

WIE VIEL HUMUS BRAUCHT DER BODEN?

Stand: 01. Juni 2013

Martin Körschens, Gerhard Breitschuh und Hans Eckert¹

Veranlassung

In jüngster Zeit mehren sich Verlautbarungen der EU und des Bundes, aber auch unabhängiger Organisationen wie der Leopoldina sowie von Laien, die auf vermeintliche Humusverluste landwirtschaftlicher Nutzflächen verweisen.

Beispielsweise wird behauptet:

- Böden mit einem Gehalt an organischer Substanz von weniger als 3,6 % befinden sich im Vorstadium der Wüstenbildung¹.
- Die Böden in England und Wales weisen über den Zeitraum von 1978 - 2003 Kohlenstoffverluste von 0,6 % jährlich auf².
- ".....da Ackerböden in der EU-25 seit geraumer Zeit jährlich etwa 3 % ihres Kohlenstoffs verlieren, müsste mehr Stroh auf den Feldern verbleiben³".
- „...wir zerstören die Böden in Deutschland mit einer gnadenlosen Geschwindigkeit“ und "Wir brauchen im Prinzip fast keine Mineraldünger mehr⁴".
- "Bei fast der Hälfte der europäischen Böden ist der Gehalt an organischer Substanz zu gering⁵"

1. Welche Aufgaben erfüllt der Humus unserer Böden?

Unter organischer Bodensubstanz (OBS) wird die im Boden integrierte lebende und abgestorbene organische Substanz verstanden. Die OBS errechnet sich aus dem analytisch bestimmbaren Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) nach:

$$C_{org} \cdot \text{Gehalt des Bodens} \cdot 1,724 = \text{Humusgehalt des Bodens.}$$

Humus ist ganz wesentlicher Träger der Bodenfruchtbarkeit und eng korreliert mit chemischen und biologischen Bodeneigenschaften. Zu den bodenphysikalischen Eigenschaften bestehen nahezu funktionale Beziehungen. So ist z. B. eine Veränderung des C_{org} -Gehaltes von 0,1 % mit einer gleichgerichteten Veränderung der Wasserkapazität von 0,4 bis 0,6 Masse-% verbunden. Die künftige Sicherung und Steigerung der Ertragsfähigkeit unserer Böden erfordert einen angemessenen Humusgehalt.

Die Begriffe Humus und OBS werden synonym verwendet. Nachstehend erfolgen alle Angaben als C_{org} .

2. In welcher Größenordnung bewegen sich die Humusgehalte unterschiedlicher Bodenarten?

Mehr als 80 % der Ackerböden Deutschlands weisen unter optimalen Bedingungen C_{org} -Gehalte unter 2,3 % (< 4 % Humus) auf. Auf grundwasserfernen Sand- und Lehmböden besteht eine sehr enge Korrelation zwischen dem Gehalt an Ton und C_{org} (Abb.1)

¹ Mit den AGRARFAKTEN-HUMUS (14. Dezember 2012) von Martin Körschens, Gerhard Breitschuh und Hans Eckert haben sich die nachfolgend genannten Persönlichkeiten (in der Reihenfolge der Rückmeldung) identifiziert: Dr. Manfred Munzert (Freising), Dr. Rainer Kluge (Karlsruhe), Dr. Bodo Hofmann (Halle), Erich Grantzau (Seelze), Thorsten Breitschuh (Werdershausen), Prof. Dr. Wolfgang Merbach (Halle), Prof. Dr. Ortwin Krause (Jena), Prof. Dr. Hans-Richard Wegener (Wettenberg), Dr. Johannes Heyn (Kassel), Dr. Manfred Kerschberger (Weimar), Prof. Dr. Manfred Altermann (Halle), Prof. Dr. Wilfried Werner (Bonn), Prof. Friedel Timmermann (Karlsruhe), Dr. Wilfried Zorn (Jena), Dr. Erhard Albert (Kubschütz); Prof. Dr. Jörg Rinklebe (Wuppertal), Jörg Zimmer (Güterfelde), Dr. Spengler Artur (Memleben), Lütke Entrup (Lüdinghausen)
Die vorliegende Fassung vom 01.06.2013 enthält redaktionelle Änderungen

