

Humusproduktion in der Thüringer Landwirtschaft

MARTIN KÖRSCHENS

Bad Lauchstädt

1 Einleitung

Die organische Substanz ist eine Vorbedingung für die Bodenbildung. Sie bestimmt entscheidend die ertragsrelevanten Bodeneigenschaften und damit die Bodenfruchtbarkeit. Sie beeinflusst aber auch den C- und N-Kreislauf Boden – Pflanze – Wasser und Atmosphäre und besitzt damit eine hohe Umweltrelevanz.

Die Forschungen auf dem Gebiet der „Humuschemie“, die seit etwa 50 Jahren national und international sehr intensiv betrieben werden, haben zu sehr interessanten Erkenntnissen und Fortschritten geführt, insbesondere gefördert durch die schnelle Entwicklung der Analysentechnik. Diese Arbeiten haben jedoch bisher keinerlei anwendbare Ergebnisse für die Praxis ergeben.

Unabhängig von den Forschungen auf dem Gebiet der Humuschemie wurde in den letzten zwei Jahrzehnten versucht, auf empirischem Wege über die Auswertung von Dauerfeldversuchen zahlreicher Standorte die Ertragswirksamkeit der organischen Bodensubstanz aufzuklären, die C- und N-Dynamik unter Feldbedingungen zu quantifizieren und erste Orientierungswerte für den Gehalt des Bodens an organischer Substanz (*Organische Bodensubstanz = OBS, wird synonym für Humus verwendet*) Ackerböden abzuleiten.

Für die Ableitung optimaler C_{org} -Gehalte werden dabei folgende Kriterien herangezogen:

- Ertrag
- Nährstoffeffizienz
- Kohlenstoffgewinn

2 Ertragsentwicklung

Ziel einer nachhaltigen, landwirtschaftlichen Bodennutzung sind hohe und steigende Erträge je Flächeneinheit zur Sicherung der Ernährung der ständig wachsenden Weltbevölkerung und zur Produktion von Energie und Rohstoffen. Gleichzeitig und gleichberechtigt steht jedoch die Forderung nach Vermeidung von Umweltbelastungen durch Eintrag von Nähr- und Schadstoffen in das Grundwasser oder in die Atmosphäre.

Hohe Erträge bei guter Qualität sowie guten Verarbeitungseigenschaften der Ernteprodukte sind Voraussetzung für eine ökonomische und ökologische Wirtschaftsweise. Die Ökonomie hoher Erträge unterliegt keinem Zweifel. Die Ökologie resultiert u. a. aus der Tatsache, dass

- hohe Erträge zur Minderung der CO_2 -Konzentration der Atmosphäre beitragen. Zum Beispiel verringern 10 t Zuckerrüben den Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre um rd. 1 t.
- mit hohen Erträgen gleichzeitig auch große Mengen an Ernte- und Wurzelrückständen (einschließlich Rübenblatt, Stroh etc.) in den Boden gelangen und damit organische Substanz zugeführt wird.
- ein Hektar intensiv genutztes Ackerland die Rodung von zehn Hektar Regenwald verhindern kann.

3 Ertragswirksamkeit der OBS

Für die Erarbeitung von Richtwerten für den Gehalt des Bodens an organischem Kohlenstoff und Stickstoff sind Untersuchungen zum Einfluss der OBS auf den Ertrag notwendig. Dieser unterteilt

sich in eine Nährstoffwirkung, die auch durch die Zufuhr von Nährstoffen in Form von Mineraldünger erreicht werden kann, und in eine bodenverbessernde Wirkung. Die

Quantifizierung der bodenverbessernden Wirkung erfolgt durch den Vergleich der Erträge der optimalen Mineraldüngung mit denen der optimalen Kombination organischer und mineralischer Düngung mit Hilfe von Ergebnissen aus Dauerfeldversuchen.

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Düngungssysteme auf Ertrag und Umwelt abschätzen und quantifizieren zu können, sind langjährige Untersuchungsreihen erforderlich.

Diese liefern nur Dauerfeldversuche und auch dies nur unter der Voraussetzung, dass

- sie eine Vielzahl von Düngungsvarianten enthalten
- die Ergebnisse lückenlos dokumentiert sind
- keine grundsätzlichen Änderungen der Prüfglieder vorgenommen worden sind.

Ein Beispiel zeigt die Auswertung der Ergebnisse der Hauptvarianten des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt (Abb. 1).

