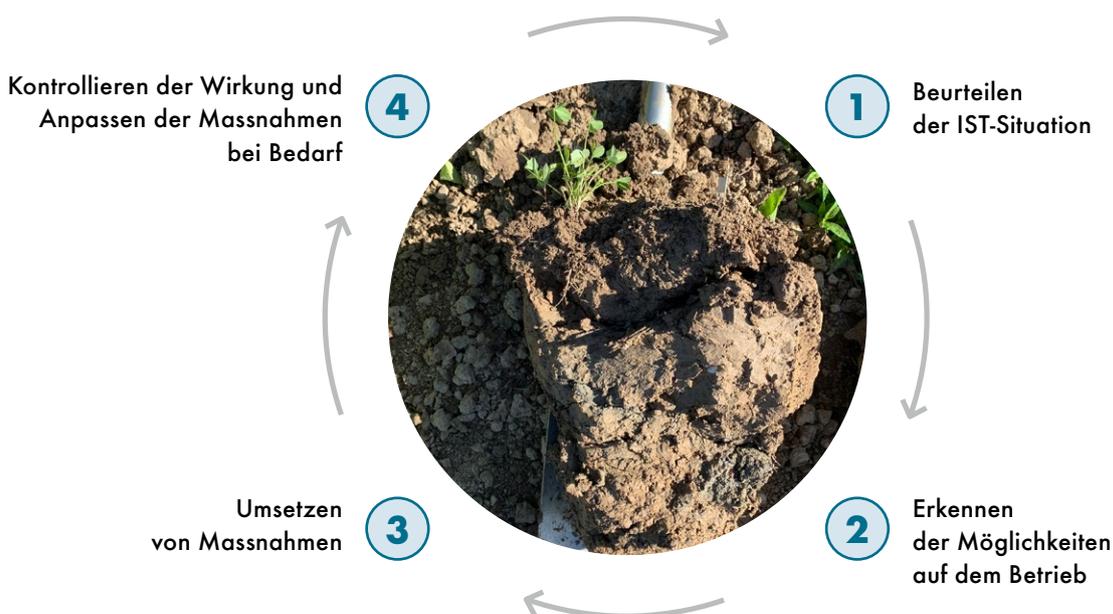
Wir halten immer Ausschau nach neuen Methoden und Kulturmassnahmen, die uns dabei helfen können, die für einen Gemüsebetrieb guten Humuswerte zu halten. Das Rad dreht sich schliesslich immer weiter.

Die Humusaufbaustrategie auf dem eigenen Betrieb planen

Die Planung einer Humusaufbaustrategie setzt Kenntnisse über die Einflussfaktoren auf betrieblicher Ebene voraus. Wie lassen sich die Faktoren

betriebspezifisch bestmöglich nutzen? Die folgenden vier Schritte können dabei helfen, die Faktoren im Sinne des Humusaufbaus einzusetzen.

Abbildung 4: In vier Schritten zur betriebspezifischen Humusaufbaustrategie



1 Beurteilen der IST-Situation

Mithilfe des Online-Tools humusbilanz.ch lässt sich eine Humusbilanz über die gesamte Fruchtfolge und den ganzen Betrieb berechnen. Da die Humusbilanz eine Hoftorbilanz ist, werden nicht alle Faktoren erfasst. So werden bisher zum Beispiel die Bodenbearbeitung oder Untersaaten nicht berücksichtigt.

Die Humusbilanz ist für eine erste Einschätzung hilfreich und kann Schwachpunkte in der Humuswirtschaft aufdecken. Eigene Beobachtungen und zusätzliche Parameter können helfen, über die Humusbilanz hinaus die Situation im eigenen Betrieb einzuschätzen und mögliche Defizite zu erkennen:

Bodenzustand

- Gibt es Ackerflächen mit Anzeichen von Erosion?
- Gibt es erosionsgefährdete Flächen, auf denen Acker- oder Gemüsebau betrieben wird?

- Gibt es Probleme mit oberflächlicher Verschlammung oder Verdichtungen?
- Gibt es Stellen, an denen die Kulturen schlecht wachsen?

