

Grundlagenversuche zum Nährstoffumsatz von Biokomposten

Ableitung von umweltverträglichen Einsatzstrategien in Landwirtschaft und Gartenbau

Reinhold GUTSER*

Technische Universität München, Lehrstuhl für Pflanzenernährung

Kurzfassung

Die am 1. Oktober 1998 rechtskräftig werdende **Bioabfallverordnung** schließt eine wichtige Rechtslücke hinsichtlich der Verwertungsmöglichkeiten von Bioabfällen in der Landwirtschaft. Sie enthält eine Auflistung für die als Sekundärrohstoffdünger geeigneten organischen Abfallstoffe, zudem sind die tolerierbaren Höchstgehalte und Höchstfrachten für Schwermetalle fixiert. Das Düngemittelrecht regelt über die Dünge-VO die zulässige Nährstofffracht und damit Düngermenge. Der Einsatz guter Sekundärrohstoffe wird durch die **Nährstofffracht** und nicht durch die **Schadstofffracht** begrenzt.

Für die Optimierung der Verwertung von Biokomposten in Landwirtschaft und Gartenbau sind Kenntnisse über das Verhalten dieser Dünger im System Boden/Pflanze erforderlich. Biokomposte eignen sich besonders gut für die **Bodenverbesserung** (physikalische, biologische und chemische Eigenschaften der Böden) und zeigen zudem eine mehr oder weniger schnelle und gute **Nährstoffwirkung**.

Bodenverbesserung: In mehrjährigen Freilandexperimente führte Biokompost zu einem deutlichen Anstieg der C- und N-Gehalte der Böden (Krume) und folglich zu einer Verbesserung bodenphysikalischer Eigenschaften wie Lagerungsdichte, Porenvolumen, Wasserleitfähigkeit und Aggregatsstabilität. Biokompost-C eignet sich sehr gut für die Reproduktion von Humus. Über eine jährliche Zufuhr von \varnothing 5-10 t TS/ha (= 1.5 – 3 t org. S.) läßt sich der Humusgehalt landwirtschaftlich genutzter Böden erhalten.

Nährstoffwirkung: Biokomposte zeigen eine gute **Kalk-** (\varnothing 200 – 500 kg bas. CaO je 10 t TS) und **Kaliumwirkung** (50-130 kg K/10 t TS). Das enthaltene **Phosphat** (20 – 50 kg P/10 t TS) wirkt grundsätzlich langsamer als Mineraldünger-P. Je nach Reifegrad liegen 5-30 % des Phosphates organisch gebunden vor. Längerfristig ist ähnlich den Mineraldüngern von einer vollständigen P-Verwertung auszugehen.

Für **Stickstoff** ist eine kurzfristige (unmittelbar zur gedüngten Kultur) und längerfristige Wirkung (Nachlieferung aus dem durch Kompost angereicherten Boden-N zu unterscheiden).

Kurzfristige N-Wirkung: Die mittlere N-Verwertung des Kompost-N erreicht im Anwendungsjahr mit \varnothing 0 – 10 % nur ein geringes Ausmaß. Der Kompost-N liegt nur zu 0-10 % als N_{\min} -Stickstoff vor. Zudem bestehen Wechselwirkungen zwischen N_{\min} und abbaubarer organischer Substanz in z.B. stärkerer N-Immobilisierung (z.B. in Frischkomposten!).

Das Zusammenfassen mehrerer Jahresgaben zu größeren Gaben (z.B. 21 t TS/ha alle 3 Jahre gegenüber jährlich 7 t TS/ha) bringt in der Regel Vorteile für die kurzfristige N-Ausnutzung durch die Pflanzen.

Die kurzfristige N-Wirkung der Komposte läßt sich aus C- und N-Parametern (N_{\min} , C/N, C/N in K_2SO_4 -Extrakt, z.T. auch pH-Werten) abschätzen bzw. mittels moderner Untersuchungsverfahren (z.B. NIR-Technik) prognostizieren.

Längerfristige N-Wirkung: Kompost bewirkt nach längerer Anwendung einen deutlichen Anstieg der C- und N-Gehalte der Böden (schwer abbaubarer organischer Kompost-N; Immobilisation) und folglich deren Nachlieferungspotential für N. Nach etwa 30 bis 50 jähriger Kompostanwendung ist mit einem annähernden Gleichgewichtszustand ("steady state") im Boden zu rechnen: die freigesetzte N-Menge des Bodens nähert sich der gedüngten N-Menge an. Diese Kalkulation geht von einer jährlichen Mineralisationsrate des Düngerrestes im Boden von 2 – 3 % aus (belegt durch Langzeitexperimente). Mit der Zunahme der N-Gehalte kompostgedüngter Böden erhöht sich allerdings nicht nur die Ertragssicherheit, sondern auch das Potential für N-Verluste. Deshalb wurde für die längerjährige Anwendung von Sekundärrohstoffdüngern (z.B. Klärschlamm, Biokompost) eine mittlere jährliche Höchstfracht von 100 kg N/ha vorgeschlagen (dies entspricht einer \emptyset Kompostgabe von ca. 7 t TS/ha \cdot a bzw. 21 t TS ha \cdot 3a).

Die **Dünge-VO** fordert **Nährstoffvergleiche** auf Betriebs- oder Schlagebene. Betriebe mit Kompostverwertung bedürfen als Folge der geringen kurzfristigen N-Wirkung der Komposte höhere positive **N-Salden** ($\text{Input}_{\text{Düngung}}$ abzüglich $\text{Output}_{\text{Ernten}}$) als z.B. Marktfuchtbetriebe mit ausschließlich mineralischer Düngung. Mit der Dauer der Kompostanwendung lassen sich diese Salden vermindern.

Für den Einsatz von Biokomposten in **Feldgemüsebau** eignen sich die gleichen Anwendungsrichtlinien wie für landwirtschaftliche Flächen. Zudem bestehen im Bereich des Garten und Landschaftsbaus weitere spezifische Verwendungsmöglichkeiten für Biokomposte (Teilbestandteil von Substraten und Erden; Rasenpflege, Rekultivierung u.a.), wobei teilweise einmalige hohe Aufwandmengen langjährige kleinere Gaben ersetzen.

Einleitung

Entsprechend dem im Oktober 1994 verkündeten und im Oktober 1996 in Deutschland in Kraft getretenen Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen wird die landbauliche Verwertung von KS (KS) und Biokomposten (Biokomp) (Komposte aus getrennt gesammelten organischen Haus- und Gartenabfällen sowie Grüngut) sowohl über das Abfallrecht (Schadstoffe) als auch das Düngemittelrecht (Nährstoffe) geregelt. Das Abfallrecht begrenzt die Verwertung durch die Schadstofffracht (Grenzwerte für Schadstoffgehalte in Abfallstoffen und Böden sowie maximale Ausbringmengen), die Düngeverordnung durch die Nährstofffracht (Düngebedarf der Kulturen, Definition der "guten fachlichen Praxis").

