

# Agrarfakten – Humus als CO<sub>2</sub>-Senke

## Kann der Boden durch drastische Erhöhung des Humusgehaltes als Kohlenstoffsenke genutzt werden?

Martin Körschens, Gerhard Breitschuh und Hans Eckert

23.07.2018 / 27.03.2024

### Veranlassung

Die Ackerböden bieten in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität die Voraussetzung für fotosynthetische Kohlenstoffbindung und Pflanzenwachstum. Je effizienter die Böden bewirtschaftet werden, desto positiver ist der Treibhausgassaldo ([www.agrarfakten.de/klimaefekte](http://www.agrarfakten.de/klimaefekte)).

Ackerböden sind in der Lage, kohlenstoffhaltige Pflanzenprodukte zum Aufbau von Humus zu nutzen, der vor allem die physikalischen Eigenschaften der Böden spürbar verbessert. Standortspezifisch stellt sich ein optimaler Humusgehalt ein, wenn langfristig mit ausgeglichenen Humusbilanzen gewirtschaftet wird ([www.agrarfakten.de/humus2](http://www.agrarfakten.de/humus2)). Mit zunehmender, bedarfsge-rechter Düngung steigen neben Erträgen auch die Wurzel- und Ernterückstände und damit in der Regel auch die C<sub>org</sub>-Gehalte im Boden.

Immer wieder wird die Hoffnung genährt, auch die bereits intensiv genutzten Ackerböden Mitteleuropas könnten über den standortspezifisch optimalen Humusgehalt hinaus durch die Erhöhung der Humusgehalte zusätzlich Kohlenstoff im Boden binden. Mit dieser Meinung suggerieren einige Wissenschaftler, Politiker und Firmen, dass überschüssiges CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre einfach in den Boden eingebunden werden könne.

Die Französische Regierungsinitiative „Join the 4 ‰“<sup>1</sup> geht z.B. davon aus, dass der Kohlenstoffgehalt im Boden jährlich um 4 ‰ erhöht und damit weltweit 1,2 Milliarden Tonnen Kohlenstoff im Boden eingelagert werden könnten.

Jede Initiative zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und der Erträge ist schon wegen des global steigenden Biomassebedarfs unverzichtbar und zu unterstützen. Es sollte aber darauf geachtet werden, dass entsprechende Vorschläge wissenschaftlich fundiert und praktisch durchführbar sind. Der über eine ausgeglichene Humusbilanz stabilisierte, standort- und nutzungsspezifische Humusgehalt muss vorrangig die Ernährungssicherheit fördern. Die darüber hinaus geforderte zusätzliche Erhöhung des Humusgehalts soll gleichzeitig als Kohlenstoffsenke den CO<sub>2</sub>-Anstieg der Atmosphäre begrenzen.

### 1 Kann der Humusgehalt der Mineralböden deutlich erhöht werden?

Die Möglichkeiten für eine Erhöhung der Humusgehalte sind sehr begrenzt. Alle Betrachtungen zum Humus erfordern eine Unterscheidung in mindestens zwei Fraktionen ([www.agrarfakten.de/humus2](http://www.agrarfakten.de/humus2)). Eine „inerte“ Fraktion, die weitgehend unbeteiligt an den Mineralisierungsvorgängen und vorrangig abhängig von den Standortbedingungen ist (auch als Dauerhumus<sup>2</sup> bezeichnet).

<sup>1</sup> Join the 4‰ Initiative der französischen Regierung: Soils for food security and climate. <https://unfccc.int/news/join-the-41000-initiative-soils-for-food-security-and-climate>

<sup>2</sup> Dauerhumus wird definiert als „Humusgehalt, der unter natürlichen Bedingungen bei Unterlassung jeglicher Düngung und Anbau humuszehrender Fruchtarten (besser Schwarzbrache) nicht unterschritten wird“ (Körschens 1980).

- a) Eine umsetzbare Fraktion, die überwiegend durch Bewirtschaftungsbedingungen (Fruchtart, Düngung, Bodenbearbeitung etc.) beeinflusst wird (auch als Nährhumus bezeichnet). Dieser durch Bewirtschaftungsmaßnahmen im Bearbeitungshorizont beeinflussbare Nährhumus-C-Gehalt beträgt im Mittel 0,3 %. Auf Sandböden liegt der Wert vielfach unter 0,2 %  $C_{org}$ , d. h. etwa 10 t Nährhumus-C/ha (in 32 von 68 Dauerfeldversuchen) und überschreitet selten 0,5 %  $C_{org}$  (nur in 11 von insgesamt 68 Dauerfeldversuchen, s. Abb. 8.1).

