

Posterbeitrag zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau,
3. und 4. März 1997, an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

Stickstoffeffizienz von unterschiedlich aufbereiteten Misten in einer Ackerfruchtfolge auf Lösslehm

Alfred Berner¹, Daniel Scherrer^{1,2} und Thomas Alföldi¹

Einleitung

In zahlreichen Versuchen wurde Stallmist oder (Müll)Kompost mit mineralischer Düngung in bezug auf Ertragswirksamkeit verglichen (SEIBERTH und KICK 1969, BISCHOFF 1987, GREILICH und JÄNICKE 1988, WERNER *et al.* 1988). Aufgrund dieser Versuche fällt es jedoch schwer, die Frage nach der günstigsten Hofdüngerform zu beantworten, da meist gleiche N-Mengen auf das Feld ausgebracht wurden. N-Verluste bei der Lagerung und Aufbereitung der organischen Dünger wurden in der Regel nicht berücksichtigt. Zudem umfasst die Bezeichnung Stallmist in den erwähnten Publikationen Substrate, die bezüglich ihres Anrottungsgrades oder ihres Strohanteils und damit ihrer Eigenschaften als Dünger sehr unterschiedlich sein können.

Bisher wurde nur in wenigen Versuchen der Einsatz von unterschiedlich aufbereiteten Misten aus gleichem Ausgangsmaterial Ausgangsmengen-äquivalent im Ackerbau oder Grünland untersucht. Dabei wurden aber nur Teilbereiche der Düngerkette betrachtet. BESSON (1995) stellte fest, dass während der Lagerungszeit bei Stapelmist weniger Stickstoff verloren geht als bei der Kompostierung. Bei der Anwendung im Feld konnte PIORR (1992) dagegen eine bessere Düngewirkung von Mistkompost im Vergleich zu Stapelmist nachweisen. BUCHGRABER (1989) verglich Gülle- und Mistdüngungssysteme im Futterbau und stellte beim Ertrag keine Unterschiede fest. Bei der Gülle sind die Ammoniakverluste während der Lagerung gering, beim Ausbringen hingegen verhältnismässig gross. Beim Mist verhält es sich umgekehrt (MENZI und BESSON 1991, MENZI und NEFTEL 1993).

Um den Einsatz verschiedener Wirtschaftsdünger von der Aufbereitung bis zur Anwendung hinsichtlich ihrer N-Effizienz und Ertragswirksamkeit langfristig zu quantifizieren, wurde 1991 in Oberwil ein Versuch angelegt, der die Düngeraufbereitung, wie auch dessen Anwendung im Feld umfasst. Wesentliches Merkmal dieses Versuchs ist, dass bei allen Düngern die gleichen Ausgangsmengen Frischmist verwendet werden. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Dünger auf Bodenaktivität, Humusaufbau und Krümelstabilität werden in der vorliegenden Arbeit nicht diskutiert.

Material und Methoden

Verfahren und Herstellung der Miste

Der Versuch umfasst insgesamt acht Verfahren. Neben drei verschieden intensiv aufbereiteten Mistformen **Stapelmist**, **Rottemist** und **Mistkompost** werden weiter ein Verfahren **Grünabfallkompost/Gülle** sowie eine Variante mit **Vollgülle** miteinander verglichen. Als Kontroll- und Vergleichsvarianten dient ein Verfahren **ohne Düngung** sowie zwei Verfahren mit mineralischer Düngung. Das Verfahren **NPK 0.5** wurde mit der halben Düngungsnorm, das Verfahren **NPK 1** mit der vollen Düngungsnorm gedüngt.

¹ Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Ackerstrasse, CH-5070 Frick

² Gegenwärtige Adresse: Obermühle 10, CH-9606 Bütschwil

Bei der Herstellung von Stapelmist wurde der Mist in einem auf einer Seite und nach oben offenen Kasten (Grösse 1m³) festgetreten. Der Mist durchläuft dadurch eine anaerobe Vergärung. Die Maximaltemperatur wurde bei 25-30 °C erreicht. Zur Erzeugung von Rottemist und Mistkompost wurde das Ausgangsmaterial zu einer 0.8 m hohen Miete aufgesetzt.