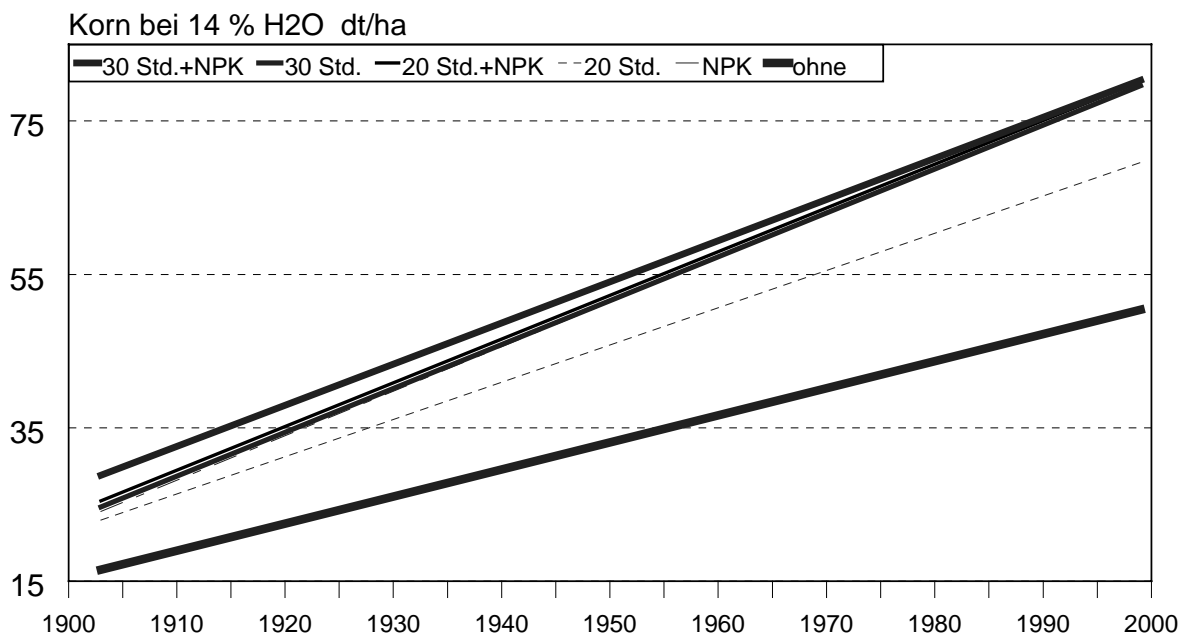


Abb. 1: Entwicklung des Kornertrages bei Winterweizen in Abhängigkeit von der Düngung in den Hauptvarianten des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt im Zeitraum 1903 bis 1999

Bei Getreide entsprechen die relativen Ertragssteigerungen denen, die auch unter Praxisbedingungen erreicht werden, liegen allerdings auf einem höheren absoluten Niveau (Abb. 2).

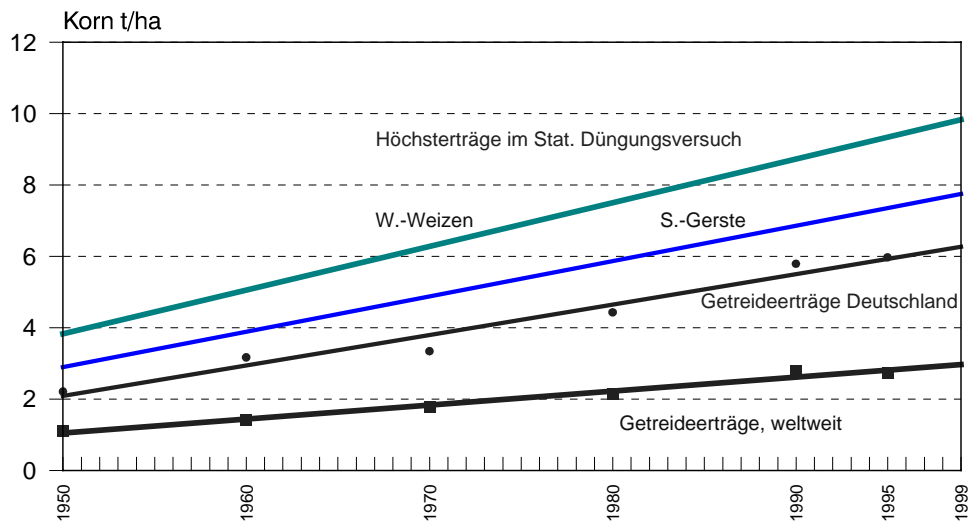


Abb. 2: Ertragsentwicklung bei Getreide - t/ha

Der bodenverbessernde **Einfluss der OBS auf den Ertrag** kann aufgrund der umfangreichen Ergebnisse als weitgehend quantifiziert betrachtet werden. Dazu wurden Dauerfeldversuche mit mehr als 1500 Versuchsjahren ausgewertet. Allein in den neuen Bundesländern gibt es gegenwärtig noch 15 Dauerdüngungsversuche mit einer Versuchsdauer von über 600 Jahren.

