

Dauerhumus oder Nährhumus, das ist hier die Frage.

- Ergebnisse von 80 Dauerfeldversuchen -

MARTIN KÖRSCHENS

Einleitung

Humus/Kohlenstoff ist Voraussetzung für die Bodenbildung, die Erhaltung seiner Fruchtbarkeit und Grundlage allen Lebens. Für die Praxis birgt der Humus jedoch noch viele Probleme.

Die Unsicherheit beginnt schon bei den Definitionen, sie sind unterschiedlich und teils falsch. So gehört z.B. nach Scheffer/Schachtschabel (2002) das auf dem Acker liegende Stroh bereits zum Humus. Die Definition nach Müller (1980) ist zutreffend, allerdings bezeichnet Müller als Humus nur den abgestorbenen Teil der Organischen Bodensubstanz (OBS), allgemein werden jedoch heute beide Begriffe synonym verwendet. Nachfolgend gilt:

Humus = Organische Bodensubstanz (OBS) = die im Boden integrierte, lebende und abgestorbene organische Substanz = Organischer Kohlenstoff (C_{org}) x 1,724

Was ist Humus ?

Hier trifft weitgehend der Satz zu: „**Wir wissen nicht was es ist, aber wir müssen es haben**“. Vor allem wissen wir nicht, wie viel ist gut, notwendig und möglich und wenig bekannt ist auch, wie ein für die Ertragsbildung und die Umwelt optimaler Humusgehalt erhalten bzw. erreicht werden kann. Vielen, auch Fachleuten, ist nicht bewusst, dass der Humusgehalt auch eine obere Grenze hat, deren Überschreiten keinen Ertragsvorteil bringt und zu Umweltbelastungen (CO₂, CH₄, etc.) führen kann. Diese Situation führt zu Spekulationen, nicht nur bei Laien, bis zu Vorstellungen von „Klimarettung“ durch „carbon sequestration“.

Von Ungelernten und Berufsfremden wird Unsinn verbreitet, hier nur 2 Beispiele:

1. „ *In Österreich und in Deutschland haben wir nur mehr 4 kg Kohlenstoff je m² Ackerfläche im Humus gebunden, früher waren es mindestens 30 kg nur 8 kg Kohlenstoff je m² mehr in den landwirtschaftlichen Humusschichten gebunden und der CO₂ -Gehalt der Atmosphäre liegt wieder unter dem kritischen Wert von 300 ppm. Unsere Zukunft liegt eindeutig in der Hand der Bauern*“ (Raggam, 2008) Diese Aussage ist unsinnig und jenseits jeder Realität.

2. „*Ein weltweiter Humusaufbau von nur einem Prozentpunkt könnte 500 Gigatonnen CO₂ aus der Atmosphäre holen. Das brächte den heutigen CO₂-Gehalt der Luft auf ein weitgehend ungefährliches Maß*“ Scheub/Schwarzer (2018). Die hier angegebene Menge entspricht etwa dem Hundertfachen der in der 4‰ -Initiative angestrebten Menge und hat nichts mit der Realität zu tun. - Aber auch Wissenschaftler setzen noch übertriebene Hoffnung auf *carbon sequestration* zur Beeinflussung der Klimaänderung. So ist z. B. die 4 ‰- Initiative (2015) eine fatale Illusion (s. Körschens et al., 2019, www.agrarfakten.de)

Die Hoffnungen mancher Laien, mit Terra Preta die Landwirtschaft revolutionieren und das Klima retten zu können, haben sich erwartungsgemäß nicht erfüllt.

(„*Wenn wir die Böden besser machen*“ – z. B. durch Terra Preta-, dann können auf der Erde locker 30 Milliarden Menschen leben. Allen kann es gut gehen, das ist völlig problemlos hinzukriegen....“ -Dokumentarfilm 2009, „Humus, die vergessene Klimachance“)

Die LEOPOLDINA behauptet seit 2012, dass „**Ackerböden in der EU-25 seit geraumer Zeit jährlich etwa 3 % ihres Kohlenstoffs verlieren**“.