Bodenbearbeitung

- Wie und wie häufig erfolgt die Bodenbearbeitung auf dem Betrieb?

Geschlossene Kreisläufe

- Wie gut sind die Kreisläufe auf dem Betrieb geschlossen? Landen Futter und Stroh in Form von Mist, Kompost und Gülle wieder auf den Kulturflächen?
- Werden grosse Mengen an Raufutter, Stroh oder Ackerkulturen vom Betrieb weggeführt?

Fruchtfolge

- Wie gross ist der Anteil an humuszehrenden und humusmehrenden Kulturen?

Untersaaten, Zwischenkulturen und Gründüngungen

- Werden sie in der Fruchtfolge bereits eingesetzt?

Zufuhr von Düngern und Kohlenstoffträgern

- Werden betriebsfremde Dünger zugeführt?
- Wie ist das C/N-Verhältnis der zugeführten Dünger? Dienen sie der Düngung (viel N) oder dem Humusaufbau (viel C)?

2 Erkennen der Möglichkeiten auf dem Betrieb

Art und Umfang der Verbesserungsmöglichkeiten variieren von Betrieb zu Betrieb. Die folgenden Fragen können Hinweise auf mögliche Verbesserungen liefern.

Bodenbearbeitung

- Kann der Einsatz des Pflugs reduziert werden?
- Kann die Intensität der Bodenbearbeitung vor einzelnen Kulturen reduziert werden?
- Können einzelne Bodenbearbeitungsgänge ganz einspart werden?

Kulturen

- Welche humusmehrenden Kulturen könnten die Fruchtfolge anreichern?
- Verbleiben Erntereste auf dem Acker oder innerhalb des betrieblichen Nährstoffkreislaufs oder verlassen sie den Betrieb?

Gründüngungen

- Gibt es Anbaupausen von über 4 Wochen, in denen noch keine Gründüngungen gesät werden?

Untersaaten

- Bei welchen Kulturen können zusätzlich Untersaaten eingesät werden (Getreide, Ölsaaten, Mais, Ackerbohnen)?

Zufuhr von Kohlenstoffträgern

- Lässt die Nährstoffbilanz die Zufuhr zusätzlicher Kohlenstoffträger wie Kompost zu?

Schlagspezifische Bewirtschaftung

- Kann auf erosionsanfälligen Flächen auf den Anbau von Kulturen mit geringer Bodenbedeckung verzichtet werden?
- Kann in Hanglagen Ackerland durch Dauergrünland ersetzt werden, oder können an Stellen mit einem grossen Gefälle Grünlandstreifen eingebaut werden?

Bodendruck

- Kann das Maschinengewicht reduziert werden?
- Können die Anzahl Überfahrten im Grünland und im Ackerbau reduziert werden?

Verdichtungen

- Können verdichtete Böden tiefengelockert werden?

Extensivierung

- Können Bereiche mit Stau- oder Grundwasser einfluss gezielt extensiviert werden?



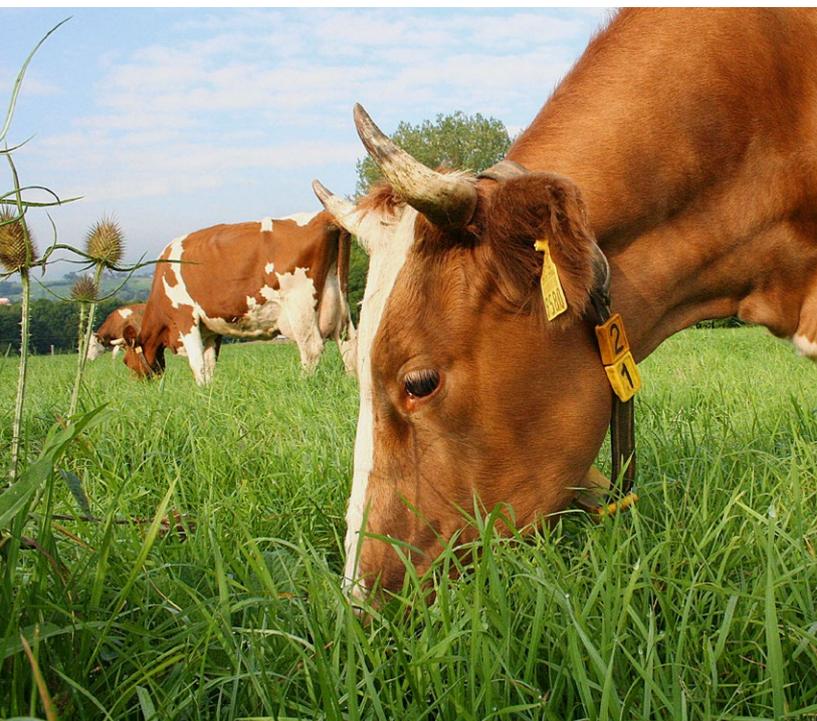
Fast alle Massnahmen der Humuswirtschaft fördern auch die Regenwürmer, die einen wichtigen Beitrag zur Bodenfruchtbarkeit leisten.