Rottemist wurde nach vier Wochen einmal, Mistkompost im gleichen Zeitraum viermal von Hand umgesetzt. Die Temperaturen erreichten bei beiden Verfahren zwischen 60 und 65 °C. Dem Verfahren Mistkompost wurde zusätzlich Stroh beigemischt, um einen optimalen Kompostierungsverlauf zu ermöglichen. Rottemist und Mistkompost wurden mit einem Abdeckvlies vor Regen geschützt. Dadurch entstand bei diesen Verfahren kein Sickersaft. Der beim Stapelmist anfallende Sickersaft wurde aufgefangen und ebenfalls auf die entsprechenden Parzellen ausgebracht. Die Lagerungs- bzw. die Aufbereitungzeit dauerte bei allen drei Verfahren im Sommer drei, im Winter vier Monate. Die Nährstoffe wurden vor und nach der Lagerung bestimmt und bilanziert. Die chemische Zusammensetzung der aufbereiteten Miste ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: *Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der eingesetzten organischen Dünger (Durchschnitt aus 5 Untersuchungsjahren)*

| Düngertyp | TS [% FS] | OS [% TS] | N _t [% TS] | N _{min} ¹ [% TS] | C/N |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------|---|------|
| Stapelmist | 18.3 | 73.6 | 2.32 | 0.46 | 18.1 |
| Rottemist | 21.0 | 66.1 | 2.40 | 0.24 | 15.7 |
| Mistkompost | 24.6 | 64.2 | 2.62 | 0.22 | 14.0 |
| Grünabfallkompost | 52.1 | 38.0 | 1.30 | 0.12 | 16.6 |
| Vollgülle | 3.1 | 72.2 | 4.65 | 2.87 | 8.8 |
| Harngülle | 1.4 | 48.8 | 11.4 | 9.23 | 2.4 |

¹ N_{min} = NH₄-N + NO₃-N

Bemessung der Düngermengen für den Feldversuch

Die Düngermengen für die einzelnen Kulturarten wurden aufgrund der entsprechenden Düngungsnorm für Stickstoff bemessen (WALTHER *et al.* 1994). Bei den drei Mistarten wurde der N-Gehalt vor der Aufbereitung berücksichtigt, d.h. die Düngung erfolgte hier Ausgangsmengen-N-äquivalent. Die Mistverfahren erhielten im Frühling bei allen Kulturen eine Kopfdüngung von 40 kg/ha Gesamtstickstoff in Form von Harngülle (in der Gesamtmenge berücksichtigt). Beim Verfahren Grünabfallkompost wurde im ersten und zweiten Versuchsjahr insgesamt 150 m³/ha als Meliorationsgabe ausgebracht, danach wurden jedes zweite Jahr 50 m³/ha gedüngt. In den Jahren, in denen Grünabfallkompost verwendet wurde, erfolgte eine Kopfdüngung von 40 kg/ha Gesamtstickstoff in Form von Vollgülle, in den Zwischenjahren wurde die halbe Normdüngung ausschliesslich in Form von Vollgülle verabreicht. Bei den Verfahren NPK 0.5 und NPK 1 erfolgte die halbe bzw. die gesamte Normdüngung mit Ammonsalpeter, Thomasmehl und Patentkali. Die festen Dünger wurden oberflächlich eingearbeitet, die flüssigen breitflächig ausgebracht.

Feldversuch

Der Parzellenversuch wurde im Jahre 1991 auf einer pseudovergleyten Parabraunerde auf Lösslehm in Therwil angelegt. Die Durchschnittstemperatur des Standortes beträgt 9.2 °C, die durchschnittliche Niederschlagsmenge 785 mm. Die 32 Parzellen (8 Verfahren mit je 4 Wiederholungen) sind in einem lateinischen Rechteck angeordnet. Die Grösse der Einzelparzellen beträgt 9.4 x 6.3 m. In einer Fruchtfolge mit Sommerhafer, Winterweizen mit Zwischenfrucht (Futterraps), Sommergerste, Klee gras und Kartoffeln erfolgte die Bodenbearbeitung und Düngung abwechslungsweise im Frühling und Herbst.