Diese Aussage ist falsch, irreführend und unterstellt den Landwirten einen verantwortungslosen Umgang mit dem Boden. Das Gegenteil ist der Fall, wie die Entwicklung der letzten Jahrzehnte zweifelfrei erwiesen hat. Die LEOPOLDINA hat diese Aussage bisher nicht korrigiert

Die EU veröffentlichte u. a. 2003: „**Nach Ansicht der Agrarwissenschaftler befinden sich Böden mit einem Gehalt an organischer Substanz von weniger als 3,6 % im Vorstadium der Wüstenbildung**“

Auch diese Aussage ist falsch und nicht zu verantworten. Z. B. beträgt in Polen nach Fotyma et al., (2003) der Gehalt des Bodens an org. Substanz im Mittel 2.2 %. Nach Angaben der EU ist Polen demnach eine Wüste. In Deutschland sieht es nicht anders aus (vergl. Ebertseder et al., 2010, und Bodenzustandserhebung, Thünen-Institut, 2020). 3,6 % Humus ist allenfalls ein Wert für Schwarzerde. Die Zahl der Beispiele könnte beliebig erweitert werden, es gibt erschreckend viele.

Die Vielzahl der in der Literatur beschriebenen C- Modelle hat bisher kaum Eingang in die Praxis gefunden. Die Modelle rechnen mit bis zu 5 verschiedenen C - Pools (Jenkinson u. Rayner, 1977), die weder analytisch noch experimentell nachweisbar sind. Vielfach wird nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt, dass das Ausgangsniveau entscheidend für den Verlauf der C-Dynamik ist und der Dauerhumus- C unter Feldbedingungen in erfassbaren Zeiträumen nicht unterschritten wird. Ihre praktische Anwendung setzt voraus, dass die Eingangsparameter ausreichend genau bestimmt sind, was häufig nicht der Fall oder auch nicht möglich ist. Es wird auch nicht berücksichtigt, dass Unterschiede von 0,1 % C_{org} bereits bedeutsam sind.

Humusbestimmung

Bestimmt wird Humus für praktische Belange ohnehin nicht, sondern aus dem Gehalt des Bodens an organischem Kohlenstoff (C_{org}) berechnet. Dafür wird ein Kohlenstoffgehalt der Organischen Bodensubstanz (OBS) von 58 % angenommen und mit dem Faktor 1,724 gerechnet. In der Literatur werden allerdings auch Gehaltswerte zwischen 40 % und 70 % angegeben (Rieck, 1995).

Im Gegensatz zu nahezu allen anderen Bodeneigenschaften gibt es für den Humusgehalt (C_{org} und N) im Boden *keine* Richtwerte. Daraus resultiert die eigentliche Problematik. Zwar gibt es seit vielen Jahrzehnten weltweit eine intensive Humusforschung (Humuschemie), u. a. im Rahmen der 1981 in den USA gegründeten International Humic Substances Society (IHSS). Praktisch nutzbare Ergebnisse dieser Forschung gibt es jedoch nicht.

Die **Humusbilanzierungsmethode** (VDLUFU-Methode) ist die einzige Möglichkeit, den Humusgehalt des Bodens einzuschätzen. Die Bilanzierungsmethode ist gut, bedarf aber einer Präzisierung, dazu müsste allerdings auch daran gearbeitet werden. Es besteht nur sehr geringes Interesse an praxisrelevanter Forschung. Praxisrelevante Forschung ist wenig karrierefördernd. Die Arbeit im Labor und am Computer ist angenehmer, verlangt keine Kenntnisse und langjährige, praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der Landwirtschaft und benötigt keinen Nachweis über die Anwendbarkeit der Ergebnisse.

Dauerfeldversuche als unverzichtbare, experimentelle Grundlage einer anwendungsorientierten Humusforschung.

Der Wert der Dauerfeldversuche beruht u. a. auch auf der Tatsache, dass auf Grund der Vielfalt der Standortbedingungen, der hohen Variabilität der Bodeneigenschaften und der zu fordernden hohen Präzision und Treffgenauigkeit zuverlässige Aussagen nur auf der Basis langjähriger Untersuchungen unter Berücksichtigung des ceteris paribus Prinzips getroffen werden können. Z. B. liegen jährliche Veränderungen im C_{org} - Gehalt bei praxisüblichen Aufwendungen deutlich unter 0,01 % C_{org} , der Fehler beträgt mit $>0,1$ % C_{org} das Zehnfache, aber 0.1 % C_{org} sind bereits eine entscheidungsbestimmende Größenordnung. (Körschens, 2010).