Fasst man alle vorliegenden Ergebnisse zusammen, so bedeutet dies, dass mit ausschließlicher, optimaler Mineraldüngung mindestens 90 % des Ertragspotentials ausgeschöpft werden können (Asmus, 1990; Asmus, 1995; Gericke 1948; Klasink und Steffens, 1995; Körschens, 1997; Lang, et al. 1995; Scholz, 1978, u. a.).

Neuere Ergebnisse aus der Serie der Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuche (IOSDV) bestätigen diese Aussagen (Tab. 1).

Tabelle 1: Relativerträge der optimalen Mineraldüngung im Vergleich zur optimalen

Kombination organischer + mineralischer Düngung (=100) in ausgewählten IOSDV							
Versuchsort	Zeitraum	Z.-Rüben	W.-Weizen	S.-Gerste	W.-Gerste	Kart.	Mais
Bad Lauchstädt ¹⁾	1978-1999	96	98	96	-	93	-
Berlin-Dahlem ²⁾	1986-1999	-	94	93	-	88	-
Rauischholzhausen ³⁾	1991-1997	97	95	-	100	-	-
Speyer ⁴⁾	1984-1999	98	98	-	99	-	-
Jabel/Slovenien ⁵⁾	1993-1999	-	102	-	100	-	103
Keszthely/Ungarn ⁶⁾	1984-1995	-	91	-	103	-	99

¹⁾Pfefferkorn u. Körschens, 2000; ²⁾Köhn, et al., 2000; ³⁾Behle-Schalk u. Honermeier, 2000; ⁴⁾Bischoff, 2000; ⁵⁾Tajnssek, 2000; ⁶⁾Hoffman et al., 2000)

Die Ergebnisse von 6 Standorten und 78 Versuchsjahren zeigen auch hier einen Mehrertrag der kombinierten organisch-mineralischen Düngung zwischen 0 und 12 % mit einem Mittelwert von 3 %, wobei die Sommergerste und die Kartoffeln am deutlichsten positiv auf die organische Düngung reagieren.

4 C- und N-Dynamik

Veränderungen in den C_{org} - und N_t -Gehalten verlaufen sehr langsam und sind bei Bewirtschaftungsumstellungen in praxisrelevanten Größenordnungen erst nach mehr als 10 Jahren nachzuweisen. Aufgrund der großen zeitlichen und räumlichen Variabilität der C- und N-Gehalte ist es für Untersuchungen zur Dynamik dieser Merkmale notwendig, möglichst jährlich von jeder Parzelle Proben zu untersuchen.

Im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt war nach Erweiterung der Versuchsfrage im Jahre 1978 die Möglichkeit gegeben, Veränderungen der C- und N-Gehalte nach extremen Änderungen des Düngungsregimes zu quantifizieren. Abb. 3 zeigt für zwei ausgewählte Varianten (1902 bis 1977 30 t/ha.2a Stalldung, ab 1978 ohne jede Düngung bzw. umgekehrt, bis 1977 ohne jede Düngung und ab 1978 30 t/ha.2a Stalldung + NPK) die Entwicklung der Gehalte im Verlaufe von 18 Jahren.

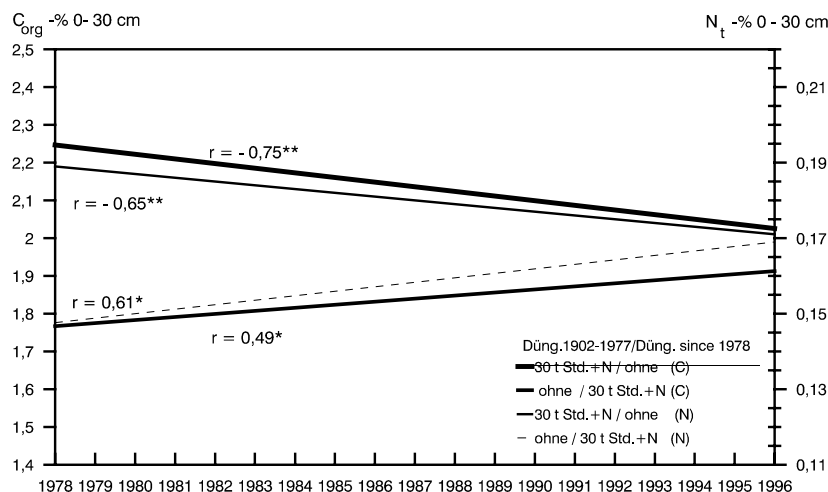


Abb. 3: Entwicklung der C- und N-Gehalte im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt auf Löß-Schwarzerde (Fruchtfolge: Kartoffeln, W.-Weizen, Zuckerrüben, Sommergerste) nach Änderung der seit 1902 praktizierten Düngung im Jahre 1978

Die Verringerung bei einem hohen Ausgangsniveau beträgt jährlich 0,013 % C_{org} , entsprechend 520 kg C/ha bzw. 0,0011 % N entsprechend 44 kg/ha. Diese Menge stimmt sehr gut mit der Differenz im N-Entzug zwischen der Nullvariante und der ehemaligen Volldüngungsvariante überein.