3 Umsetzen von Massnahmen

Die vollständige Ausrichtung der Bewirtschaftung eines Landwirtschaftsbetriebs auf den Aufbau der organischen Bodensubstanz ist aus markt- und arbeitswirtschaftlichen und sozialen Gründen in manchen Fällen nicht möglich.

Die langfristigen Vorteile durch den Humusaufbau müssen gegen andere Betriebsinteressen abgewogen werden. Als erstes sollten die Massnahmen eingesetzt werden, welche auf dem Betrieb am einfachsten umzusetzen sind und dabei den grössten Erfolg versprechen.

Um finanzielle Risiken zu minimieren, empfiehlt es sich, Änderungen dosiert umzusetzen und bisher bewährte Praktiken schrittweise anzupassen. Im Zweifelsfall kann es sinnvoll sein, Massnahmen zuerst auf Teilflächen zu testen. So lassen sich die Umsetzbarkeit und die kurzfristige Wirkung überprüfen.



Wiederkäuer ermöglichen die Nutzung der Kunstwiese in der Fruchtfolge und produzieren wertvollen Mist. Sie sind somit ein zentrales Element der Humuswirtschaft.

4 Wirkungskontrolle und Anpassung der Massnahmen

Die Prozesse im Boden sind komplex und können im Zusammenhang mit dem Humusgehalt zum Teil erst nach Jahren erkenn- und messbar sein. Da sich Humusgehalte innerhalb der Flächen wegen der Bodenart, aber auch im Jahres- und Fruchtfolgeverlauf, je nach Wetter und Kultur stark ändern, ist es schwierig, die Wirksamkeit einer einzelnen Massnahme zu überprüfen.

Aufgrund der Komplexität der Humusdynamik empfiehlt es sich, im Zusammenhang mit Massnahmen zur Förderung des Humusgehalts im Boden langfristig zu denken und Veränderungen über Jahre hinweg zu dokumentieren. Aufzeichnungen und Fotos können zur Dokumentation hilfreich sein. Um eine Vergleichsmöglichkeit zu haben, kann es auch helfen, die Bewirtschaftung auf einem Teil einer Parzelle wie gewohnt fortzusetzen oder auf eine gewählte Massnahme zu verzichten.

Veränderungen im Boden und im Pflanzenwachstum müssen kurz- und längerfristig betrachtet und mit verschiedenen Instrumenten gemessen werden.

Zur Überprüfung der Ergebnisse stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Idealerweise werden sie kombiniert eingesetzt:

- Spatenproben
- Ertragshebung
- Analytische Messung des Humusgehalts (Bodenanalyse)
- Humusbilanz

Werden Veränderungen in der Bodenstruktur oder im Pflanzenwachstum beobachtet, lassen sie sich oft nicht auf eine einzige Anpassung in der Bewirtschaftung zurückführen.