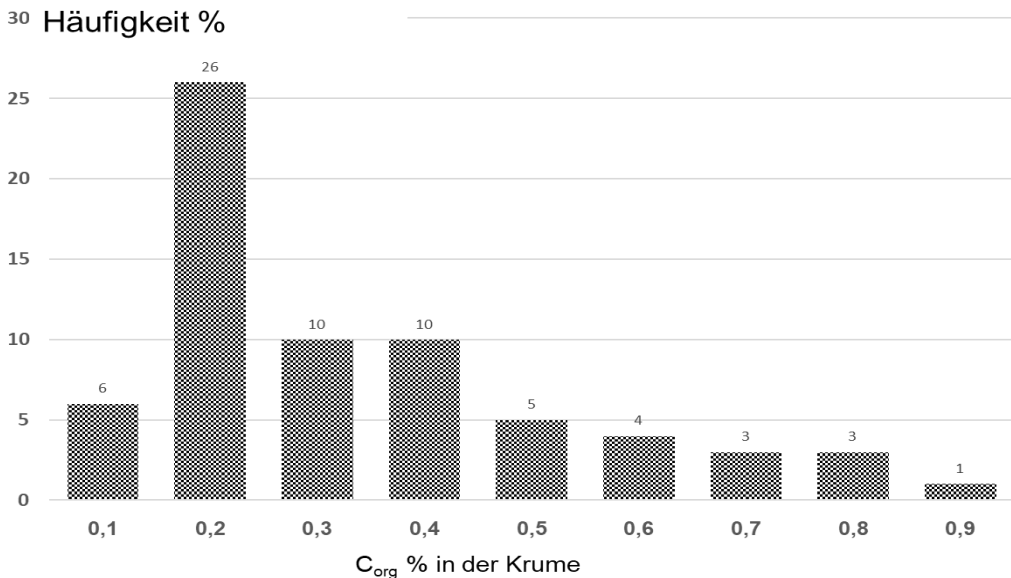


Abb. 8.1: Differenz im  $C_{org}$ -Gehalt zwischen „ungedüngt“ und der optimalen kombinierten organisch-mineralischen Düngung im Bearbeitungshorizont von 69 Dauerfeldversuchen (im Mittel von 33 Versuchsjahren; Körschens 2018)

Jede C-Zuführung wird weitgehend abgebaut und als  $CO_2$  wieder in die Atmosphäre emittiert. Lediglich auf mit Humus unterversorgten Böden ist eine erhöhte Kohlenstoffzufuhr bis zum Erreichen des standorttypischen Humusgehaltes sinnvoll. Letztlich können zusätzliche C-Mengen nur über eine Krumenvertiefung in den Boden eingelagert werden, ohne allerdings den C-Gehalt in der Krumme wesentlich zu erhöhen.

Die allermeisten Ackerböden Mitteleuropas sind über eine zusätzliche Humusanreicherung deshalb nicht oder nur sehr begrenzt als  $CO_2$ -Senke geeignet.

## 2 Enthalten die Ackerböden ausreichend Humus?

Zumindest den deutschen Ackerböden mangelt es nicht an Humus. Es ist zuverlässig belegt, dass weder die intensive Landwirtschaft noch die bisherigen Klimaveränderungen (erhöhter  $CO_2$ -Gehalt, gestiegene Jahresmitteltemperaturen, verlängerte Vegetationszeit) zu einem Humusschwund geführt haben ([www.agrarfakten.de/humus2](http://www.agrarfakten.de/humus2)). Immer wieder geäußerte Vermutungen zum Humusschwund sind durch umfangreiche Arbeiten eindeutig widerlegt (Autorenkollektiv 2015; Bellamy et al. 2005; Ebertseder et al. 2009; Körschens et al. 2014; Reijneveld et al. 2009). Überhöhte Humusgehalte verstärken das Potenzial zur ungesteuerten Mineralisierung

von Humus-N und damit einerseits die Freisetzung von  $N_2O$  und andererseits die N-Auswaschungsgefahr in das Grundwasser.