Zukünftig sollten auch Schadstoff/Nährstoff-Quotienten für die Qualitätsbeurteilung von Düngemitteln herangezogen werden. Wirtschaftsdünger können ebenso wie Sekundärrohstoffdünger beachtliche Schadstoffmengen enthalten (die Ausscheidungen tierischer Organismen stellen Senken für Schadstoffe dar), so daß insbesondere die für die Futtermitteln als essentiell geltenden Schwermetallkonzentrationen einer Überprüfung bedürfen (Abbau von Sicherheitszuschlägen).

Geht man von einer derzeitigen landbaulichen Verwertung der KS und Komposte von 30% oder einer zukünftig maximalen Verwertungsrate von 50% aus, so kann die Landwirtschaft auf die qualitativ bessere Hälfte des angebotenen KS- und Biokomp-Potentials zurückgreifen. Der Einsatz qualitativ hochwertiger Sekundärrohstoffdünger wird dann durch die Nährstofffracht und nicht durch die Schadstofffracht begrenzt.

Der folgende Teil dieser Arbeit beschäftigt sich nicht zuletzt auch deshalb ausschließlich mit den Grundlagen der Nährstoffwirkung dieser organischen Reststoffe. Je nach Zusammensetzung der

Sekundärrohstoffdünger (C-Menge und -Qualität, C/N-Quotient, Anteil des löslichen mineralischen N am Gesamtstickstoff, Nährstoffgehalte) überwiegt die düngende (Pflanzennährstoffe) oder bodenverbessernde (organische Substanz) Wirkung.

Bodenverbesserung

Die Trockenmasse von KS und Biokomp enthält 10-25% C. Neben der Menge an zugeführter organischer Substanz hängt die Bodenverbesserung auch von der humusreproduzierenden Qualität dieser Substanz ab. Kompost-C ist noch besser befähigt, Humus-C zu reproduzieren als Stallmist-C, während KS-C die Reproduktionsleistung von Gülle-C nicht ganz erreicht (Tab.2).

Die C/N- und C/P-Quotienten des gesamten Reststoffes oder dessen organischer Substanz belegen diese Aussage. Die überlegene bodenverbessernde Wirkung von Biokomp gegenüber KS ist neben der allgemein höheren C-Fracht zudem auch auf den langsameren Abbau der organischen Substanz zurückzuführen.

Organische Dünger mit überwiegend bodenverbessernder Wirkung sind zudem durch geringe Anteile des N_{\min} -Stickstoffs am Gesamt-N des Düngers gekennzeichnet (Abb. 3). Sämtliche Biokomp, aber nur ein Teil der KS weisen Anteile von weniger als 20% auf.

Gegenüber KS mit höheren Anteilen an mineralischem Stickstoff (NH_4-N) erfordern Dünger mit überwiegend bodenverbessernder Wirkung keinen gezielten Einsatz, so daß sie auch während der vegetationsfreien Zeit ausgebracht werden können (s. Abb.3).

Die guten bodenverbessernden Eigenschaften von Biokomp werden u.a. belegt durch das Ergebnis eines 6jährigen Feldversuches auf sandigem Lehm in Weihenstephan (Tab.3). Mit deutlich ansteigenden C- und N-Gehalten der Krume bewirkt Biokomp eine beachtliche Verbesserung der physikalischen Bodeneigenschaften.

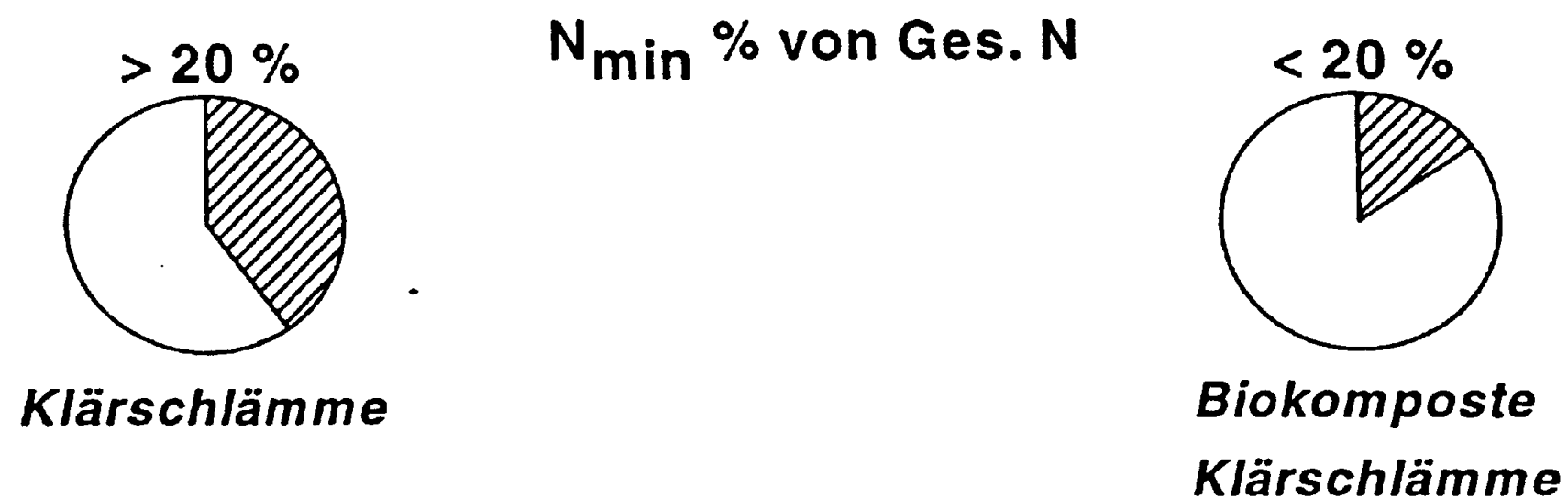
Tab. 2: Humusreproduktionsleistung verschiedener organischer Reststoffe

$K_{HR} : t \text{ Humus-C} / t \text{ Dünger-C}$

Reststoffe	$K_{HR}^{1)}$	org. Subst. Reststoff		gesamter Reststoff	
		C/N	C/P ²⁾	C/N	C/P ²⁾
Klärschlamm	0.15	7 - 10	80	3 - 9	14
Ri Gülle	0.20	14 - 16	170	7 - 9	35
Stallmist	0.30	14 - 18	450	12 - 15	90
Kompost	0.40	15 - 23	800	13 - 20	80