Die Abbildung zeigt die Unterschiede zwischen den ungedüngten und den optimal gedüngten Prüfgliedern in Dauerfeldversuchen. So ist z. B. der Sandboden in Thyrow mit einem C_{org} - Gehalt von 0,7 % bereits optimal versorgt, während die Lössschwarzerde in Bad Lauchstädt bereits mit 1,6 % C_{org} (nur Dauerhumus) als verarmt gilt.

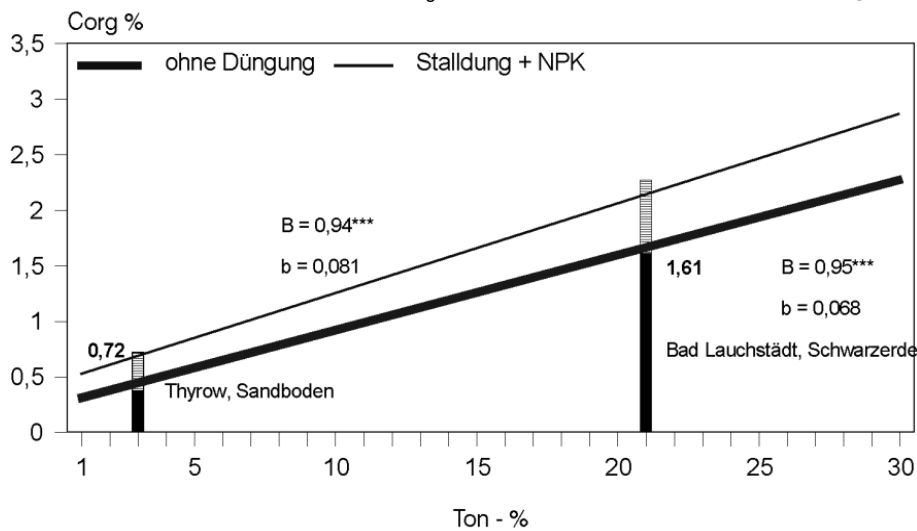


Abb. 1: Beziehungen zwischen dem Ton- und Humusgehalt (C_{org}) der Ackerböden und Einfluss einer optimalen Düngung (Stalldung + NPK) auf den Humusgehalt der Böden von 21 Dauerfeldversuchen⁶

3. Wann spricht man von einer Humusverarmung?

Alle Betrachtungen zum Humus erfordern eine Unterscheidung in mindestens zwei Fraktionen:

- eine "inerte" Fraktion, die weitgehend unbeteiligt an den Mineralisierungsvorgängen und vorrangig abhängig von den Standortbedingungen ist (auch als Dauerhumus bezeichnet)
- eine umsetzbare Fraktion, die überwiegend durch Bewirtschaftungsbedingungen (Fruchtart, Düngung, Bodenbearbeitung etc.) beeinflusst wird (auch als Nährhumus bezeichnet).