Eine Erhöhung über den standortspezifisch optimalen Humusgehalt hinaus ist für die Ertragsbildung nicht erforderlich und für die Umwelt ohne Vorteil. Überhöhte Humusgehalte verringern die Ausnutzung des Boden-N und erhöhen die Belastung der Atmosphäre mit  $CO_2$ ,  $N_2O$  und  $CH_4$ .

### **3 Wie viel des zugeführten Kohlenstoffs wird im Boden akkumuliert?**

90 % des dem Boden mit der organischen Primärschicht zugeführten Kohlenstoffs wird wieder mineralisiert und in die Atmosphäre zurückgegeben (Haider 1996; Körschens 2017 und 2018), d. h. für eine Erhöhung des  $C_{org}$ -Gehaltes im Boden um nur 0,1 %-Punkt wäre langfristig eine Aufwandmenge von jährlich >100 t/ha Pflanzentrockenmasse notwendig ([www.agrarfakten.de/humus-als-klimarettter](http://www.agrarfakten.de/humus-als-klimarettter)).

In den Medien werden immer wieder simple Möglichkeiten der Klimarettung aufgezeigt. So formulieren z. B. Scheub und Schwarzer (2018) in dem Buch „Die Humusrevolution“: „*Ein weltweiter Humusaufbau von nur einem Prozentpunkt könnte 500 Gigatonnen  $CO_2$  aus der Atmosphäre holen. Das brächte den heutigen  $CO_2$ -Gehalt der Luft auf ein weitgehend ungefährliches Maß*“.

Die hier angegebene Menge entspricht in etwa dem Hundertfachen dessen, was die eingangs genannte Initiative der französischen Regierung vorschlägt.

Auch Raggam (2008) sieht in der Erhöhung des Humusgehaltes die Chance der „Klimarettung“. Zitat: „*In Österreich und in Deutschland haben wir nur mehr 4 kg Kohlenstoff je  $m^2$  Ackerfläche im Humus gebunden, früher waren es mindestens 30 kg ... Nur 8 kg Kohlenstoff je  $m^2$  mehr in den landwirtschaftlichen Humusschichten gebunden und der  $CO_2$ -Gehalt der Atmosphäre liegt wieder unter dem kritischen Wert von 300 ppm. Unsere Zukunft liegt eindeutig in der Hand der Bauern*“. Solche Erwartungen lassen Sachkenntnis vermissen und dienen lediglich dazu, Aufmerksamkeit zu erregen.

### **4 Ist eine Zufuhr von 100 t Trockenmasse je ha überhaupt möglich?**

Die Menge von 100 t biogener Trockenmasse entspricht dem 10fachen einer sehr hohen Stallungsgabe. Damit würden bei Anwendung von Komposten etwa 1200 kg N/ha, 600 kg  $P_2O_5$ /ha und 1100 kg  $K_2O$ /ha ausgebracht (VHE 2018).

Solche Düngemengen widersprächen den Regeln der Düngeverordnung, selbst wenn die 100 t über mehrere Jahre ausgebracht würden.

Die von Dunst (2018) empfohlene Aufwandmenge von 100 t/ha Kompost (= 50 t/TM) sind nach der deutschen Düngeverordnung gut begründet nicht zulässig. Die Düngeverordnung begrenzt die Zufuhr von Stickstoff mit Kompost auf max. 510 kg in drei Jahren abzüglich der N-Zufuhren aus anderen organischen Düngern.

### **5 Gibt es in Deutschland/Mitteleuropa überhaupt zusätzlich verfügbare organische Substanz?**

Gegenwärtig wird die verfügbare und geeignete organische Substanz als Nahrung, Futter, Energie- und Industrierohstoff eingesetzt, ohne damit die globale Nachfrage befriedigen zu können. Alle anderen C-Verbindungen (Wurzeln, Ernterückstände, Futterreste, Stallung, Gülle, Stroh, Kompost, Gründung etc.) dienen heute bereits zur Humusreproduktion. Eine erweiterte Humusanreicherung könnte folglich nur über **zusätzlich** auf dem Wege der Photosynthese gebildete organische Masse (Pflanze) erfolgen.