1) Kundler, 1986

2) Orientierungswerte (\emptyset)



N-Wirkung \geq Bodenverbesserung

Bodenverbesserung $>$ N-Wirkung

Folgerungen

gezielter Einsatz erforderlich:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – zum Aufwuchs der Pflanzen ($NO_3 \downarrow$) – NH_3 - konservierende Applikationstechniken – Berücksichtigung des fruchtspezifischen N-Bedarfs – Ausbringverbot: 15. November bis 15. Januar (Dünge-VO 1996) | <ul style="list-style-type: none"> – kurzfristig geringe Gefährdung für N-Verluste – Einsatz auch zum Vegetationsende, z.T. in vegetationsfreier Zeit (N-Menge!) möglich – Zusammenlegung jährlicher Teilgaben sinnvoll – entfällt |
|--|--|

Abb.3: Verwertungsstrategien org. Reststoffe in Abhängigkeit von deren Gehalten an N_{min} -Stickstoff

Die geringe N-Verfügbarkeit und die Stabilität der organischen Substanz von Biokomp bedingt deren gute Eignung für die Rekultivierung von Böden. Hohe einmalige Applikationsmengen (bis 500 m³/ha) ermöglichen eine rasche Begrünung der zu rekultivierenden Fläche bei noch zu tolerierenden N-Verlusten durch Nitratauswaschung (Tab.4).

Die Verwendung von Biokomp als Kultursubstrat (teilweise Substitution von Torf) ist begründet durch deren gute physikalischen Eigenschaften (hohes Porenvolumen mit guter Wasser- und Luftführung, stabile Struktur). Abbildung 4 enthält Vorgaben für einen sachgemäßen Einsatz als Kultursubstrat. Die Forderung nach relativ niedrigen Salzgehalten läßt sich nur für einen Teil der Biokomp erfüllen (s.a. Tab.5).

Die bodenverbessernde Wirkung beider Reststoffe wird ergänzt durch allerdings in sehr weiten Grenzen schwankende Gehalte an basisch wirksamen Bestandteilen (s. Tab.6). Sehr hohe Kalkgehalte, wie z.B. bei Kalk-KS (bis 40% CaO i.TS), können allerdings auch die landbaulich verwertbaren Einsatzmengen limitieren.

Tab.3: Wirkung von Bioabfallkompost auf physikalische Bodeneigenschaften (Ebertseder, 1996)

Boden: sL (17% Ton, 46% Schluff)

Düngung: 1020 kg N als BioK/ha \equiv 170 kg N/ha \times a

Bodeneigenschaften (Krume)	- BioK	+ BioK
pH $CaCl_2$	5.6	6.0
C _t %	1.36	1.86
N _t %	0.17	0.21
Lagerungsdichte (g/cm ³)	1.54	1.42
Ges. Poren-Vol. (Vol%)	41.1	45.6
Ges. Wasserleitf. Kf (10 ⁻³ cm \times sec ⁻¹)	6.4	10.2
Perkulationsstabilität (ml [10 min] ⁻¹) "Aggregatstabilität"	51.5	86.0

Tab.4: Rekultivierung mit Bioabfallkomposten, Lysimeterversuch - Weihenstephan (\varnothing 800 mm Niederschlag) (Popp, 1996)

Boden: Unterboden IS (13% Ton, 15% Schluff), pH 6.6,
C_t = 0.15%, N_t = 0.02%, Einfülltiefe: 90 cm

BioK: C/N = 12; N_t = 1.2% i. TS, davon 4% N_{min}-N
Einarbeitungstiefe: 25 cm

Bepflanzung: Gräsermischung (90% Festuca-Arten)

Kompost	Aufbringhöhe/-menge		Aufwuchs (t TS/ha)	N-Auswaschung in 18 Monaten (kg N/ha)
	cm	m ³ /ha		
- BioK	---	---	0.28	8
+ BioK	5	500	6.83	50
+ BioK	10	1000	11.37	238

Voraussetzungen:

Kulturpflanze:

Salztoleranz

höhere Nährstoffansprüche

Biokompost:

geringe Salzgehalte (< 6 g Salz/l)

weitgehende Kompostreife

(wenig mikrobiell abbaubare Substanz)

→ geringes Potential für N-Immobilisierung

→ gute Strukturstabilität

Substratbestandteil:

bis maximal 30 Vol%

Abb.4: Kultursubstrate mit Bioabfallkomposten

Tab.5: Nährelementgehalte von Komposten (% i. TS)

Kompost aus	N	P	K	Mg	CaO _{bas}	Salze (g/l)
Bioabfall (1,3)	1.4 (1-1.8)	0.3 (0.2-0.5)	0.8 (0.5-1.3)	0.6 (0.3-1.6)	3.4 (1.7-9.5)	6 (3-9)
Grüngut (2,3)	1.0	0.2	0.6	0.5	8.5	2 (1-6)

1) Ebertseder und Gutser, 1995; Vogtmann et al., 1993, u.a.

2) Fischer und Jauch, 1991

3) Vogtmann et al., 1993

Tab. 6: Trockensubstanz- und Nährelementgehalte von Klärschlamm (% i. TS)

	TS	N	P	K	Mg	CaO _{bas}
häufige Streubreite	6 - 23	2 - 6	1.5 - 7.0	0.2 - 0.5	0.4 - 0.7	0 - 15
(Extreme)	(75)	(25)	(15)	-----	-----	(40)
Ø	12	3.8	1.6	0.3	0.6	-----

± Entwässerung
± Kalkzusätze
NH₄-N-Anteile
10 - 40%

± Fällung
(Ca,Fe,Al)

± Kalkzusätze
± Entwässerung
method.Probleme

Nährstoffwirkung

Die Gehalte der Nährelemente von Komposten und insbesondere KS schwanken in weiten Bereichen (Tab. 5 und 6), so daß für diese Sekundärrohstoffdünger eine laufende Überprüfung der ausgewiesenen Nährstoffgehalte notwendig wird.