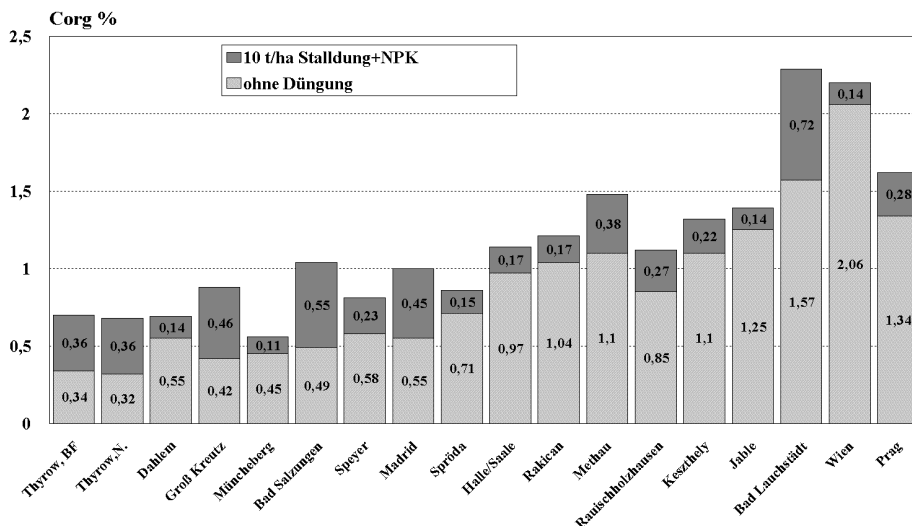


Abb. 2: Gehalt an C_{org} (0-30 cm) in Abhängigkeit von der Düngung in 18 Dauerfeldversuchen Europas - Ergebnisse aus der 1. Dekade des 21. Jahrhunderts⁷.

Die Abb. 2 zeigt die großen Standortunterschiede im C_{org} -Gehalt von 18 europäischen Dauerfeldversuchen (hellgrau: ohne Düngung = inerte Fraktion und dunkelgrau bei optimaler organischer und mineralischer Düngung = umsetzbare Fraktion).

Die Gesamtgehalte liegen zwischen 0,56 % und 2,29 % C_{org} . Davon entfallen auf die umsetzbare Fraktion, die durch Bewirtschaftung beeinflusst werden kann (dunkelgrau), zwischen 0,11 % und 0,72 % C_{org} , im Mittel 0,3 %.

Hohe Tongehalte, Grundwassereinfluss und große Niederschlagsmengen vermindern in der Regel die Mineralisierungsintensität und führen deshalb zu hohen Gehalten sowohl an Dauerhumus als auch an Nährhumus, während in sandigen Böden die Humusgehalte wesentlich niedriger sind.

Die Beurteilung des Humusgehalts kann nur im Zusammenhang mit den jeweiligen Standortbedingungen erfolgen, so dass allein aus den C_{org} -Gehalten nicht auf eine Humusverarmung geschlossen werden kann. Diese kann erwartet werden, wenn die Humussalden langjährig negativ sind.

4. Gibt es Untersuchungen in Deutschland, die die Entwicklung der Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden über längere Zeiträume beurteilen?

Der Humusstatus der deutschen Ackerböden ist nach vorliegenden Untersuchungen als gut bis sehr gut einzuschätzen. Das zeigen sowohl die C_{org} -Bestimmungen in Dauerfeldversuchen als auch die Ergebnisse der Humusbilanzierung. Deutschlandweit durchgeführte Humusbilanzierungen in landwirtschaftlichen Betrieben⁸, auf Landkreisebene⁹ und Landesebene¹⁰ belegen mehrheitlich ausgeglichene bis positive Salden, d.h. bewirtschaftungsbedingte Humusverluste werden ersetzt bzw. organische Substanz im Überschuss eingebracht.

Die Ergebnisse der Humusbilanzierung nach dem VDLUFA-Standpunkt (Abb.3) zeigen überwiegend positive Salden¹¹, die im Mittel bei 277 kg/Humus-C/ha mit einer erheblichen Spannweite (-300 bis +700) lagen.