Zur Ermittlung der N-Effizienz wurde die Summe von N-Input und N-Entzug der ersten fünf Versuchsjahre einander gegenübergestellt. Zur Ermittlung der N-Wirkung wird das Verhältnis Mehrentzug gegenüber der ungedüngten Kontrolle zum N-Input berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Verluste bei der Aufbereitung

Während der anaeroben Lagerung von Stapelmist verringerten sich die Gehalte an Trockensubstanz und organischer Substanz im Durchschnitt der 5 Jahre um 22 und 29 %. Der Stickstoffverlust betrug 19 % (ohne Stickstoffaustrag im Sickersaft). Bei der Herstellung von Mistkompost gingen im Durchschnitt 33 % Stickstoff verloren, die Rotteverluste bei der organischen Substanz lagen bei 57 %. Das Verfahren Rottemist nimmt eine Zwischenstellung ein, liegt aber näher beim Mistkompost als beim Stapelmist (Abb. 1). Aufgrund zahlreicher Ergebnisse aus der Literatur geben GOTTSCHELL (1984) und KIRCHMANN (1985) die N-Verluste von Stapelmist durchschnittlich mit 15 % an, wobei die Schwankungsbereiche zwischen 0 und 37 % liegen. Für lose aufgeschichteten Mistkompost geben die beiden Autoren Mittelwerte von 18 % und 21 % an. Der Schwankungsbereich liegt zwischen 6 und 53 %.

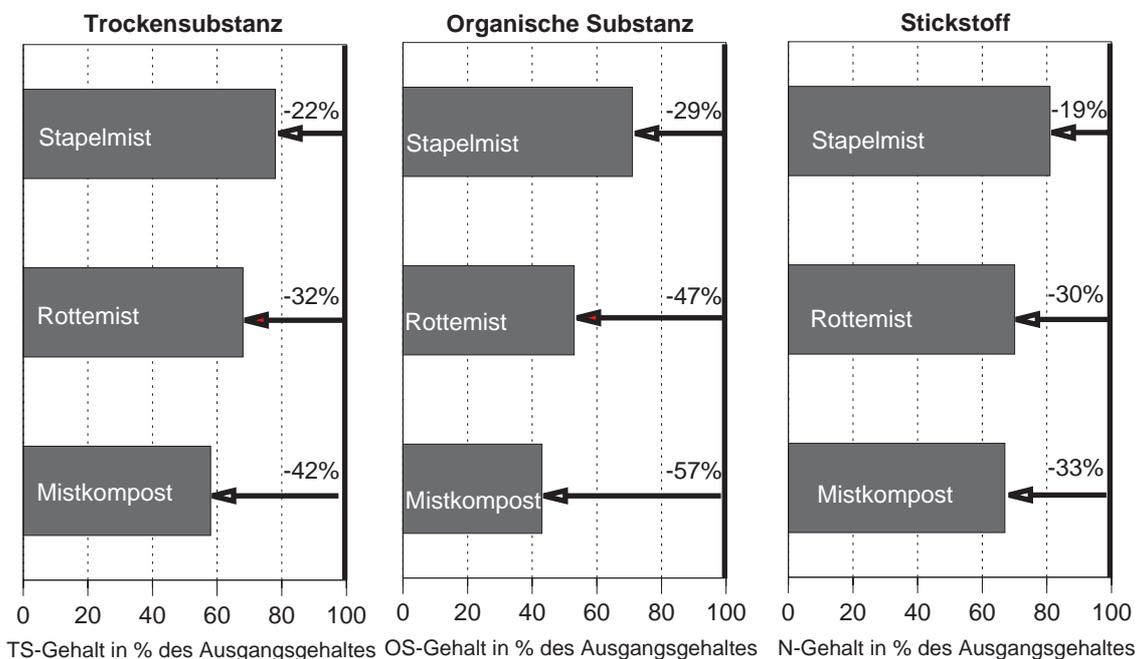


Abb. 1: Verluste an Trockensubstanz, organischer Substanz sowie Stickstoff während der unterschiedlichen Aufbereitung von Mist (Durchschnittswerte aus fünf Jahren).