Komposte aus Grüngut sind allgemein nährstoffärmer (Ausnahme basisch wirksame Bestandteile) als jene aus Bioabfall. Ursache für die stark streuenden Gehalte der KS liegen in den unterschiedlichen Aufbereitungs- und Konditionierungsverfahren (± Entwässerung, ± Kalkzusätze, ± chemische P-Fällung durch Ca-, Fe- und Al-Verbindungen). Bezüglich des Stickstoffs schwankt nicht nur der Gesamtgehalt, sondern auch dessen Zusammensetzung (NH₄-N: 10-40% vom Ges.N). Gemessen an den Nährstoffrelationen (N,P,K) pflanzlicher Ernteprodukte und Biokomp (ähnliche Relationen wie in Pflanzenmaterial) stellen KS P-reiche und K-arme Reststoffe dar (Abb.5). Zukünftig werden KS deshalb je nach K-Gehalt als organische NP- oder NPK-Dünger, Biokomp aber durchwegs als organische NPK-Dünger zugelassen (die Nährstoff-Mindestgehalte für Sekundärrohstoffdünger werden derzeit definiert).

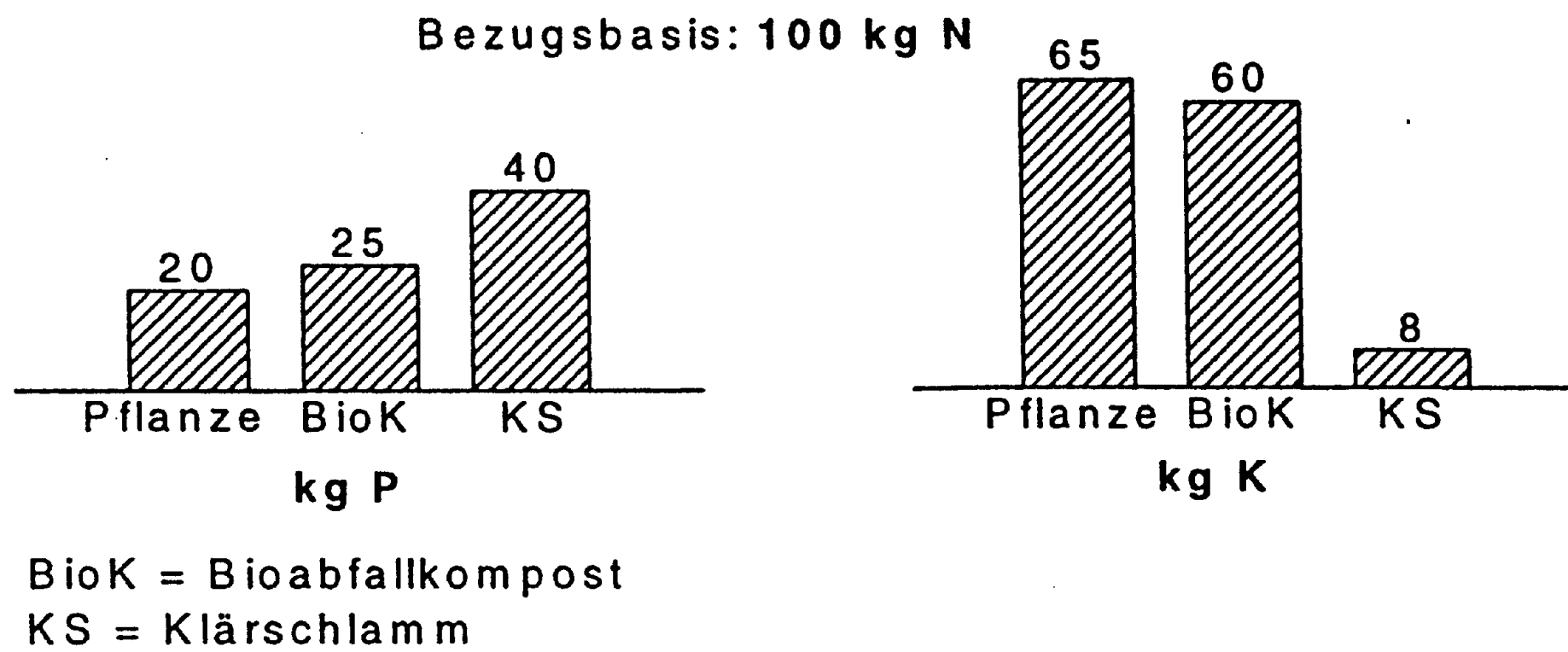


Abb. 5: Nährelement-Relationen von Pflanzen und organ. Reststoffen

Neben den über Sekundärrohstoffdünger zugeführten Nährstoffmengen sind Kenntnisse über die Verfügbarkeit dieser Nährstoffe für Kulturpflanzen notwendig. Wegen des hohen wasserlöslichen Anteils dürfte das in den Reststoffen enthaltene Kalium eine gleich gute Wirkung wie Mineraldünger-K besitzen. Schwieriger ist die Verfügbarkeit des enthaltenen P und insbesondere N zu beurteilen.

N-Wirkung

Die Schwierigkeiten der Abschätzung der N-Wirkung organischer Dünger sind hinlänglich bekannt. Probleme bereitet nicht nur der organisch gebundene Stickstoff (unterschiedliche Bindungsformen), auch der enthaltene mineralische Stickstoff ist im Boden je nach Menge, Abbaubarkeit und C/N-Quotient der zugeführten organischen Substanz mehr oder weniger stark der Immobilisation unterworfen.