Der Anstieg der ehemals ungedüngten Variante ist beim Kohlenstoff geringer und macht 0,0081 %, bei Stickstoff 0,0012 % jährlich aus.

Es wird gleichzeitig deutlich, dass bis zum Erreichen des neuen Fließgleichgewichtes noch einige Jahrzehnte notwendig sind.

Vielfach wird die Möglichkeit erwogen, den Boden als Kohlenstoffsенke zur Verringerung der CO_2 -Konzentration der Atmosphäre zu nutzen. Für ackerbaulich genutzte Böden kann diese Möglichkeit weitgehend ausgeschlossen werden, wie folgendes Beispiel zeigt:

Im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt hat sich nach rd. 70 Jahren auf allen Düngungsstufen ein Fließgleichgewicht eingestellt. Durch die Anwendung von 20 t/ha Stalldung jedes zweite Jahr wurde der C_{org} -Gehalt gegenüber der Nullvariante um 0,35 % bzw. 14 t/ha (bezogen auf den Bearbeitungshorizont von 30 cm) angehoben. Für diese Erhöhung mussten im Verlaufe der 70 Jahre rd. 60 t/ha C in Form von Stalldung aufgewendet werden.

5 Ableitung optimaler OBS-Gehalte

Die gegenwärtige Situation in der Landwirtschaft fordert, insbesondere im Hinblick auf die Vermeidung von Umweltbelastungen, die Kenntnis optimaler OBS-Gehalte.

Noch in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts gab es kaum Widersprüche zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und Umwelt. Die Stoffkreisläufe waren weitgehend geschlossen, die Tierproduktion vergleichsweise gering und überwiegend gleichmäßig verteilt. Stalldung und organische Abfälle wurden optimal appliziert, die Mineraldüngung nur in geringem Maße angewendet. Bis in die Mitte dieses Jahrhunderts betragen die Aufwandmengen an Mineraldüngerstickstoff in Deutschland weniger als 30 kg/ha. Die organischen Dünger und damit auch der Humus stellten die Hauptquelle der Nährstoffe für die Pflanzenproduktion dar und waren wichtigste Voraussetzung für die Ertragsbildung. Überdüngung war praktisch ausgeschlossen. Unter diesen Bedingungen galt der Grundsatz: „je mehr, um so besser“.

In den letzten Jahrzehnten hat sich ein grundlegender Wandel vollzogen. Mit dem zunehmenden Einsatz von Mineraldüngung sind die Erträge weltweit drastisch angestiegen, damit auch die auf dem Felde verbleibenden Ernte- und Wurzelrückstände als eine wichtige Quelle für die organische Bodensubstanz (OBS). Teilweise wurden bei Nichtbeachtung der Düngungsempfehlungen überhöhte Mineraldüngermengen verabreicht und damit Umweltschäden durch Erhöhung der Nitratkonzentration im Grundwasser und der CO_2 - und N_2O -Konzentration in der Atmosphäre verursacht.

Im Zusammenhang mit der Spezialisierung und Konzentration in der Landwirtschaft, insbesondere in der Tierproduktion, kam es zu großen Differenzierungen im Viehbesatz, die im Bereich großer Tierproduktionsanlagen bis zu 4 GV/ha, teilweise auch darüber, erreichten.

Die Beispiele hierfür im Raum Vechta einerseits und Eberswalde andererseits sind bekannt.

Die Überdüngung vieler Flächen mit Stalldung und/oder Gülle führte ebenso wie die unsachgemäße Anwendung von Mineraldünger zu erheblichen Umweltschäden. Für beides gilt der Satz von Paracelsus:

„Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift. Die Menge allein macht, daß ein Ding kein Gift ist“.

Mit anderen Worten: Der Stickstoff im Stalldung oder in der Gülle ist genauso „giftig“ wie der Stickstoff im Kalkammonsalpeter. Der Unterschied ist nur, dass die N-Menge im Kalkammonsalpeter bekannt ist und wesentlich genauer dosiert werden kann.

Die Notwendigkeit, ökonomisch zu wirtschaften, d. h. hohe Erträge zu erzielen und gleichzeitig ökologische Gesichtspunkte zu berücksichtigen, rückte die Frage nach optimalen Gehalten an organischer Substanz in Ackerböden in den Vordergrund.