Die hier dargestellten Ergebnisse basieren auf der Auswertung von 80 Dauerfeldversuchen (Europa, Asien, Afrika), einschließlich der vier Dauerfeldversuche am Standort Bad Lauchstädt. Hier gibt es nach Erweiterung des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt im Jahre 1978 den weltweit einzigen Dauerfeldversuch mit dem Prüffaktor „ C_{org} “ (5 Stufen), kombiniert mit dem Prüffaktor „Organischen Düngung“ (2 Stufen) und dem Prüffaktor „Mineral-N“ (5 Stufen)

Dauerhumus – Nährhumus – wie viel?

Alle Betrachtungen zum Humus erfordern eine Differenzierung in mindestens 2 Fraktionen. Humus wird seit jeher in die Fraktionen **Dauerhumus** (auch inert im Sinne von unbeteiligt an den

Mineralisierungsvorgängen) und **Nährhumus** unterteilt. Schmalfuß (1966) formulierte schon vor 50 Jahren:

*„Zweckmäßig wird heute,.....zwischen dem durch Mikroorganismen abbaufähigen Teil, dem **Nährhumus**, und dem als schwer zersetzlich verbleibenden Rückstand, dem **Dauerhumus**, unterschieden.“*

Diese Differenzierung wird heute für praktische Belange kaum noch beachtet und fast ausschließlich der Gesamtgehalt an Humus gewertet, was zwangsläufig zu Irritationen und Fehlinterpretationen führt. Dies betrifft insbesondere die Betrachtungen zu Optimalgehalten, C-Dynamik, C-Akkumulation/Anreicherung im Boden und Klimaänderung.

Eine für die Praxis anwendbare Bestimmungsmethode gibt es nicht. Allenfalls hat sich der heißwasserlösliche Kohlenstoff als ein geeignetes Kriterium für den Nährhumus- C erwiesen, allerdings ohne daraus Richtwerte ableiten zu können (Körschens et al., 1990).

Was ist Dauerhumus ?

Der Humus wird im Boden über die Wurzeln und über zugeführte **Organische Primärsubstanz (OPS = Ernterückstände, Stroh, Stalldung, Gülle, Kompost etc.)** gebildet und erhalten. Ein Teil davon wird nach Jahren/Jahrzehnten/Jahrhunderten physikalisch/chemisch stabilisiert, bei gleichbleibender Bewirtschaftung stellt sich ein Fließgleichgewicht ein.

Der Nährhumus unterliegt einer ständigen Umsetzung. Bezogen auf die mit der OPS zugeführte Menge an C werden 90 – 100 % wieder mineralisiert.

Dauerhumus wird definiert als **„Humusgehalt, der unter Feldbedingungen bei Unterlassung jeglicher Düngung und Anbau „humuszehrender“ Fruchtarten (besser Schwarzbrache) nicht unterschritten wird.“** (Körschens, 1980)

Dieser ist zwar auch nicht analytisch zu bestimmen, ist aber experimentell nachweisbar und ermöglicht im Zusammenhang mit der Auswertung von zahlreichen Dauerfeldversuchen eine Einschätzung der gegebenen und/oder notwendigen Menge an Nährhumus.

Wird dem Boden keine OPS mehr zugeführt, wird der Nährhumus früher oder später, (offensichtlich aber relativ schnell) mineralisiert und es bleibt der, über lange Zeit stabile, Dauerhumus. Der experimentelle Nachweis setzt Dauerfeldversuche mit einer „echten“ Schwarzbrache, d. h. jeder Bewuchs wird mechanisch und/oder chemisch beseitigt bzw. vermieden, voraus.

Abb. 1 zeigt die C_{org} - Gehalte von Schwarzbrachen in 11 Dauerfeldversuchen.

Am Standort Thyrow sind es nur noch 0,32 % C_{org} . Hier handelt es sich zwar nicht um eine geplante Schwarzbrache, aber auf diesem leichten Sandboden ist nach 70 Jahren ohne Düngung keinerlei Pflanzenwachstum mehr gegeben, Auf den leichten Sandböden entspricht der C_{org} - Gehalt der über Jahrzehnte ungedüngten Parzellen dem Dauerhumus (Baumecker, 2016). Auf den „besseren“ Böden ist noch eine, wenn auch geringe, Differenz zwischen der Schwarzbrache und der ungedüngten Fruchtfolge gegeben (Abb. 2). Auf der Lößschwarzerde in Bad Lauchstädt mit dem höchsten C_{org} - Gehalt beträgt diese Differenz 0,1 % C_{org} .