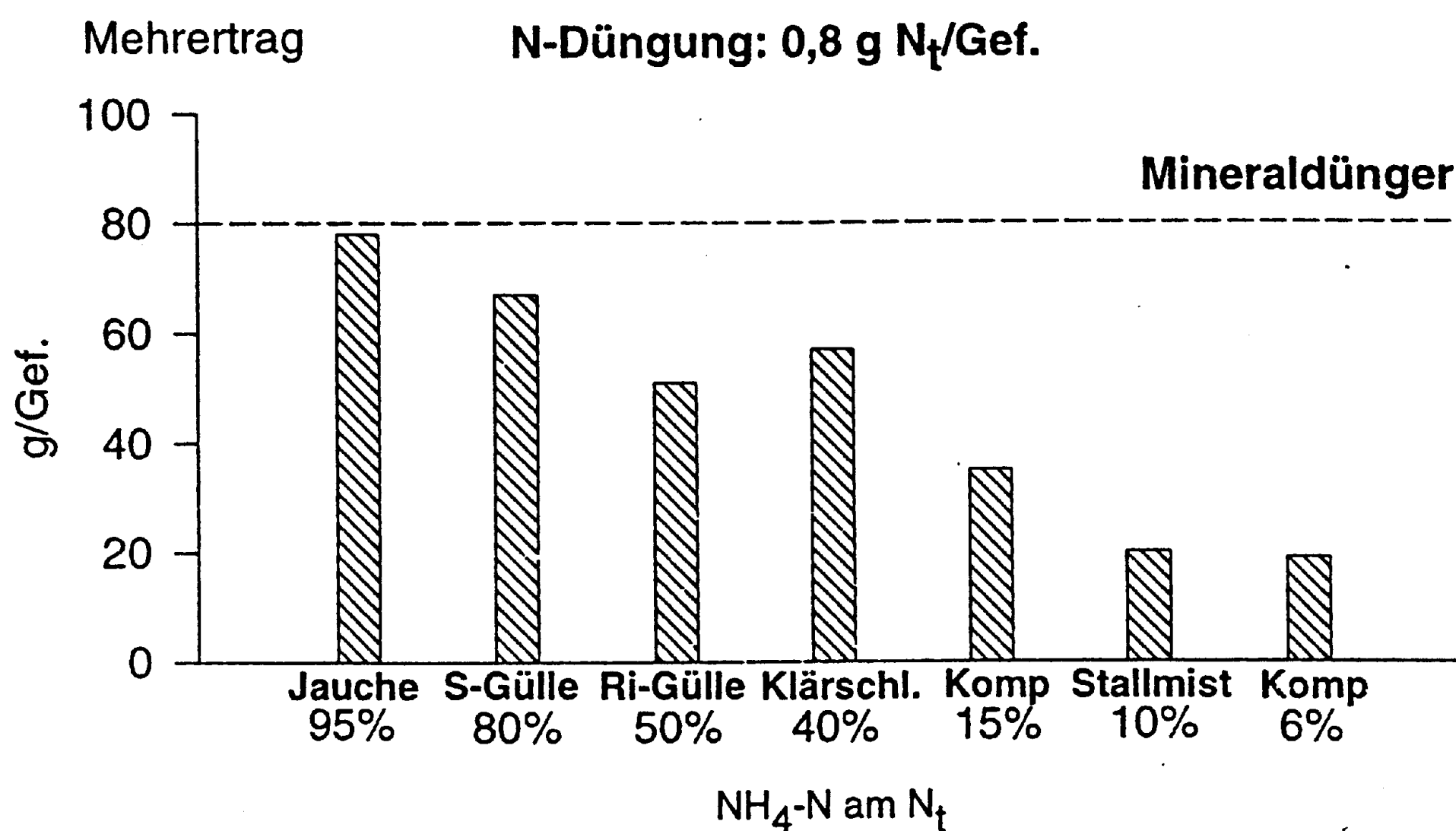


Abb. 10: N-Wirkung verschiedener organischer Reststoffe - Mehrertrag an Hafer gegenüber ohne N

Zweckmäßigerweise wird für die Beurteilung der N-Wirkung organischer Reststoffe in eine **kurzfristige** (Anwendungsjahr) und **längerfristige** (Freisetzung aus dem N-Pool des Bodens) Wirkung unterschieden.

Die **kurzfristige** N-Wirkung organischer Reststoffe hängt sehr wesentlich von deren Gehalt an mineralischem Stickstoff ab (Abb.10). KS mit hohen $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalten wirken folglich ähnlich wie Gülle, Komposte mit stets niedrigen NH_4 -Anteilen (z.B. 6% vom Ges.N) erreichen bestenfalls die Wirkung von Stallmist.

Für das Abschätzen der kurzfristigen N-Wirkung von KS ist demnach die Kenntnis des mineralischen Stickstoffanteils zwingend erforderlich, nach dem dieser je nach Aufbereitungsart zwischen 10 und 50% schwanken kann (Abb.11).