Während auf dem Gebiet der Mineraldüngung im Ergebnis einer jahrzehntelangen Forschung Richtlinien für eine nach Menge, Art und Anwendungszeitpunkt optimale Ausbringung bereits seit langem bekannt sind und auch zuverlässige Richtwerte für Gehalte im Boden vorliegen, gab es bisher keine vergleichbaren Empfehlungen für die Gehalte des Bodens an organischer Substanz, d. h. für die nunmehr ungleich wichtigeren Parameter Kohlenstoff und Stickstoff.

Es bleibt deshalb die dringende Frage offen: wieviel umsetzbarer C ist notwendig, um das Ertragspotential eines Standortes auszuschöpfen?

Die Lösung der Aufgabe erfordert langjährige Dauerfeldversuche. Es war ein glücklicher Umstand, dass rd. 20 Dauerfeldversuche auf sehr unterschiedlichen Standorten als experimentelle Basis zur Verfügung standen (Körshens, 1984).

Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Versuche in Verbindung mit intensiven Untersuchungen wurde eine **Humusbilanzmethode** erarbeitet, 1977 veröffentlicht (Autorenkollektiv, 1977) und flächendeckend in die Praxis eingeführt. Sie ist bekannt und wird heute noch (oder wieder) in mehreren Bundesländern angewendet.

Über die Anwendung der Humusbilanzmethode wurde bereits anlässlich der Vortragstagung im November 1997 in Pfiffelbach berichtet. Nachfolgend wird ein Beispiel für das durchschnittliche Anbauverhältnis in Thüringen vorgestellt.

Tabelle 2: Beispiel für die Berechnung des Bedarfs an „Reproduktionswirksamer Organischer Substanz“

(ROS) für das durchschnittliche Anbauverhältnis Thüringens			
Fruchtart	100 ha (= %)	Bedarfsfaktor dt/ha ROS	Bedarf dt ROS
Getreide	59	-16	-944
Ölfrüchte	18	-16	-288
Körnerleguminosen	4	+11	+ 44
Hackfrüchte/Brache	7	-44	-308
Mais	7	-33	-231
Feldfutter	5	+33	+165
Summe			-1562 dt ROS

Der durchschnittliche jährliche Bedarf je Hektar beträgt demnach 16 dt ROS. Dies entspricht einer Stalldungfrischmasse von 80 dt, annähernd einer GV.

Der Bedarf kann aber auch mit 24 dt Stroh gedeckt werden. Bei ausschließlicher Strohdüngung und einem unterstellten Ertrag von 50 dt/ha müßte dazu das Stroh von 48 % der Gesamtfläche bzw. 81 % der Getreidefläche als organischer Dünger eingesetzt werden.

Noch nicht berücksichtigt sind dabei das Rübenblatt und das Stroh der Ölfrüchte und Körnerleguminosen. Kalkuliert man diese Flächen ein, so ist zum Ausgleich der Humusbilanz nur eine Strohdüngung von 60 % der Getreidefläche notwendig.

Diese Bilanzmethode weist jedoch nur den notwendigen Bedarf an organischen Düngern für die Erhaltung eines optimalen Versorgungszustandes aus und sagt nichts über den augenblicklichen Versorgungsgrad, es sei denn man kann rückwirkend über einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren bilanzieren.

Die weiteren Arbeiten auf diesem Gebiet verfolgten deshalb das Ziel, **Richtwerte für den Gehalt an organischer Substanz** zu erarbeiten (Körschens, 1980).

1986 wurden die ersten „Orientierungswerte für die Einstufung grundwasserferner D- und Lößstandorte nach dem Grad ihrer Versorgung mit organischer Substanz“ publiziert (Körschens et al., 1986). Sie beruhten auf der Korrelation zwischen dem Feinanteilgehalt des Bodens (Korngrößen $\leq 6 \mu\text{m}$) und dem stabilen oder inerten C-Gehalt, abgeleitet aus den Ergebnissen zahlreicher Dauerfeldversuche. Dabei wurden neben dem Ertrag auch ökologische Gesichtspunkte berücksichtigt und außer den Mindestgehalten auch Obergrenzen angegeben.

In der Folgezeit konnten diese Arbeiten, auf den vorhandenen Ergebnissen und Erfahrungen aufbauend, kontinuierlich fortgesetzt werden. Die experimentelle Basis verbreiterte sich durch Einbeziehung weiterer Dauerversuche des In- und Auslandes, durch internationale Kontakte und die verbesserten analytischen Möglichkeiten.