Entwicklung der Erträge im Feldversuch:

Aus dem Verlauf der Ertragsentwicklung des ungedüngten Verfahrens im Vergleich zum mineralisch gedüngten Verfahren NPK 1 lässt sich die abnehmende Dünger-Nachwirkung aus der früheren Bewirtschaftung verfolgen (Abb. 2). Mit zunehmender Versuchsdauer werden die Unterschiede zwischen den verschiedenen organisch gedüngten Verfahren deutlicher. In den letzten beiden Versuchsjahren erzielte das Verfahren Stapelmist den geringsten Ertrag aller organisch gedüngten Verfahren. Bei Kartoffeln sind die Ertragsunterschiede zwischen Stapelmist und Grünabfallkompost/Vollgülle statistisch gesichert. In den verbleibenden zwei Versuchsjahren wird es sich zeigen, ob dieser Trend anhält.

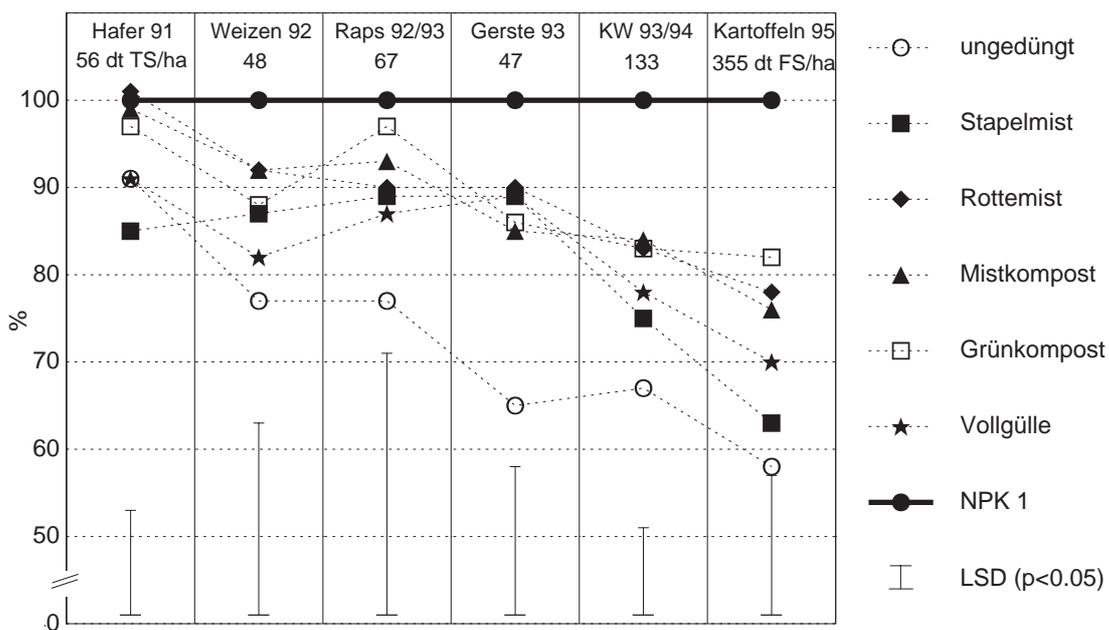


Abb. 2: Erträge verschiedener organisch gedüngter Ackerkulturen in der Fruchtfolge relativ zu den Erträgen des mineralisch gedüngten Verfahrens NPK 1.