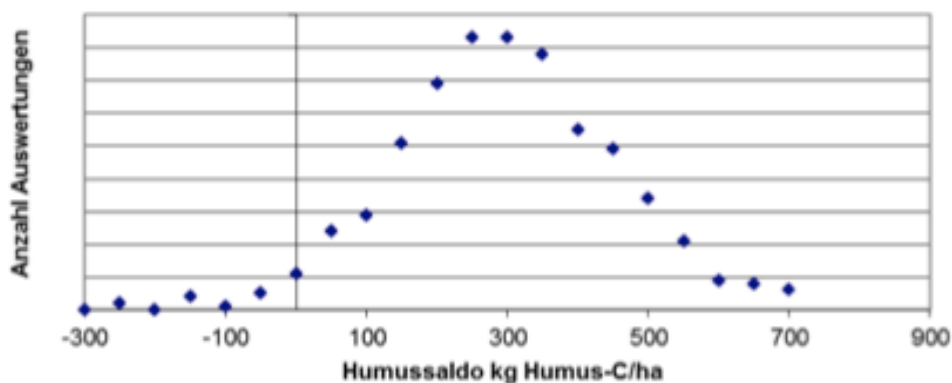


Abb. 3: Humussalden nach Kriterien der umweltverträglichen Landwirtschaft (KUL) (kg Humus-C/ha) von 629 Auswertungen in 385 Betrieben)

Die Humusversorgung ist also in der Regel keine Frage des Mangels, sondern der bedarfsgerechten Verteilung der verfügbaren organischer Dünger auf die Flächen. Das gilt sowohl für den Vergleich zwischen Regionen und Betrieben als auch innerhalb der Betriebe. Es ist vor allem darauf zu achten, dass innerhalb eines Betriebes alle Schläge bedarfsgerecht versorgt werden. Deshalb ist es notwendig, Humusbilanzen sowohl für die Betriebe als auch schlagweise zu rechnen.

5. Ist eine langjährige positive Humusbilanz ausreichend, um den Humusgehalt zu erhalten oder ist die Bodenuntersuchung der bessere Ansatz?

Im Gegensatz zu den Grundnährstoffen P und K lassen sich aus regelmäßigen C_{org} -Untersuchungen keine Entscheidungen zur operativen organischen Düngung ableiten. Dazu sind die standortbedingten Unterschiede zu groß und die Differenz zwischen "gut versorgt" und "verarmt", zumindest auf leichten Böden, zu gering. Der Unterschied liegt oft unter 0,2 % C_{org} und damit innerhalb der Fehlergrenze, von der Probenahme bis zur Analytik (vgl. Pkt. 4).

Die Humusbilanzierung ist gegenwärtig die einzige Möglichkeit, den Humusgehalt des Bodens zu steuern. Eine aktuelle Bilanz sagt aber zunächst noch nichts über den gegenwärtigen Versorgungszustand des Bodens aus. Erst durch den Nachweis ausgeglichener oder positiver Salden aus den vergangenen 10, besser 20 Jahren ist man auf der „sicheren Seite“ und kann von einer guten Versorgung ausgehen.

6. Wie lässt sich ein optimaler Humusgehalt definieren und ist die Forderung "je mehr, desto besser" berechtigt?

Die Frage nach einem optimalen Humusgehalt ist heute anders zu betrachten als vor Einführung der Mineraldüngung. Früher diente der Humus in erster Linie der Nährstoffversorgung, insbesondere mit Stickstoff, was auch heute noch für den ökologischen Landbau zutrifft. Das ist unter den Bedingungen einer nach Art, Menge und Zeitpunkt optimalen Mineraldüngung anders geworden. Der „Nährhumus“ hat unter diesen Bedingungen nur noch beschränkte Bedeutung, zumal die Erhöhung der umsetzbaren Fraktion hohe Mengen an Wirtschaftsdünger erfordert, die mit erhöhten N-Verlusten durch unkontrollierbare Mineralisierung verbunden sind. Unbestritten bleibt die bodenverbessernde Wirkung der organischen Bodensubstanz, die mit 6-10 % am Ertragsgeschehen beteiligt ist und abgesichert werden muss.