Außerhalb der Landwirtschaft stehen Klärschlämme, Tiermehle und geeignete Industrieabfälle für die erhöhte Zufuhr organischer Substanzen zur Verfügung. Die Verwendung dieser nicht landwirtschaftlichen Abfallprodukte unterliegt – wegen potenzieller Schwermetall- und Schadstoffgehalte – strengen rechtlichen Restriktionen. Insbesondere staatliche, kommunale und kirchliche Verpächter verweigern jedoch die Anwendung solcher Sekundärrohstoffdünger auf ihren Flächen. Deshalb besteht in den letzten Jahren vermehrt die Tendenz, diese thermisch zu verwerten.

Damit scheint als Option zur zusätzlichen Humuszufuhr nur die Kompostdüngung relevant zu sein. Die im Jahr 2013 auf Ackerflächen ausgebrachte Menge betrug 2,4 Mio. t Kompost (UBA 2017) und entspricht damit einer Menge von ca. 0,23 t/ha Frischmasse (FM) bzw. 0,12 t TM/ha und demzufolge 1/800 der oben berechneten erforderlichen Kompostmenge von 100 t TM/ha; sie ist somit für die Erreichung einer signifikanten Humusanreicherung nicht relevant.

## 6 Steht in Mitteleuropa die zusätzliche Humusanreicherung in Konkurrenz zur Lebensmittelerzeugung?

Ja, eine erweiterte (über die ausgeglichene Humusbilanz hinaus gehende) Humusanreicherung könnte hier nur in Konkurrenz zur genannten Verwendung der erzeugten Biomasse als Nahrung und Rohstoffe realisiert werden.

Tab. 8.1: Kalkulation zur Vision „Join 4/1000 Humus-C-Anreicherung im Boden“

Parameter	Skala	Ackerfläche	Landw.-Fläche
Angestrebte C-Akkumulation im Boden	Mio. t	1.200	1.200
Unterstellte globale Fläche	Mio. ha	1.500	5.000
Dafür notwendige C-Menge/ha	t	0,8	0,24
C-Gehalt in der Pflanzentrockenmasse	%	40	40
Notwendige Trockenmasseertrag bei Akkumulationsrate von 10 %	t/ha	20,0	6,0

Das in der Initiative „Join the 4 ‰“ angestrebte Ziel, im Boden weltweit jährlich 1,2 Mrd. t C<sub>org</sub> anzureichern, bedeutet rein rechnerisch, dass bei einer Akkumulationsrate von 10 % auf jedem ha der weltweit verfügbaren 1,5 Mrd. ha Ackerfläche ca. 20 t Pflanzentrockenmasse **zusätzlich** in den Boden eingebracht werden müssten (s. Tabelle 8.1). Auch wenn man diese Menge, nur hypothetisch betrachtet, für die gesamte Landwirtschaftliche Nutzfläche berechnet – die Initiative bezieht sich auf „world’s agriculture soils“ – müssten je ha Landwirtschaftliche Fläche 6 t Trockenmasse zur erweiterten Humusproduktion eingesetzt werden, d.h. diese stünden nicht als Nahrungsmittel zur Verfügung.

## 7 Bewirkt die pfluglose Bodenbearbeitung Veränderungen im Humusgehalt?

Die pfluglose Bodenbearbeitung bringt nach vorliegenden Erkenntnissen keinen nennenswerten Effekt für die Erhöhung der Humusgehalte; es kommt lediglich zu einer Entmischung mit höheren Gehalten in den obersten Schichten und geringeren Humusanteilen in den tieferen Krümmenbereichen.

## 8 Bieten landwirtschaftliche Bau- und Energierohstoffe eine Chance, Kohlenstoff aus dem Kreislauf zu entziehen?

Ja, sobald Biomasse über die Ernährungssicherung hinaus verfügbar sein sollte, führt deren Verwendung als Baurohstoff zu einem Entzug des enthaltenen Kohlenstoffes für die Nutzungsdauer aus dem THG-Kreislauf (Produktspeicherung). Selbst die energetische Verwendung überschüssiger Biomasse stellt einen klar quantifizierbaren Beitrag zur Klimaentlastung dar, sobald damit fossile Rohstoffe substituiert werden ([www.agrarfakten.de/klimaeffekte](http://www.agrarfakten.de/klimaeffekte)).