Da für weitere Untersuchungen nur noch der umsetzbare Kohlenstoff von Bedeutung war, musste eine einfache und praktikable Methode gefunden werden, um diese Fraktion zu bestimmen. Schließlich haben sich der heißwasserlösliche Kohlenstoff und Stickstoff als geeignete Kriterien erwiesen. Auf der Grundlage der Arbeiten von Bronner (1976) und Behm (1988) wurde im Verlaufe von mehr als 10 Jahren an der Präzisierung und Erprobung der Methode zur Bestimmung des heißwasserlöslichen C und N gearbeitet, u. a. im Rahmen eines vom UBA finanzierten Forschungsprojektes. Seit zwei Jahren sind diese Untersuchungen auch Gegenstand der Arbeiten einer internationalen Arbeitsgemeinschaft. Diese Erprobung, in die mehrere tausend Proben sehr unterschiedlicher Standorte einbezogen waren, ist inzwischen weitgehend abgeschlossen und zur Bestätigung als LUFA-Methode eingereicht (Schulz, 2000).

Nachdem nun mit dem heißwasserlöslichen C und N die Möglichkeit besteht, die umsetzbare OBS zu bestimmen, muss noch nachgewiesen werden, wieviel umsetzbare OS optimal ist. Dazu werden die Ergebnisse von Dauerfeldversuchen und die jahrzehntelangen Erfahrungen der Versuchsansteller genutzt.

Als Entscheidungskriterien werden der Ertrag, die Nährstoffeffizienz und die Kohlenstoffakkumulation verwendet.

Tabelle 3 zeigt die Ableitungen **optimaler Aufwandmengen an Stalldung** und davon abhängige C_{org} -Gehalte von 7 Dauerfeldversuchen. Die optimalen Aufwandmengen liegen zwischen 8 t/ha.a und 12 t/ha.a. Die daraus resultierenden Differenzen zur ungedüngten Variante machen 0,11 bis 0,51 % C_{org} mit deutlicher Abhängigkeit vom Tongehalt aus.

Ein Vergleich zwischen den Aussagen der Bilanzmethode und der Ableitung optimaler Aufwandmengen zeigt eine gute Übereinstimmung, im Durchschnitt der 7 untersuchten Standorte wird mit der Bilanzmethode ein um rd. 25 % höherer Bedarf ausgewiesen (Tab. 4)

Tabelle 3: Optimale Aufwandmengen an organischer Düngung sowie optimale C_{org} -Gehalte unterschiedlicher Standorte, abgeleitet aus Dauerfeldversuchen

Versuchsort	Tongeh. %	Optim. Stalldung- aufwandmenge t/ha.a	C_{org} -% ohne Düng.	C_{org} -% Optim. D.	C_{org} -% Differ.	Autor
1. Bad Lauchstädt	21	10	1,61	2,12	0,51	Körschens et al., 1994
2. Methau	16	10	1,00	1,40	0,40	Albert, 1999
3. Seehausen	8	12	0,81	1,15	0,34	Leithold et al., 1996
4. Spröda	6	10	0,70	0,81	0,11	Albert, 1999
5. Müncheberg	5	8	0,48	0,62	0,14	Rogasik, 1998
6. Groß Kreuz	5	10	0,42	0,64	0,22	Asmus, 1995
7. Thyrow	3	10	0,37	0,65	0,28	Lettau/Ellmer, 1997

Tabelle 4: Bedarf an ROS bzw. Stalldung zum Ausgleich der Humusbilanz im Vergleich zu den in Tabelle 3 ausgewiesenen optimalen Aufwandmengen

Vertsuchsort	Bilanzwert	Optimale Stalldungmenge
Bad Lauchstädt	2,0 t/ha.a ROS = 10,0 t/ha.a Stalldung	10 t/ha.a
Methau	3,0 t/ha.a ROS = 15,0 t/ha.a Stalldung	10 t/ha.a
Seehausen	2,5 t/ha.a ROS = 12,5 t/ha.a Stalldung	12 t/ha.a
Spröda	2,5 t/ha.a ROS = 12,5 t/ha.a Stalldung	10 t/ha.a
Müncheberg	2,5 t/ha.a ROS = 12,5 t/ha.a Stalldung	8 t/ha.a
Groß Kreuz	2,5 t/ha.a ROS = 12,5 t/ha.a Stalldung	10 t/ha.a
Thyrow	2,3 t/ha.a ROS = 11,5 t/ha.a Stalldung	10 t/ha.a
Durchschnitt	12,4 t/ha.a Stalldung	10 t/ha.a

Tabelle 5 zeigt einen Vorschlag für die Klassifikation von Böden nach ihrem Gehalt an heißwasserlöslichen Kohlenstoff.