Während es für alle Makro- und Mikronährstoffe im Boden bereits seit Jahrzehnten Richtwerte gibt, ist die Frage nach optimalen Gehalten an OBS noch nicht befriedigend beantwortet. Ursache ist die Mineralisierungsaktivität, die den Humusgehalt entscheidend bestimmt und deren Höhe durch viele Einflussgrößen (Tonanteil, Wasserstatus, Temperatur, Niederschläge, Bodenbearbeitung) modifiziert wird. Zu beachten sind erhebliche Standortunterschiede, eine große räumliche und zeitliche Variabilität der Untersuchungsergebnisse sowie die geringen Unterschiede zwischen „gut versorgt“ und „verarmt“, die oft innerhalb der Fehlergrenze liegen. Während noch bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts die Maxime galt: „so viel wie möglich“ oder „es kann nicht genug sein“, gibt es heute keinen Zweifel mehr daran, dass es eine obere Grenze für einen optimalen OBS-Gehalt gibt, deren Überschreiten nachteilig ist.

7. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaft formuliert in einer Mitteilung an den Rat und das Europäische Parlament "Böden mit einem Gehalt an organischer Substanz von weniger als 3,6 % befinden sich im Vorstadium der Wüstenbildung". Ist diese Pauschalaussage gerechtfertigt?

Diese Aussage ist nicht nachvollziehbar. In den 18 europäischen Dauerfeldversuchen zum Beispiel liegen die C_{org} -Werte bei optimaler Düngung (jährlich 10 t Stalldung/ha + NPK) zwischen 0,56 und 2,29 % (vgl. Antwort 3) entsprechend 1,0 bis 3,9 % organische Substanz). Nur in 2 von 18 Dauerfeldversuchen wird bei optimaler Zuführung von org. Substanz ein Humusgehalt von 3,6 % überschritten. Es ist daher unverständlich, dass von EU-Gremien solche Informationen verbreitet werden. Sie scheinen aus der gleichen Quelle zu stammen, wie der Dokumentarfilm "Humus, die vernachlässigte Klimachance", in dem ausgeführt wird, dass "unsere gesamten europäischen Ackerböden Wüsten sind". Es fehlt allerdings der Hinweis, dass diese „Wüsten“ außerordentlich fruchtbar sind und in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts Ertragszuwächse von jährlich über 2 % aufwiesen.

8. In der kürzlich vorgelegten Studie der "Leopoldina- Nationale Akademie der Wissenschaften" 2012, zum Thema "Bioenergie - Möglichkeiten und Grenzen" wird ausgeführt, dass "die Ackerböden in der EU-25 seit geraumer Zeit jährlich etwa 3 % ihres Kohlenstoffs verlieren und deshalb mehr Stroh auf den Feldern verbleiben müsse". Wie sind diese Aussagen zu bewerten?

Die in der Studie getroffene Aussage ist durch keine Experimentalbefunde gedeckt und deshalb nicht zu verantworten. Sie kann zu schwerwiegenden Fehlentscheidungen führen, weil man sich auf die Autorität der Leopoldina berufen und mit diesen Zahlen argumentieren und arbeiten wird.

Ebertseder et al.¹² (2009) kommen nach Auswertung von 40776 Untersuchungen im Zeitraum 1996 bis 2008 zu der Schlussfolgerung: "Die Humussituation hat sich in den 13 Jahren nicht verschlechtert".

Vermutlich ist diese Aussage der Leopoldina darauf zurückzuführen, dass an der Studie keine Agrarwissenschaftler mitgearbeitet haben. Ein Landwirt hätte einen Fehler in dieser Größenordnung bemerkt.