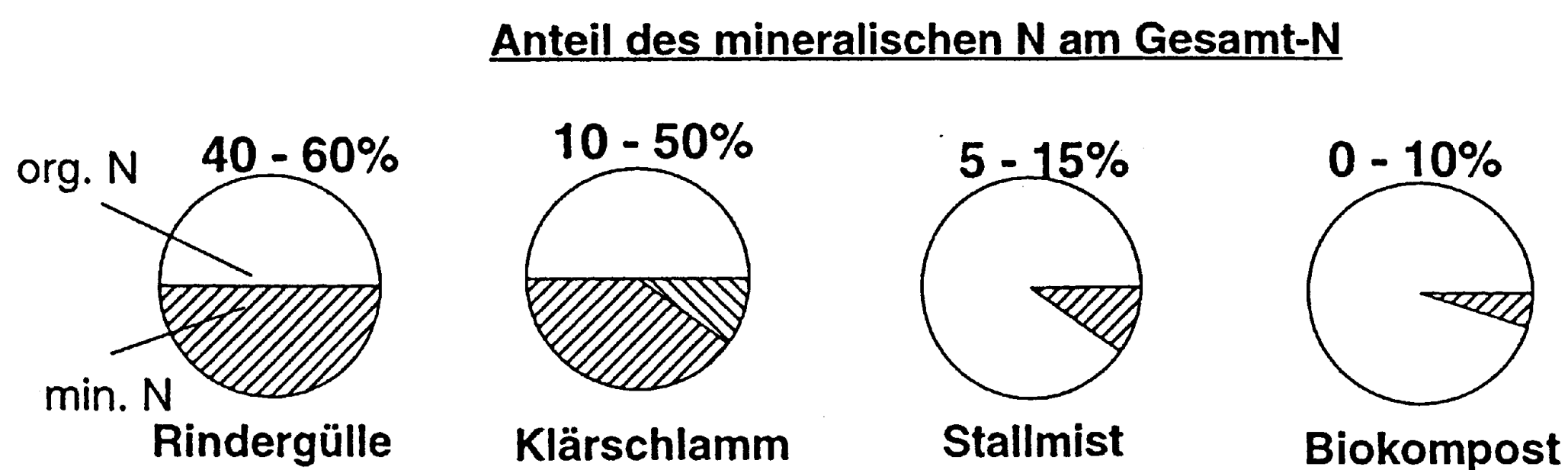


Abb. 11: N-Fraktionen organischer Reststoffe

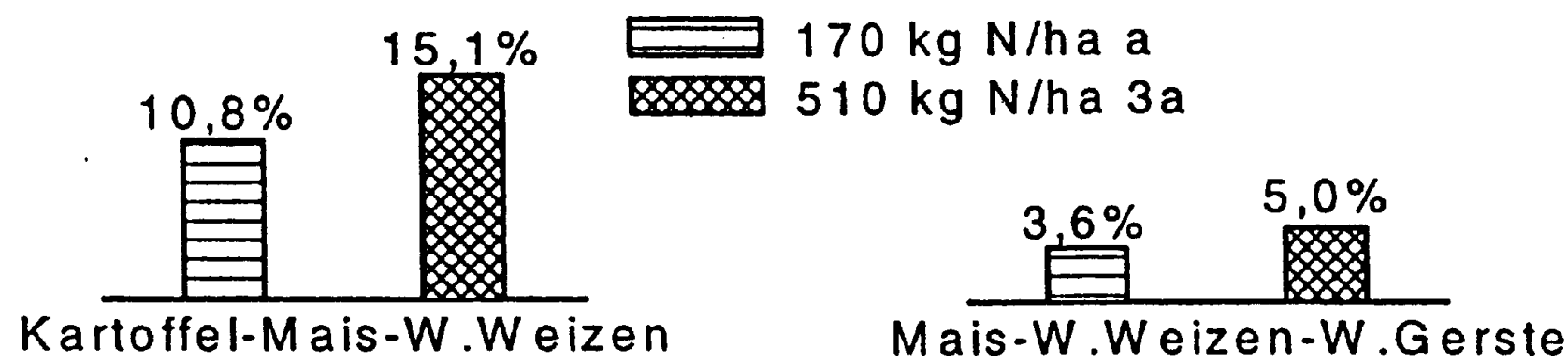
Biokomp weisen grundsätzlich geringe N_{min} Anteile (<10% vom Gesamtstickstoff) auf. Ihre N-Verwertung im Anwendungsjahr liegt im Mittel mehrerer Feldversuche zwischen 0 und maximal 10%; in 3 Jahren wurden in Weihenstephan bis 15% erreicht (Abb.12). Interessant ist zudem die Feststellung, daß in den 3 Versuchsjahren insgesamt durch eine einmalig hohe Gabe eine bessere N-Verwertung erzielt wurde als durch die jährliche Aufteilung.

Die kurzfristige N-Wirkung der KS kann folglich über den Ges.N-Gehalt und den Anteil des NH_4 -Stickstoff ausreichend abgeschätzt werden. Für Biokomp werden noch einige zusätzliche Parameter wie z.B. der C/N-Quotient des K_2SO_4 -Extraktes (Ebertseder et al., 1996) überprüft.

Boden: uL, pH 6,7

Düngung:

170 kg N/ha · a bzw. 510 kg N/ha · 3a als BAK (Herbst)
einheitliche mineralische Ergänzungsdüngung



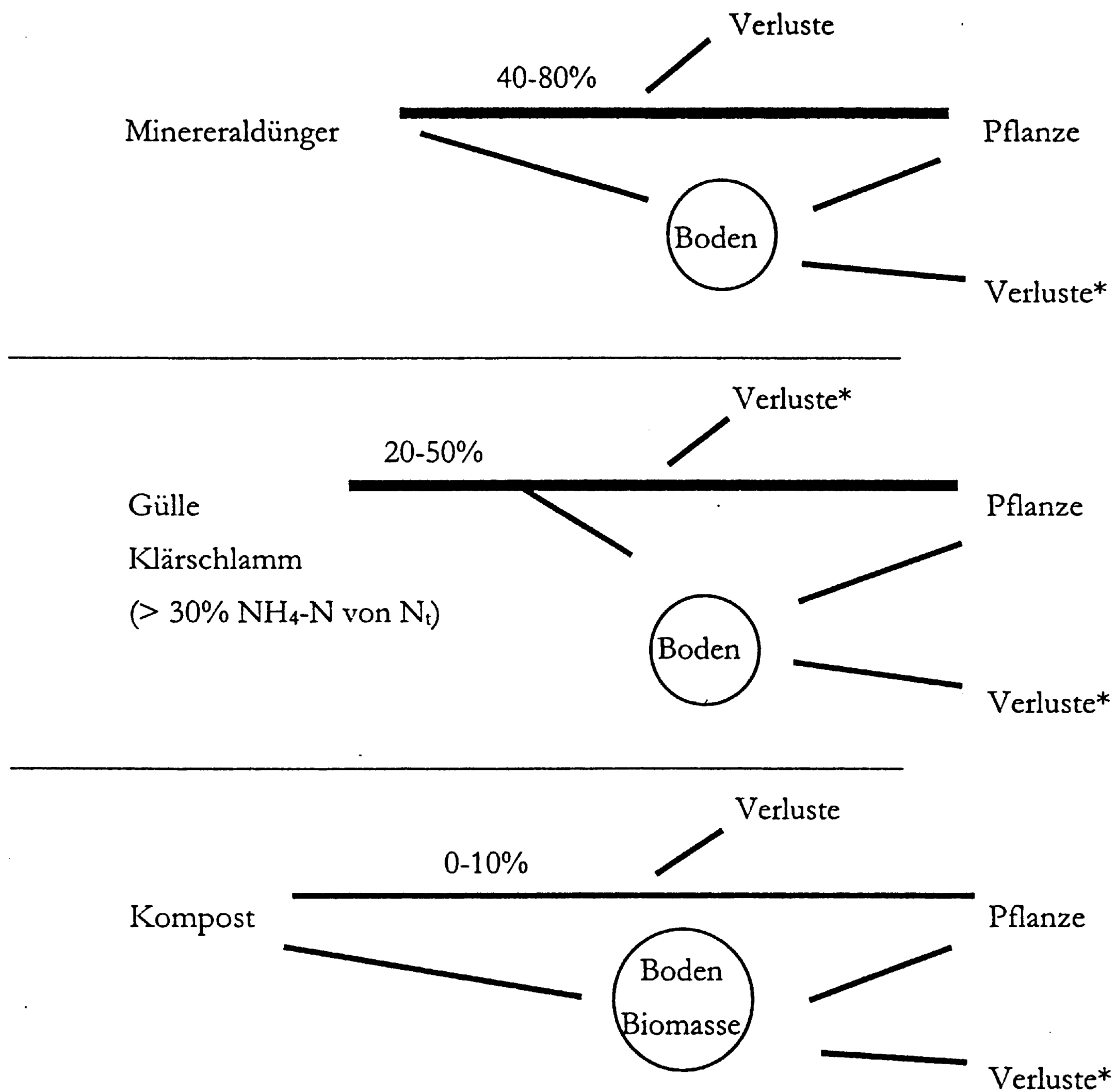
N _{min} : (kg N/ha 0-90cm)	Zeitpunkt	N ₀	N ₁₇₀	N ₅₁₀
		November '92	31	33
	März '93	25	30	36

Abb. 12: N-Verwertung von Bioabfallkomposten nach jährlicher und dreijähriger Ausbringung (1993-95) (Ebertseder et al., 1996)

Die längerfristige N-Wirkung organischer Reststoffe ist abhängig von der Mineralisationsrate des im Boden angereicherten Düngerstickstoffs. Organische Dünger wie Komposte mit geringer N-Verwertung im Anwendungsjahr erhöhen deutlich den N-Vorrat des Bodens (Abb.13). Die Pflanze wird überwiegend durch die Nachlieferung aus dem Stickstoffpool des Bodens versorgt. Diese bestimmt allerdings auch sehr wesentlich die Höhe der N-Verluste an die Hydro- und Atmosphäre (s.a. Tab.7).