Tabelle 5: Bereiche von C_{hwl} für die Klassifikation von Böden nach ihrem Gehalt an umsetzbarer organischer Substanz für grundwasserferne Sand- und Lehmböden mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 6 - 10 °C und 400 - 800 mm Jahresniederschlag (Körschens u. Schulz, 1999)

C_{hwl} - Bereich [$mg(100g)^{-1}$]	Gehaltsklasse
> 40	1 (sehr hoch)
30 ... 40	2 (hoch)
25 ... 30	3 (mittel; anzustreben)
20 ... 25	4 (gering)
< 20	5 (sehr gering)

Aufgrund der bekannten großen Variabilität können Toleranzgrenzen von +/- 50 % akzeptiert werden. Bei den vorgestellten Beispielen heißt dies, dass 5 t/ha.a Stalldung auf keinen Fall unterschritten und 15 t/ha.a nicht überschritten werden sollten.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit der Ertragssteigerung von bis zu 250 % in den letzten 50 Jahren in Deutschland und in einigen anderen Ländern hat sich gleichzeitig die Fläche für die Ernährung eines Menschen weltweit um 50 % von 0,5 ha auf 0,26 ha verringert. In den nächsten 25 Jahren wird sie sich weiter auf 0,17 ha reduzieren. Vor 200 Jahren betrug sie in Deutschland noch 2,5 ha. Daraus resultiert die Forderung nach weiterhin steigenden Erträgen.

Eine lineare Extrapolation der nachgewiesenen Ertragssteigerungen in das nächste Jahrhundert ist sicherlich nicht gerechtfertigt. Trotzdem ist es erforderlich, eine Ertragssteigerung von 2 bis 3 % jährlich zu erreichen, um ausreichende Mengen an Nahrungsmitteln zu produzieren. Der Einsatz der Gentechnik wird hierzu weitere Möglichkeiten eröffnen. Der so genannte „Ökologische Landbau“

mit seinen verschiedenen Spielarten ist für die o. g. Zielstellung im Vergleich zum integrierten Pflanzenbau keine Alternative, weil er

- keine wirklich ökologische Wirtschaftsweise darstellt
- im Vergleich zum integrierten Pflanzenbau keine Vorteilswirkungen aufzuweisen hat
- nur einen um rd. 30 % geringeren Ertrag erzielt.

Schlussfolgernd aus den Ergebnissen der letzten 25 Jahre zum Einfluss der OBS auf Ertrag sowie auf Nährstoffeffizienz und C-Bilanzen, können folgende Aussagen getroffen werden:

Eine Erhöhung des C_{org} -Gehaltes im Boden über das ertraglich und nährstoffmäßig begründete Optimum hinaus bringt keinen vertretbaren Akkumulationseffekt, erhöht die Gefahr von N-Verlusten und stellt letztlich eine weitgehend unproduktive „Verbrennung„ von Kohlenstoff dar. Mit Richtwerten für optimale C_{org} -Gehalte, der Bestimmung des heißwasserlöslichen C und der Humusbilanzmethode ist die Möglichkeit gegeben, den Gehalt der Ackerböden an organischer Substanz einzuschätzen und so zu steuern, dass hohe Erträge bei weitgehender Vermeidung von Umweltbelastungen erreicht werden. Die Aussagen dieser Methoden beruhen auf den Ergebnissen zahlreicher Dauerfeldversuche und gehen weitgehend konform.

Die Forschungen auf diesem Gebiet erfordern die Erhaltung und umfassende Nutzung von Dauerfeldversuchen, da nur sie den experimentellen Nachweis einer nachhaltigen Landnutzung ermöglichen.

Literatur

- Albert, E., (1999): Wirkung einer langjährig differenzierten mineralisch-organischen Düngung auf Ertragsleistung, Humusgehalte und N-Bilanz, UFZ-Bericht Nr. 24/1999 Internationales Symposium „Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen“ vom 03.06. – 05.06.99 in Halle, S. 59-62
- Asmus, F., (1990): Versuch M 4 Groß Kreuz - Wirkung organischer und mineralischer Düngung und ihrer Kombination auf Pflanzenenertrag und Bodeneigenschaften. In: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften (ed.): Dauerfeldversuche. Terra-Druck GmbH Olbernhau, 245-250
- Asmus, F.,(1995): Ergebnisse aus einem langjährigen Dauerfeldversuch zur organisch-mineralischen Düngung auf Tieflehm-Fahlerde. Arch. Acker-Pfl. Boden., Berlin 39, 359-367
- Autorenkollektiv, (1977): Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Hrsg.: Akad. d. Landw.-Wissensch. der DDR, agrabuch, Leipzig, 6
- Behle-Schalk, L.; u. Honermeier, B. (2000): Ertragsreaktionen von Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste im Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Rauischholzhausen – Deutschland. UFZ-Bericht Nr. 15/2000, S.47 – 52, ISSN 0948 - 9452
- Behm, R., (1988): Untersuchungen zur Bestimmung der leicht umsetzbaren N-C-Anteile im Heißwasserextrakt des Bodens. Arch. Acker- Pfl. Boden., Berlin 32 (5), 333-335
- Bischoff, R.(2000): Der Internationale Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Speyer – Deutschland. UFZ-Bericht Nr. 15/2000, S. 53 – 63, ISSN 0948 – 9452
- Bronner, H. , (1976): Kenndaten des pflanzenverfügbaren Bodenstickstoffs in Beziehung zum Wachstum der Zuckerrübe. Bodenkultur 27, 18 – 59, u. 120 – 161
- Hoffmann, S.; Kismanyoky, T.;Balazs, J.(1997): Der Internationale Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Keszthely nach 12 Versuchsjahren. Arch. Acker-Pfl. Boden, , Vol. 41 pp 123 - 132
- Gericke, S., (1948): Probleme der Humuswirtschaft.- In: Probleme der Wissenschaft in Vergangenheit und Gegenwart. Wiss. Editionsgesellschaft Berlin, Berlin, 51-168
- Klasink, A. and Steffens, G., (1995): Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Oldenburg nach neun Versuchsjahren. Arch. Acker-Pfl. Boden.,Berlin 39, 449-460
- Köhn,W.; Ellmer, F.;Peschke, H.;Chmielewski, F.-M.; Erekul, E.(2000): Dauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahlem-Deutschland. UFZ-Bericht Nr. 15/2000, S. 23 – 35, ISSN 0948-9452