9. Was ist notwendig, um die Arbeiten zur Präzisierung der Humusbilanzierung zu forcieren?

Die Präzisierung des VDLUFA - Standpunktes "Humusbilanzierung" erfordert in erster Linie die erweiterte experimentelle Beweisführung der in die Bilanzierung eingehenden Bewertungsparameter. Die gegenwärtig dafür bereitgestellten Kapazitäten und Mittel sind jedoch unbedeutend und keineswegs ausreichend, deshalb sind auch in den letzten Jahren kaum neue Ergebnisse erzielt worden. Insbesondere die Dauerfeldversuche – die wichtigste experimentelle Basis eines Humusforschers und Voraussetzung zur Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Klima, Boden, Biomasseproduktion und Nachhaltigkeit finden nur unzureichende Beachtung. Im Gegenteil, wertvolle Dauerfeldversuche z.B. in Poppelsdorf, Dikopshof und Meckenheim wurden bereits abgebrochen, andere stehen zur Disposition. Damit wird eine unverzichtbare experimentelle Forschungsbasis zu einer nachhaltigen Bodennutzung vernichtet.

Es dürfte Konsens darüber bestehen, dass die Bedingungen zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und einer nachhaltigen Bodennutzung untersucht werden müssen. Das erfordert aber entsprechende Forschungsmittel und die Erhaltung und umfassende, koordinierte Nutzung der Dauerfeldversuche. Die Kosten aller einschlägigen Dauerversuche in Deutschland, einschließlich Standarduntersuchungen, belaufen sich auf ca. 1 Mio. € jährlich¹³, das ist im Vergleich zum erzielbaren Nutzen ein angemessener Betrag.

10. Welche Bedeutung hat der Boden für den Klimaschutz und kann er, wie vielfach angestrebt, als Kohlenstoffsенke dienen?

Die Bedeutung des Bodens für den Klimawandel liegt eindeutig in der Produktion möglichst großer Mengen an Biomasse, die einerseits als Nahrungs- bzw. Futtermittel dient und andererseits als Energieträger fossile Brennstoffe substituiert und damit CO₂-Emissionen vermindert.

Vielfach wird auch heute noch davon ausgegangen, dass der Boden eine Kohlenstoffsенke ist und die organische Primärsубstanz (OPS - Stallung, Stroh, Kompost etc.), wenn sie in den Boden "abgesenkt" wird, auch dort, zumindest überwiegend, verbleibt. Diese Auffassung ist widerlegt. Soll der Humusgehalt über ein optimales Niveau hinaus erhöht werden, was allerdings nachweislich keine Vorteile bringt, muss eine erhöhte Zufuhr an organischer Primärsубstanz erfolgen. Wie alle Dauerversuche zeigen, werden davon nur 10 - 20 %, und das auch nur vorübergehend bis das neue Fließgleichgewicht erreicht ist, akkumuliert, d. h. 80 bis 90 % des zugegebenen C werden kurzfristig wieder in die Atmosphäre zurückgegeben.

Man muss immer beides sehen: den mit der Ernte abgefahrenen und den im Boden verbliebenen Kohlenstoff. So führt z. B. eine Brache/Flächenstilllegung langfristig zu einer geringfügigen Anreicherung des Bodens von jährlich weniger als 1 t C/ha. Gegenüber dem Energiepflanzenanbau wird damit auf ein CO₂ -Minderungspotential von netto ca. 7 t CO₂/ha verzichtet.

Fazit

Die Reproduktion der organischen Bodensubstanz kann mit der Humusbilanzierungsmethode bewertet und gesteuert werden. Langjährig ausgeglichene bzw. positive Humussalden **sind eine Voraussetzung** für eine nachhaltige Landwirtschaft, weshalb die Humusbilanzierung für alle Landwirtschaftsbetriebe verbindlich werden sollte.

In Deutschland gibt es bislang keine experimentellen Belege aus Dauerfeldversuchen oder anderen Arbeiten, die auf eine Verringerung der Humusgehalte in den Ackerböden als Folge der Klimaänderung oder des Bewirtschaftungsregimes hinweisen. Umfangreiche Humusbilanzierungen zeigen im Gegenteil positive Humussalden, die eine erweiterte Reproduktion der organischen Bodensubstanz belegen.