N-Effizienz

In Abbildung 3 ist der Gesamtinput an Stickstoff der einzelnen Verfahren in den fünf Jahren des Versuches dem Entzug in derselben Zeit gegenübergestellt. Bei den mineralisch gedüngten NPK-Verfahren wird der gedüngte Stickstoff am besten in Mehrentzug umgesetzt. Bei den organischen Verfahren liegen Vollgülle, Rottemist und Mistkompost nahe beieinander. Bei Rottemist und Mistkompost wird dieses Resultat durch gute Mineralisierungseigenschaften der Substrate erreicht. Bei der Vollgülle, mit viel höherem, direkt verfügbarem Ammoniumanteil, führen die erhöhten Ammoniakverluste auf dem Felde, im Vergleich zum Mineraldünger, zu einem ungünstigeren Ergebnis. Das Verfahren Grünabfallkompost weist im Vergleich zu den übrigen organisch gedüngten Verfahren den höchsten N-Entzug bei zugleich grösstem N-Input auf. Das Verfahren Stapelmist weist im Vergleich zu den Verfahren Rottemist und Mistkompost – dank geringeren Stickstoffverlusten bei der Aufbereitung – im Feldversuch einen 20 % höheren N-Input auf. Dennoch liegt der Stapelmist beim N-Entzug deutlich hinter den beiden anderen Mistverfahren zurück.

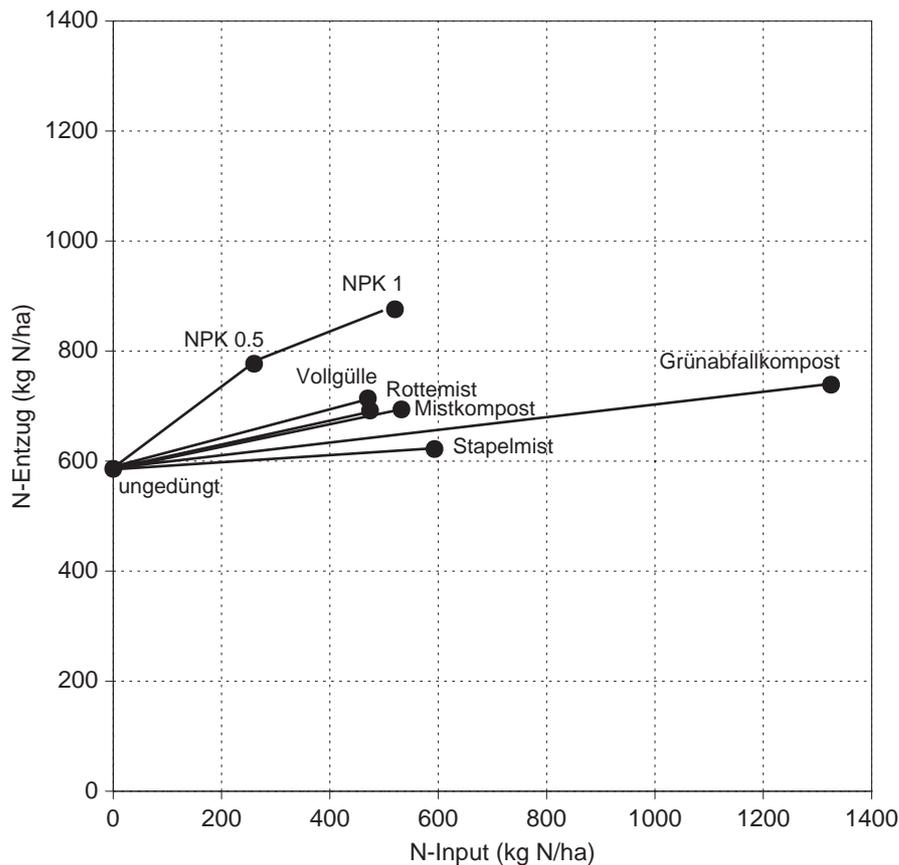


Abb. 3: Summe von N-Input und N-Entzug (5 Jahre) im Feldversuch bei den mineralisch und organisch gedüngten Verfahren.