- 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.-Diss. B, Akad. d. Landw.-Wiss, Berlin.
- Körschens, M. - Hrsg. – (1984): Dauerfeldversuche der DDR – Übersicht, Entwicklung und Ergebnisse von Feldversuchen mit überwiegend mehr als 20 Jahren Versuchsdauer sowie Übersicht über wichtige Dauerversuche der Welt. Berlin, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 230 S.
- Körschens, M.; Frielinghaus, M.; Klimanek, E.-M.; Siemens, H. und Encke, O. ; (1986): Einsatz organischer Dünger zur Agromelioration. *Feldwirtschaft* 1 (27), 21-22
- Körschens, M.; Stegemann, K.; Pfefferkorn, A.; Weise, V. und A. Müller ; (1994): Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart-Leipzig, 179 S.
- Körschens, M., (1997): Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz (OBS) von Standort und Bewirtschaftung sowie ihr Einfluß auf Ertrag und Bodeneigenschaften. *Arch. Acker-Pfl. Boden.*,Berlin 41, 435-463
- Körschens, M.; Weigel, A.; Schulz, E. ; (1998): Turnover of Soil Organic Matter (SOM) and Long-Term Balances – tools for evaluating Productivity and Sustainability. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 161, 409-424
- Körschens, M.; Schulz, E. ; (1999): Die organische Bodensubstanz. Dynamik-Reproduktion-ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. *UFZ-Bericht Nr. 13/99*, ISSN 0948-9452
- Lang, H.; Dressel, J. and Bleiholder, H. (1995): Langzeitwirkung der Stickstoffdüngung IOSDV-Standort Limburgerhof (Deutschland) in der Reihe „Internationale organische Stickstoffdauerdüngungsversuche“. - *Arch. Acker- Pfl. Boden.*,Berlin 39, 429-448
- Lettau, T. und Ellmer, F. ; (1997): Kohlenstoffgehalte und -bilanzen nach langjährig differenzierter Düngung eines Sandbodens - Ergebnisse aus einem Dauerfeld-versuch. 109. VDLUFA-Kongress 15. Bis 19. September 1997 in Leipzig, VDLUFA-Verlag Darmstadt, S. 99
- Leithold, G.; Hülsbergen, K. J.; Michel, D. und Schönmeier, H. ; (1996): Humusbilanzierung. Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. *Initiativen zum Umweltschutz. Osnabrück, Deutsche Bundesstiftung Umwelt* 3
- Pfefferkorn, A. u. Körschens, M.: (2000) Der Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch Bad Lauchstädt - Deutschland. *UFZ-Bericht Nr. 15/2000*,S. 13-22, ISSN 0948- 9452
- Rogasik, J. , (1998): unveröffentlicht
- Scholz, S., (1978): Beziehung zwischen OBS-Gehalt und Ertrag, abgeleitet aus Dauerversuchen. *Synthetische Information, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bad Lauchstädt*
- Schulz, E. (2000): Heisswasserlöslicher Kohlenstoff – Verbandsmethode den VDLUFA –Entwurf, Vorlage zur 1. Lesung
- Tajnsek, A.(2000): Ergebnisse des Internationalen Stickstoffdauerdüngungsversuchs (IOSDV) Jable – Slowenien. *UFZ-Bericht Nr. 15/2000*, S. 83 – 94, ISSN 0948 – 9452

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Martin Körschens
 Lauchgrund 1
 06246 Bad Lauchstädt
 Tel.: 034635-20836