Mittels eines vereinfachten Berechnungsverfahrens kann die Höhe der N-Anreicherung des Bodens durch organische Dünger kalkuliert werden (Abb.14, sowie Gutser und Claassen, 1994). Nach einer düngerspezifischen N-Verwertung in den beiden ersten Jahren wird von einer einheitlichen Mineralisationsrate (jährlich 3,5%) in den Folgejahren ausgegangen. Komposte, Stallmist und KS mit niedrigen Gehalten an NH₄-Stickstoff führen zu einer stärkeren N-Anreicherung als Gülle, KS mit höheren NH₄-Gehalten und insbesondere Mineraldünger (Fehlen einer C-Zufuhr). Das Ausmaß der düngerspezifischen Anreicherung hängt in erster Linie von der Höhe des Düngungsniveaus ab.

Die N (C)-Anreicherung der Böden fördert einerseits die Ertragssicherheit und die Stabilität der Bodenstruktur (Verminderung der Erosionsanfälligkeit etc.), andererseits allerdings auch das Potential für N-Verluste. In einem Lysimeterversuch wurde als Ursache der höheren N-Auswaschung auf den Varianten mit organischer Düngung nahezu ausschließlich die N-Freisetzung aus dem durch langjährige Düngung angereicherten N-Pool nachgewiesen und weniger unmittelbare Verluste aus der im 9.Jahr ausgebrachten Düngung (Tab.7).



* N-konservierende Strategien notwendig!

Abb. 13: Unterschiede in der N-Wirkung mineralischer und organischer Dünger

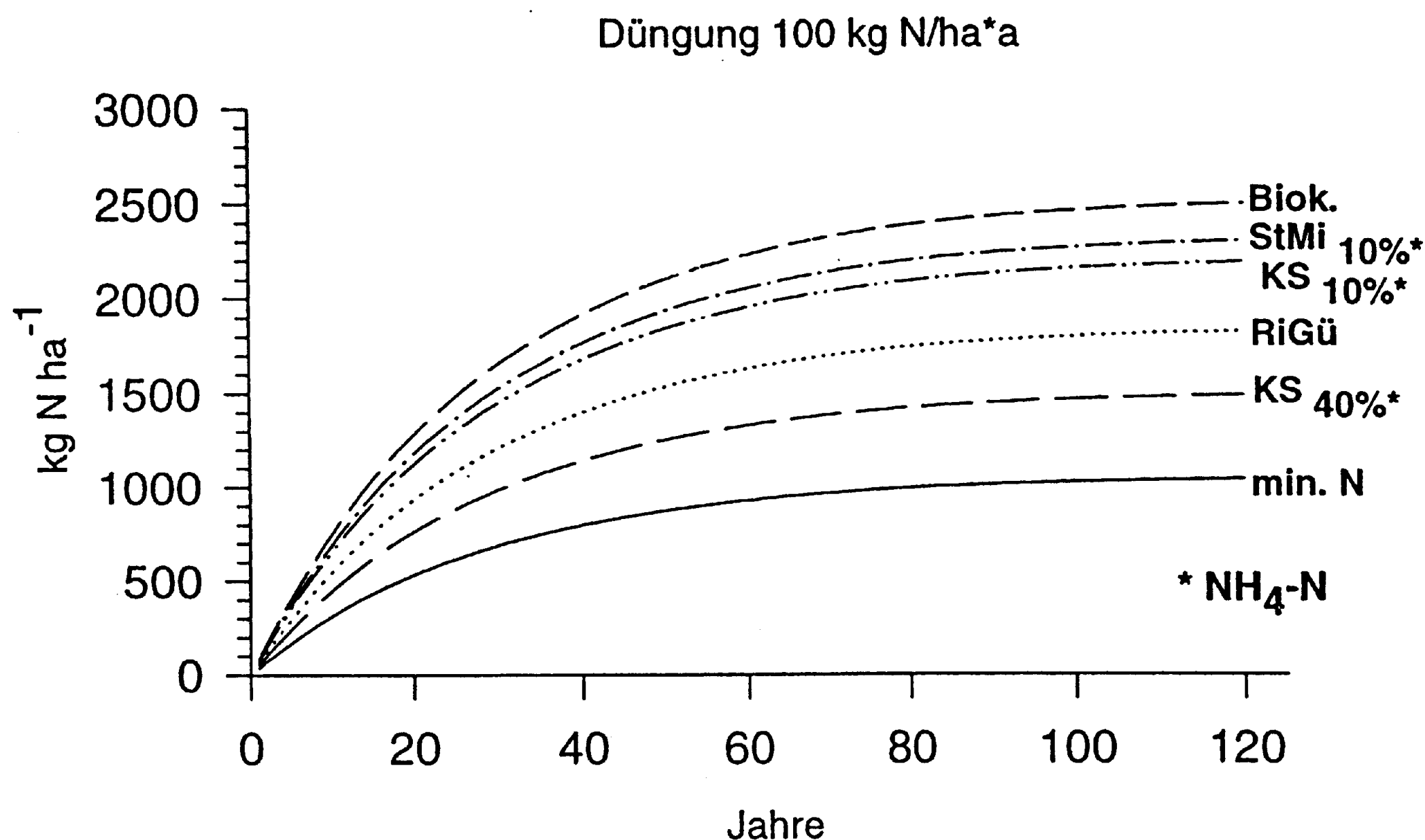


Abb. 14: N-Anreicherung des Bodens durch organische Düngung

Dieser Sachverhalt legt die Notwendigkeit einer Begrenzung der mittleren jährlichen N-Fracht über KS und insbesondere Biokomp nahe; eine Begrenzung auf 80 (auswaschungsgefährdete Standorte) bis 100 kg N/ha wird vorgeschlagen. Gleiches wäre auch für den Einsatz von Wirtschaftsdüngern zu fordern (die DüngeVO (Januar 1996) begrenzt deren jährliche N-Frachten allerdings erst mit 210 bzw. 170 (ab Juli 1997) kg N/ha AF).