N-Wirkung:

Ohne Berücksichtigung der N-Verluste bei der Aufbereitung erreichen die Verfahren Rottemist und Mistkompost eine N-Wirkung von 23 und 20 %. Das Verfahren Stapelmist liegt mit einer N-Wirkung von 6 % deutlich tiefer (Tab. 2). Wird die Aufbereitung in die Berechnung miteinbezogen, so liegen Rottemist und Mistkompost mit 16 und 14 % noch deutlich vor Stapelmist mit 5 %. Grünabfallkompost mit Vollgülle erreicht eine N-Wirkung von 12 %. Dieser im Vergleich zu Rottemist und Mistkompost tiefere Wert ist durch das unterschiedliche Ausgangsmaterial (Holzanteil) bedingt. Das Verfahren Vollgülle erreicht eine N-Wirkung von 27 %, was auf den höheren Ammoniumanteil zurückzuführen ist.

Tab. 2: *N-Wirkung in % der eingesetzten Dünger bei der Anwendung auf dem Felde ohne und mit Berücksichtigung der Verluste bei der Aufbereitung (Durchschnitt aus fünf Jahren)*
 $[(N\text{-Output Verfahren} - N\text{-Output ungedüngt}) / N\text{-Input Verfahren}] \times 100$.

| Verfahren | nur Anwendung auf Feld | Anwendung inkl. Aufbereitung |
|-------------------|------------------------|------------------------------|
| Stapelmist | 6 | 5 |
| Rottemist | 23 | 16 |
| Mistkompost | 20 | 14 |
| Grünabfallkompost | 12 | – |
| Vollgülle | 27 | – |
| NPK 0.5 | 74 | – |
| NPK 1 | 56 | – |

Die Ergebnisse von BESSON und SPIESS (1995) im Rahmen des langjährigen DOK-Versuches zeigen, dass die Grössenordnung der N-Wirkung organischer Dünger stark von der Versuchsdauer abhängig ist. In den ersten sieben Versuchsjahren ergab sich für das Verfahren, welches mit Mistkompost gedüngt wurde, eine N-Wirkung von 22 %, für das Verfahren mit angerottetem Mist betrug die N-Wirkung 18 %. Das Verfahren mit Stallmist und mineralischen Düngern sowie konventionellem Pflanzenschutz erreichte eine N-Wirkung von 38 %. Im Laufe der zweiten Fruchtfolgeperiode erhöhte sich die N-Wirkung auf 62, 69 und 74 %. Die vergleichsweise tiefe N-Wirkung in den ersten sieben Versuchsjahren ist sowohl im DOK-Versuch als auch in der vorliegenden Untersuchung auf die anfänglich hohen Erträge der ungedüngten Kontrollparzellen auf dem fruchtbaren Lösslehm zurückzuführen.

Ebenfalls geringere N-Wirkungen von Stallmist im Vergleich zu Mistkompost ermittelte PIORR (1992) in einem Topfversuch. Die N-Wirkung von Stallmist lag jeweils nach einem Jahr bei rund 5.3 %, diejenige von Mistkompost bei 8.5 %. Kombiniert mit Gülle erhöhte sich die Wirkung auf 21 % bei Stallmist und 42 % bei Mistkompost.

Schlussfolgerungen

Unter der Einschränkung, dass die alleinige Betrachtung der N-Wirkung nur einen Teil des N-Haushaltes ausmacht (z.B. Einbau von N in den Humuskörper), können aus den vorliegenden Ergebnissen folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Bei der aeroben Rotte bzw. Kompostierung von Mist wurden im Vergleich zur anaeroben Lagerung von Mist grössere N-Verluste gemessen, d.h. es wurde bei diesen Verfahren folglich weniger Stickstoff auf die Parzellen ausgebracht.
- Bei der Anwendung auf dem Feld erzielten Rottemist und Mistkompost im Vergleich zu Stapelmist jedoch eine bessere N-Wirkung. Dies macht deutlich, dass bei der Beurteilung unterschiedlicher Mistformen neben N-Verlusten und N-Gehalten insbesondere die N-Wirkung (Mineralisierungseigenschaften) berücksichtigt werden muss.
- Mit qualitativ hochwertigem Grünabfallkompost kombiniert mit Güllegaben konnten vergleichbare Erträge wie bei den ausschliesslich mit Hofdüngern gedüngten Parzellen erzielt werden. Die N-Wirkung ist dabei aber aufgrund des Holzanteils der Grünabfallkomposte deutlich tiefer als bei Rottemist und Mistkompost.