Abb. 3 zeigt am Beispiel des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt den Verlauf der C_{org} - Gehalte der beiden Extremvarianten, „ohne Düngung“ und „15 t/ha Stalldung jährlich + NPK“ vom 89. bis zum 108. Versuchsjahr. Es gibt keine signifikanten Veränderungen. Nach 40 Jahren Schwarzbrache wird im parallel angelegten Modellversuch der Wert der ungedüngten Variante noch um 0,1 % C_{org} unterschritten. Der geringe, nichtsignifikante Anstieg der mit 15 t/ha Stalldung + NPK jährlich quasi überdüngten Variante kann mit dem Anstieg der Erträge und damit einhergehenden höheren Mengen an Ernte- und Wurzelrückständen (EWR) erklärt werden.

Dr. Ines Merbach hat 1988 am Standort Bad Lauchstädt einen Bracheversuch angelegt. Abb. 4 zeigt den Verlauf der C_{org} - Gehalte über einen Zeitraum von > 30 Jahren. Bereits nach 10 Jahren ist das „Dauerhumusniveau“ annähernd erreicht. Zwischen den verschiedenen Schwarzbrachen (mechanisch, chemisch, mechanisch/chemisch) bestehen keine signifikanten Unterschiede. D. h., bei konsequenter Vermeidung von OPS-Eintrag (Pflanzenwuchs) verringert sich der Gehalt an Nährhumus- C schnell.

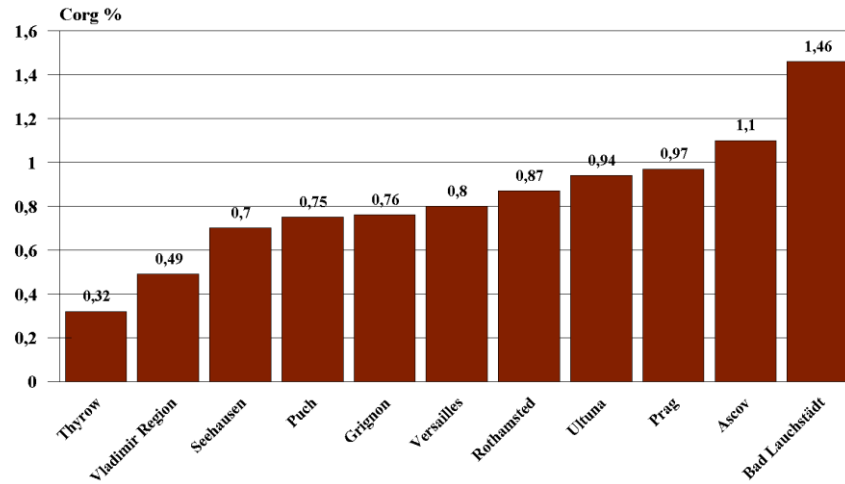


Abb. 1: C_{org}- Gehalt im Bearbeitungshorizont unter Schwarzbrache nach vielen Jahren Versuchsdauer.

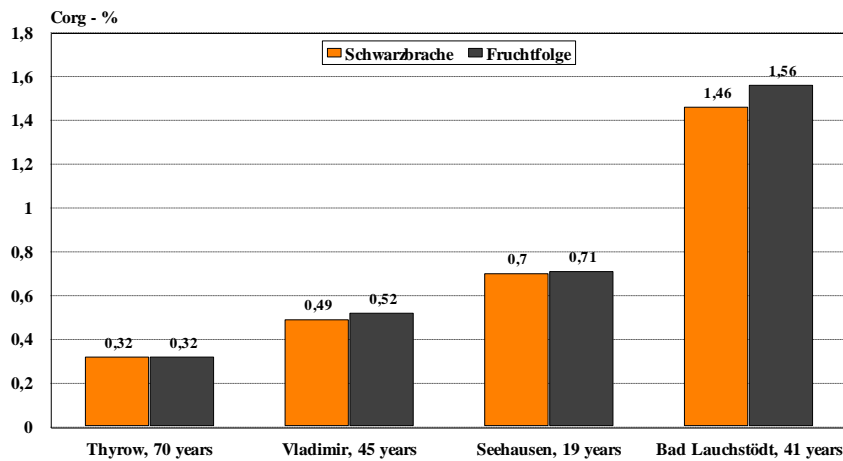


Abb. 2: C_{org}- Gehalt (0 – 30 cm) im Vergleich zwischen Schwarzbrache und ungedüngter Fruchtfolge nach langjähriger Versuchsdauer.