Tab.7: N-Potential auf organisch gedüngten Böden (9. Versuchsjahr, Lysimeter Weihenstephan - Düngung ¹⁵N)

langjährige Düngung	N-Freisetzung des Bodens (kg N/ha)	
	insgesamt (Pflanze + Auswaschung)	Auswaschung % v. Ges.
ohne N	164	57 35
Mineraldüngung*	172	61 35
organ. Reststoffe* (+ Mineraldüngung)	258	82 32

* gleiche Düngermenge an N_{min} - Stickstoff

Anwendungsempfehlungen für die landbauliche Verwertung

In Kenntnis der grundsätzlichen Wirkungen der in KS und Biokomp enthaltenen Nährstoffe lassen sich aus der erzielbaren Nährstoffabfuhr über die Ernten und der Nährstoffversorgung der Böden einerseits sowie den tatsächlichen Nährstoffgehalten der Dünger und den für Stickstoff geforderten Beschränkungen der N-Frachten andererseits mittlere jährliche Einsatzmengen für Reststoffe ableiten, die in 1-3jährigen Ausbringrhythmen anwendbar sind (Abb.15).

Höchstmengen: 100 kg N/ha×a
 30 kg P/ha×a
 15 kg P/ha×a (für Böden Versorgungsstufe D)

Je nach Standort, Kultur und N_{min}-Anteil der Reststoffe ist das Zusammenlegen von bis zu 3 Jahresgaben möglich.

100 kg N	Ø	7.5 t TS	2.5 t org. S.	220 kg CaO _{bas}	20 kg P	<u>80 kg K!</u>
BioK						
30 kg P	Ø	0.75 - 1.5 t	0.4 - 0.8 t	0 - 150 kg CaO _{bas}	30 - 75 kg N	10 - 20 kg K
KS		TS	org. S.			

Voraussetzungen: Nährstoffanalysen der Reststoffe
 N, P, K, CaO_{bas} - N_{min}, (P_{lös}l ?)

Konkurrenz mit Wirtschaftsdüngern (Verwertungspriorität!)

Probleme: Optimale Bemessung der mineralischen Ergänzungsdüngung
 (N-Potential der Böden)

Abb. 15: Düngungsregeln für KS und BioKomp (Vorschlag)

Für Biokomp (Ø 7,5 t TS/ha ·a) begrenzt in der Regel Stickstoff (80-100 kg N/haxa) für KS (Ø 0,75 t - 1,5 t TS/haxa) in der Regel P die je ha AF verwertbare Menge.

Neben den standörtlichen Gegebenheiten bestimmt die Höhe der Fracht an mineralischem Stickstoff sowohl den richtigen Düngungszeitpunkt und die Vorteilhaftigkeit des Zusammenlegens mehrerer Jahresgaben als auch die Notwendigkeit des Einsatzes NH₃-konservierender Applikationstechniken. Das in der DüngeVO (Januar 1996) für die Wirtschaftsdünger Gülle, Jauche und flüssigen Geflügelkot ausgesprochene Ausbringverbot zwischen 15. November und 15. Januar sollte auch für KS mit höheren NH₄-Gehalten (>20% NH₄-N vom Gesamt-N) Anwendung finden.

Wenngleich eine Entsorgungspflicht der Landwirtschaft für kommunale (nicht industrielle) Abfallstoffe wie KS oder Biokomp zukünftig verstärkt diskutiert werden wird, ist der landbaulichen Verwertung von Wirtschaftsdüngern Priorität gegenüber der von Sekundärrohstoffdüngern einzuräumen (betriebsinterner Stoffkreislauf). Ab einer Viehdichte von etwa 0.5 GV/ha AF ist eine zusätzliche Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern daher praktisch nicht möglich.

- BStMLU (Bayer. Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen), 1996:** Konzept zur künftigen Entsorgung von Klärschlamm. 80 S.
- Diez, Th., Krauss, M. und Wurzinger, A., 1991:** Schwermetall- und Nährstoffgehalte von Klärschlämmen bayerischer Kläranlagen. Landw. Jahrb. 68, 521-528
- Ebertseder, Th., 1996:** Qualitätskriterien und Einsatzstrategien für Komposte aus Bioabfall auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diss. TU München-Weihenstephan, in Vorbereitung.
- Ebertseder, Th. und Gutser, R., 1995:** Wohin mit dem Kompost? 18. Mülltechnisches Seminar zur "Praxis der bisherigen Abfallbehandlung". Bericht der Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU München, 121, 139-150
- Ebertseder, Th., Gutser, R. und Claassen, N., 1996:** Parameters to estimate the nitrogen effect of biogenic waste composts. Int. Symp. "The Science of composting. Bologna/Italy, Mai 1995, 306-313
- Fine, P. und Mingelgrin, U., 1996:** Release of phosphorus from waste-activated sludge. Soil Sci.Soc. Am. J. 60, 505-511
- Fischer, P. und Jauch, M., 1991:** Grüngutkompost - Inhaltsstoffe und Schadstofffrachten. VDLUFA Schriftenreihe 33, Kongreßband 1991, 751-756
- Frossard, E., Sinaj, S. und Dufour, P., 1996:** Phosphorus in urban sewage sludge as assessed by isotopic exchange. Soil. Sci.Am. J. 60, 179-182
- Gutser, R. und Claassen, N., 1994:** Langzeitversuche zum N-Umsatz von Wirtschaftsdüngern und kommunalen Komposten. Mitt. Dtsch. Bodenkdl.Ges. 73, 47-50
- Häni, H. und Gupta, S.K., 1978:** Kann Klärschlamm als P-Dünger verwendet werden?. Schweiz. Landw. Forsch. 17, 15-27
- Krauß, P., Krauß, Th. und Hagenmaier, H., 1994:** PCDD/F-Belastung von Bioabfallkomposten und Belastungspfade. In: Fiedler, H. (Hrsg.): Dioxine im Biokompost. Organohalogen Compound 18, 39-54
- Kundler, P., 1986:** Wirtschaftsdünger und Ernterückstände als Humuslieferanten. Bodenkultur 37, 293-307
- Poletschny, H., 1995:** Bewertung von Sekundärrohstoffdüngern vor dem Hintergrund der Düngeverordnung. DLG-Kolloquium "Recycling von kommunalen und gewerblichen Abfällen" 6./7. Dez. 1995, 34-42
- Pommel, P., 1995:** Value of a heat-treated sludge in the phosphorus fertilization. Europ. J. Agron., 4, 395-400
- Popp, L., 1996:** Reifekriterien und Einsatzmöglichkeiten für Komposte aus Bioabfall im Gartenbau und Garten-Landschaftsbau. Diss. TU München-Weihenstephan, in Vorbereitung
- Vogtmann, H., Fricke, K. und Turk, Th., 1993:** Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. Compost Science and Utilization 1, 69-87