Abbildung 5: Do's und Dont's der Humuswirtschaft



Vielfältige Fruchtfolgen planen

Mit Untersaaten und Gründüngungen möglichst ganzjährige Bodenbedeckung anstreben

Mist kompostieren oder anrotten

Nach Möglichkeit Tiefe und Intensität der Bodenbearbeitung reduzieren

Erosion vermeiden durch Mulchsaat, Wiesenstreifen in steilen Lagen oder anderen Massnahmen

Boden mit geeigneten Hilfsmitteln beobachten und Bodenentwicklung dokumentieren



Einseitige Fruchtfolgen mit einem grossen Anteil an Hackkulturen und einem geringen Anteil an Kunstwiesen und Gründüngungen

Verzicht auf mehrjährige Kunstwiesen

Einseitiger Einsatz leichtlöslicher Dünger wie Gülle und Presswasser

Überintensive Bodenbearbeitung, Unkrautkuren und lange Schwarzbrache

Verlust an organischem Material durch Erosion und Wegfuhr von Futter und Stroh

Befahren und Bearbeiten des Bodens bei ungeeigneten Bedingungen



Der Erfahrungsaustausch mit anderen Landwirt*innen und Berater*innen kann für die Optimierung von Massnahmen wertvolle Anregungen liefern.



Weiterführende Informationen

Agroscope Humusbilanz: humusbilanz.ch

Spatenprobe BodenDok (Anleitungen, Formulare, Videos, App):
[Spatenprobe.ch](https://spatenprobe.ch)

Merkblatt «Bodenuntersuchungen für Biobetriebe»: shop.fibl.org
> 1158

Merkblatt «Bodenschutz und Fruchtfolge»: shop.fibl.org > 1432

Faktenblatt «Boden und Klima»: shop.fibl.org > 2517

Faktenblatt «Mikrobielle Biostimulanzen»: shop.fibl.org > 1417

Dossier «Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit»: shop.fibl.org >
1576

Merkblatt «Regenwürmer – Baumeister fruchtbarer Böden»:
shop.fibl.org > 1610

Kurzbericht «Kriterien für die Zertifizierung von Kohlenstoff-
senken in Landwirtschaftsböden»: agrarforschungschweiz.ch

Impressum

Herausgeber

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL
Ackerstrasse 113, Postfach 219, 5070 Frick, Schweiz
Tel. +41 (0)62 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Autoren: Jeremias Niggli, Daniel Böhler, Tim Schmid (alle FiBL)

Durchsicht: Raphaël Charles, Hansueli Dierauer, Andreas Fliessbach,
Maïke Krauss, Paul Mäder, Markus Steffens (alle FiBL)

Redaktion: Jeremias Lütold, Gilles Weidmann (beide FiBL)

Grafik: Brigitta Maurer, Sandra Walti (beide FiBL)

Fotos: Thomas Alföldi (FiBL): Seite 4, 18, 19, 20; Ruedi Bühler: S. 13;
Congerdesign@Pixabay: S. 9 (2); Christophe David (ISARA-Lyon):
S. 7; Hansueli Dierauer (FiBL): S. 6, 9 (1); Moritz Ehrismann: S. 14;
Peter Hilfiker: S. 15; Claudia Frick (Bio Suisse): S. 10 (2); Maïke Krauss
(FiBL): S. 10 (1); Jeremias Niggli (FiBL): S. 1, 2, 3, 8; Tim Schmid (FiBL):
S. 16; René Schulte (Bio Suisse): S. 17

FiBL Art. Nr.: 1314

Das Merkblatt steht unter shop.fibl.org zum kostenlosen Download
oder als kostenpflichtige Druckversion zur Verfügung.

Alle Angaben in diesem Merkblatt basieren auf bestem Wissen und
der Erfahrung der Autoren. Trotz grösster Sorgfalt sind Unrichtigkeiten
und Anwendungsfehler nicht auszuschliessen. Daher können die
Autoren und der Herausgeber keinerlei Haftung für etwa vorhandene
inhaltliche Unrichtigkeiten sowie für Schäden aus der Befolgung der
Empfehlungen übernehmen.

2024 © FiBL

Für detaillierte Copyright-Informationen siehe fibl.org/de/copyright.