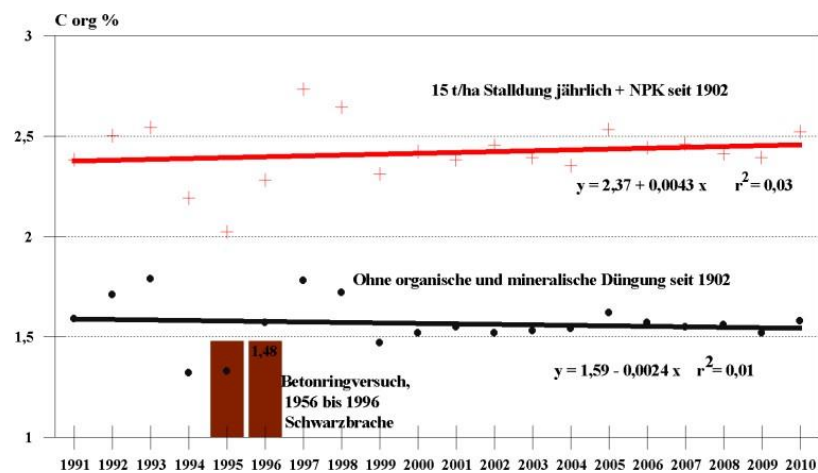


Abb. 3: Dynamik der C_{org}-Gehalte der Extremvarianten im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt im Zeitraum 1991 – 2010 im Mittel der Schlaghälften 2,3, 6 u. 7 (nach Merbach u. Schulz, 2013, ergänzt)

In Abb. 5 sind die Relationen zwischen „ungedüngt“ und „optimaler organisch-mineralischer Düngung“ von 18 Dauerfeldversuchen dargestellt. Es fällt auf, dass nur in 3 von 18 Versuchen der Gesamt-C-Gehalt > 1,5 % beträgt und die Differenz zwischen „ungedüngt“ und „Stalldung + NPK“ auf der Löß-Schwarzerde in Bad Lauchstädt vergleichsweise sehr hoch ist. Insgesamt wurden 68 Dauerfeldversuche in dieser Richtung ausgewertet. (Körschens, 2020)

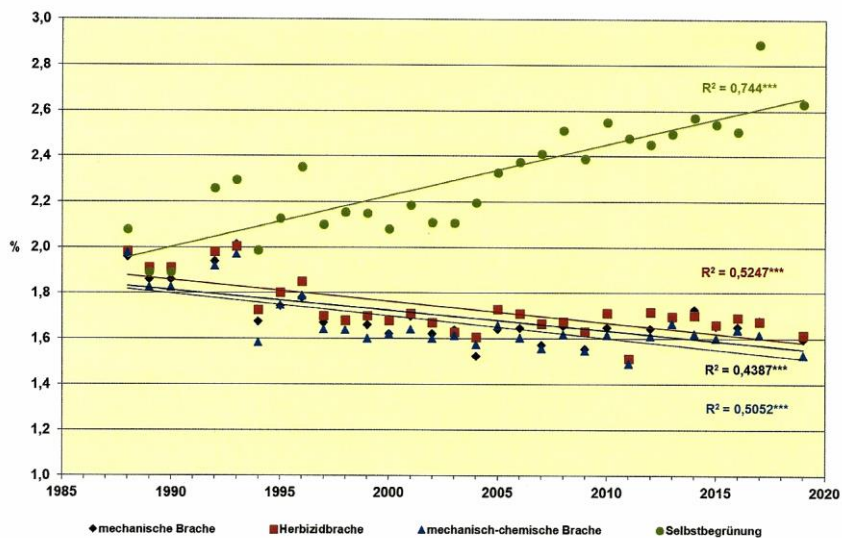


Abb. 4: C_{org} –Gehalt im Bracheversuch Bad Lauchstädt 1988 – 2019 (0 – 30 cm) (I. Merbach, 2020)