Die Humusgehalte differieren je nach Standort und Nutzung und unterliegen, in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung, nur sehr geringen Veränderungen. Selbst extreme Wechsel der Bewirtschaftung verändern die C_{org}-Gehalte nur um jährlich ca. 0,01%. Die Aufklärung der Beziehungen zwischen Boden, Klima, Biomasseproduktion setzt demzufolge Dauerfeldversuche voraus, deren Erhaltung und umfassende koordinierte Nutzung in Deutschland auf zentraler Ebene gesichert werden sollte.

Eine substantielle CO₂-Vermeidung wird nur durch erhöhte Produktivität möglich, die es erlaubt, neben der Erzeugung von Nahrungsmitteln Biomasse zur Energiegewinnung zu nutzen. Die Nutzung des Bodens als Kohlenstoffsенke ist hochgradig ineffizient und damit praktisch irrelevant.

Literatur zu den AgrarFaktoren-Humus von Martin Körschens, Gerhard Breitschuh und Hans Eckert.

-
- ¹ Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2002
- ² Bellamy , H., Loveland, P. J., Bradley, R. I., Lark, R. M. , Kirk, J. D., 2005: Carbon Losses from all soils across England and Wales 1978 - 2003. 19, Nature, 437; 245 - 248.
- ³ Leopoldina Nationale Akademie der Wissenschaften, 2012, in "Bioenergie - Möglichkeiten und Grenzen"
- ⁴ ZDF am 12. 11. 2011 unter dem Thema "Die Wiederentdeckung der Terra Preta",
- ⁵ BÜNDNIS 90 DIE GRÜNEN, Fraktionsbeschluss vom 16. 10 2012, Gesunde Böden - wertvoll und unterschätzt
- ⁶ Körschens, M. (2002) Die Rolle der organischen Bodensubstanz für Bodenfruchtbarkeit und Umwelt. In: Bodenfruchtbarkeit und multifunktionale Landwirtschaft. - Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V. und des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD) am 24. April 2002 in Würzburg, S.51-80.
- ⁷ 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, Chr., Merbach, I., Merbach, W., Teresa Pardo, M., Rogasik, J., Rühlmann, J., Spiegel, H., Schulz, E., Tajnsek, A., Toth, Z., Wegener, H., Zorn, W. (2012) 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 21 long-term field experiments in the 21th century. Archives of Agronomy and Soil Sciences, in press.
- ⁸ Breitschuh, Thorsten und Ulrich Gernand: Humusbilanzierung in landwirtschaftlichen Betrieben; Bericht zum Projekt „Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – Einflussfaktoren und deren Auswirkungen. BLE-Forschungsprojekt (AZ 514-06. 01-2808HSO169
- ⁹ Weiser, Vetter, 2011 BMU-Projekt "Basisinformation für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung"
- ¹⁰ Zimmer, J, Hanff, H., Schade, R. 2010: Auswirkungen zunehmender Biomassennutzung zur energetischen Verwertung auf die Bodenfruchtbarkeit im Land Brandenburg. 6. Markredwitzer Bodenschutztag, Bodenschutz in Europa - Ziele und Umsetzung, Tagungsband, S. 64 – 70,
- ¹¹ Breitschuh, T., Gernand, U., Eckert, H. und Breitschuh G. VDLUFA -Kongress 2012
- ¹² Ebertseder, T., Munzert, M., Horn, D., Maier, H., 2010: Auswertung von Bodenuntersuchungsdaten zur Ableitung von Einflussfaktoren auf die Humusgehalte von Böden. VDLUFA Schriftenreihe 66, 361-372
- ¹³ Autorenkollektiv,2006: Dauerfeldversuche als unverzichtbare und unwiederbringliche experimentelle Grundlage der Agrar-, Umwelt- und Ernährungsforschung. - Konzeption zum Erhalt und zur umfassenden Nutzung von Dauerfeldversuchen. (Arbeitspapier, anzufragen unter: m.koerschens@t-online.de)