### Fazit

Selbstverständlich muss angesichts des ständig steigenden Biomassebedarfs alles getan werden, um die Bodenfruchtbarkeit der Böden zu erhalten und, wo notwendig und möglich, zu erhöhen ([www.agrarfakten.de/bodenfruchtbarkeit](http://www.agrarfakten.de/bodenfruchtbarkeit)). In Gebieten mit erodierten und ausgelaugten Böden kann eine gezielte Zufuhr von humusbildenden Stoffen dazu beitragen, den natürlichen Humusgehalt wieder herzustellen und diese Böden für die Nahrungsmittelerzeugung (hoch) ertragsfähig zu machen. Es ist jedoch eine fatale Illusion zu suggerieren, über eine generelle Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes der Böden eine nennenswerte Verringerung der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre erreichen zu können ([www.agrarfakten.de/humus-als-klimaretter](http://www.agrarfakten.de/humus-als-klimaretter)).

### Literatur

- AUTORENKOLLEKTIV, 2015; Umweltforschungsplan (UFOPLAN) FKZ 3711 71 213 3: Bestimmung der Veränderungen des Humusgehalts und deren Ursachen auf Ackerböden Deutschlands, Teil 3: Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes. Abschlussbericht.
- BELLAMY, P.H., LOVELAND, P.J., BRANDLEY, R.I., LARK, R.M. and KIRK, J.D., 2005; Carbon Losses from all soils across England and Wales 1978 - 2003. 19, Nature, 437; 245-248.
- DUNST, G., 2018: Neue Erkenntnisse aus dem Humusprojekt der Ökoregion Kaindorf. Unveröffentlicht.
- EBERTSEDER, T., MUNZERT, M., HORN, D. und MAIER, H., 2010: Ableitung von Einflussfaktoren auf die Humusgehalte von Böden durch flächenbezogene Auswertung von Bodenuntersuchungsdaten. In: VDLUFA Schriftenreihe 66, S.361-372. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- HAIDER, K., 1996: Biochemie des Bodens. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, Stuttgart.
- KÖRSCHENS, M., 1980: Die Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz von Standortfaktoren und acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen, ihre Beziehungen zu Bodeneigenschaften und Ertrag sowie Ableitung von ersten Bodenfruchtbarkeitskennziffern für den Gehalt des Bodens an organischer Substanz. Promotionsarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Dr. sc. agr. an der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR.
- KÖRSCHENS, M., ALBERT, E., BAUMECKER, M., ELLMER, F., GRUNERT, M., HOFFMANN, S., KISMANYOKY, T., KUBAT, J., KUNZOVA, E., MARX, M., ROGASIK, J., RINKLEBE, J., RÜHLMANN, J., SCHILLI, C., SCHRÖTER, H., SCHRÖTER, S., SCHWEIZER, K., TOTH, Z., ZIMMER, J. und ZORN, W., 2014: Humus und Klimaänderung – Ergebnisse aus 15 langjährigen Dauerfeldversuchen. Archives of Agronomy and Soil Science 60 (11), S. 1485-1517.
- KÖRSCHENS, M., 2017: Dauerhumus – Nährhumus. Wie viel ist nötig und wie viel ist möglich? Merkblatt des wissenschaftlichen Beirates des FVH e. V.

- KÖRSCHENS, M., 2018; Dauerfeldversuche als unverzichtbare experimentelle Grundlage für eine anwendungsorientierte Humusforschung. Unveröffentlicht.
- RAGGAM, A., 2008: Biomasse stoppt Klimawandel, dvb- Verlag, 2. Aufl.
- REUNEVELT, A., VAN WENSEM, J. and OENEMA, O., 2009: Soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004. Geoderma, Vol. 152, issues 3-4, 2009, p. 231-238.
- SCHEUB, U. und SCHWARZER, S., 2018: Die Humusrevolution. Oekom Verlag GmbH.
- UBA, 2017: Bioabfallkomposte und -gärreste in der Landwirtschaft.  
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bioabfallkomposte-gaarreste-in-der-landwirtschaft/>
- VHE, 2018 – Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e.V.  
<http://www.vhe.de/kompost/kompostprodukte/kompost/>