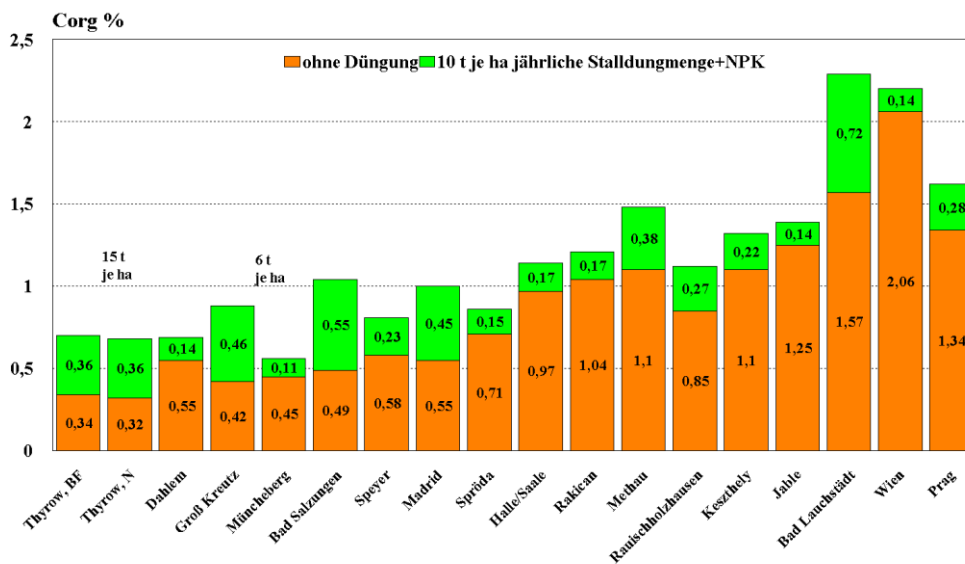


Abb. 5: Wirkung der Düngung auf den C_{org} - Gehalt in 18 Dauerfeldversuchen (0 – 30 cm) – Ergebnisse der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts. (Körschens et al., 2013)

Der durch Bewirtschaftungsmaßnahmen im Bearbeitungshorizont beeinflussbare Nährhumus-C-Gehalt beträgt im Mittel von 68 Dauerfeldversuchen 0,29 %. Auf Sandböden liegt der Wert vielfach unter 0,2 % C_{org}, (in 32 von 68 Versuchen) d. h. etwa 10 t Nährhumus-C/ha, und überschreitet selten 0,5 % C_{org}, (nur in 11 von insgesamt 68 Dauerfeldversuchen (Körschens, 2020, s. Abb.6).

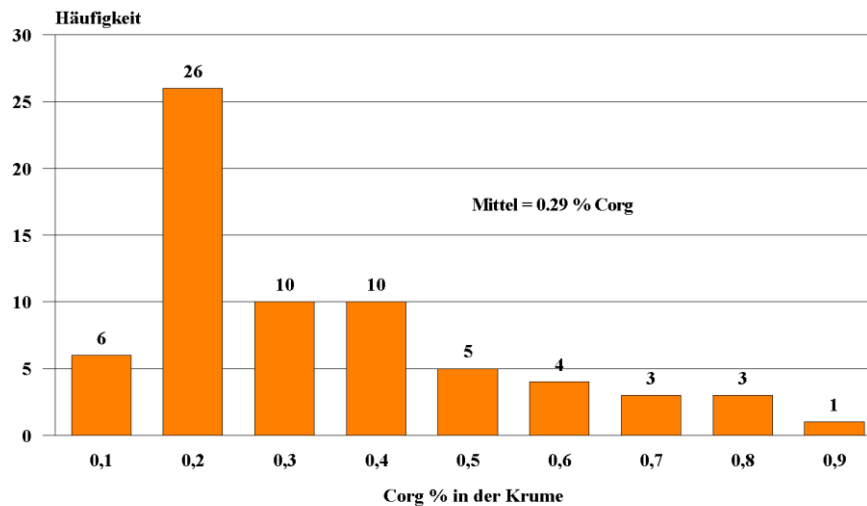


Abb. 6: Differenz im C_{org} - Gehalt zwischen „ungedüngt“ und „optimaler organischer und mineralischer Düngung“ im Bearbeitungshorizont von 68 Dauerfeldversuchen (im Mittel 33 Versuchsjahre)

Fazit

Klimaänderungen hat es immer gegeben, daran gibt es keine Zweifel. Über die Ursachen der Klimaänderungen gibt es unterschiedliche Meinungen. Nachprüfbare Beweise gibt es nicht. Es ist aber hinreichend experimentell dokumentiert, dass „carbon sequestration“ hier keinen nennenswerten Beitrag leisten kann.