- Mit Vollgülle wurden – bei leicht höherer N-Wirkung – ähnliche Entzüge wie mit Rottemist und Mistkompost erreicht.

Dank

Wir danken Robert Frei für die Unterstützung bei den Feldarbeiten sowie Silvia Burkardt-Ritz und Martin Koller für die Durchführung der Laboranalysen.

Literatur

- BESSION, J.-M. und SPIESS, E. 1995: Processus chimiques et microbiologiques dans le sol cultivé selon les systèmes culturaux biologiques et conventionnels (Essai DOC). In: Mäder, P. and Raupp, J. (eds.): Fertilization Systems in Organic Farming. Effects of low and high external input agriculture on soil microbial biomass and activities in view of sustainable agriculture. Proc. of the 2nd Meeting in Oberwil (Switzerland). Sept. 15th to 16th, 1995, 3-12.
- BISCHOFF, R. 1987: Auswirkungen langjährig differenzierter organischer Düngung auf Ertrag und Bodenparameter. VDLUFA-Schriftenreihe 23, Kongressband, 451-466.
- BUCHGRABER, K. 1989: Was bringt der biologische Landbau. Ein Vergleich mit konventioneller Grünlandbewirtschaftung. Traktor aktuell 1 und 2 /89, 16-18.
- GOTTSCHALL, R. 1984: Kompostierung. Alternative Konzepte 45. C.F. Müller, Karlsruhe, 30.
- GREILICH, J. und JÄNICKE, G. 1988: Gefäßversuch zur Ertragswirkung von Kompost aus unaufbereitetem Hausmüll und Gülle im Vergleich zu Stalldung und Mineralstickstoff. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd. 32 (3), 197-203.
- KIRCHMANN, H. 1985: Losses, plant uptake and utilisation of manure nitrogen during a production cycle. Acta Agric. Scand. 24, 7-77.
- MENZI, H. und BESSION J.-M. 1991: Abfall und Zusammensetzung von Mist und Gülle bei Milchkühen. Landwirtschaft Schweiz 4 (11), 619-624.
- MENZI, H. und NEFTEL, A. 1993: Ammoniak – Ein Molekül, das die Landwirtschaft und die Umwelt beschäftigt. Schweiz. Landw. Fo. 32, 103-110.
- PIORR, A. 1992: Zur Wirkung von residualem Klee gras- und Wirtschaftsdüngerstickstoff auf die N-Dynamik in ökologisch bewirtschafteten Böden die N-Ernährung von Getreide. Diss Uni Bonn.
- SEIBERTH, W. und KICK, H. 1969: Ein zwölfjähriger Freilandversuch zur Wirkung von Müll- und Klärschlammkomposten, Stallmist und Stroh auf Ertrag, Nährstoff- und Humusgehalt des Bodens. Landw. Forschung 23, 13- 22.
- WALTHER, U., MENZI, H., RYSER, J.-P., FLIESCH, R., JEANGROS, B., KESSLER, W., MAILLARD, A., SIEGENTHALER, A.J. und VUILLOUD, P.A. 1994: Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Agrarforschung 1 (7), 1-40.
- WERNER, W., SCHERER, H.W. and OLFS, H.-W. 1988: Influence of long-term application of sewage sludge and compost from garbage with sewage sludge on soil fertility criteria. J. Agronomy & Crop Science 160, 173-179.