Diplomlandwirt
 Prof. Dr. agr. habil. Dr. h. c. Martin Körschens
 Goethestadt Bad Lauchstädt
 e-mail: [m. koerschens@t-online.de](mailto:m.koerschens@t-online.de)

Juli 2020

Literatur

- Baumecker, M (2016) persönliche Mitteilung
- Ebertseder T, Munzert M, Horn D, Maier H (2010) Ableitung von Einflussfaktoren auf die Humusgehalte von Böden durch flächenbezogene Auswertung von Bodenuntersuchungsdaten. In: Engels et al.: Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden-Einflussfaktoren und deren Auswirkungen; Bericht des VDLUFA an die Bundesanstalt für Landwirt. und Ernährung, Speyer, p 252 - 278
- Fotyma M, Czyz E, Dexter A, Fotyma E, Terelak H (2003) Erhalt und Bilanz der organischen Substanz in den Böden Polens und ihr Einfluss auf die Krümelstabilität, unpublished
- Jenkinson DS, Rayner, J H (1977) The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil Science*, Baltimore 123, 5, S.298 – 305.
- 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 doctor scientiae agriculturarum (Dr. sc. ar.) an der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR
- Körschens M, Schulz E, Behm R (1990) Heißwasserlöslicher C und N im Boden als Kriterium für das N-Nachlieferungsvermögen. *Zentralblatt Mikrobiologie*, Jena 145 4, 305-311.
- Körschens M. (2010) Der organische Kohlenstoff im Boden (C_{org}) – Bedeutung, Bestimmung, Bewertung. *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 56, No. 4c, August 2010, 375-392
- Körschens M, Breitschuh G, Eckert H (2018) Humus als CO_2 – Senke – eine fatale Illusion. www.agrarfakten.de
- Körschens M, Albert E, Armbruster M, Barkusky M, Baumecker M, Behle-Schalk L, Bischoff R, Cergan Z, Ellmer F, Herbst F, Hoffmann S, Hofmann B, Kismanyoky T, Kubat J, Kunzova E, Lopez-Fando C, Merbach I, Merbach W, Teresa Pardor M, Rogasik J, Rühlmann J, Spiegel H, Schulz E, Tajnsek A, Toth Z, Wegener H, Zorn W (2013) Effect of different mineral and organic fertilization on yield, N-uptake, C- and N-balance, as well as C-content and C-dynamics in the soil, derived from the results of 20 long-term field experiments in the 21th century. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59:1017–1040, doi.org/10.1080/03650340.2012.704548
- 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, Schroetter S, Schweizer K, Toth Z, Zimmer J, Zorn W (2014) Humus und Klimaänderung - Ergebnisse aus 15 langjährigen Dauerfeldversuchen. *Archives of Agronomy and Soil Science* 60 (11), S. 1485-1517. doi.org/10.1080/03650340.2014.892204
- Körschens M, (2020) Long – Term Field Experiments (LTE) – Importance, Overview, Soil Organic Matter. Im Druck
- Müller G, (1980) *Bodenkunde.- Deutscher Landwirtschaftsverl., Berlin.*
- Leopoldina (2012) *Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen.* Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Herausgeber. (www.Leopoldina.org). 50 p
- Marx M, Rinklebe J, Kastler M, Molt CH, Kaufmann-Boll C, Lazar S, Lischeid G, Schilli C, Raggam A (2008) *Biomasse stoppt Klimawandel*, dvb- verlag, 2. Aufl. 165 p
- Merbach I, Schulz E (2013) Long-term fertilization effects on crop yields, soil fertility and sustainability in the Static Fertilization Experiment Bad Lauchstädt under climatic conditions 2001–2010. *Arch Agron Soil Sci.* 59:1041–1057.
- Merbach I (2020) *Helmholtz Zentrum für Umweltforschung- UFZ, Versuchsstation Bad Lauchstädt, 2020. (Versuchsfeldführer) ,68 p*
- Riek W (1995) *Standorteigenschaften, Wuchsleistungen und Schädigung von Kiefern- und Eichenforsten im Berliner Raum. (Diss.)- In: Bodenökologie und Bodengenesse, TU Berlin, Institut für Ökologie, Berlin, 16.*
- Scheffer/Schachtschabel (2002) *Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Aufl., 2002, ISBN 3-8274-1324-9*
- Scheub U, Schwarzer ST (2018) *Die Humusrevolution. /III oekom. 240 p*
- Schmalfluss K (1966) *Pflanzenernährung und Bodenkunde. S. Hirzel Verlag Leipzig, 270 p*