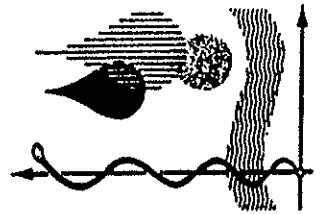


Fachtagung im Auftrag des  
Bayerischen Staatsministeriums für  
Landesentwicklung und Umweltfragen

# Perspektiven der Klärschlamm Entsorgung

Berichte aus  
Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Technische Universität München  
1996



## Düngewirkung und Düngemittelkonkurrenz

Reinhold Gutser

### 1 Einleitung

Entsprechend dem am 6. Oktober 1994 verkündeten und 1996 in Kraft tretenden Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz) wird die Verwertung von Klärschlamm (KS) in der Landwirtschaft zukünftig als Sekundärrohstoffdünger sowohl durch das Abfallrecht (Schadstoffe) als auch das Düngemittelrecht (Nährstoffe) geregelt (Abb. 1).

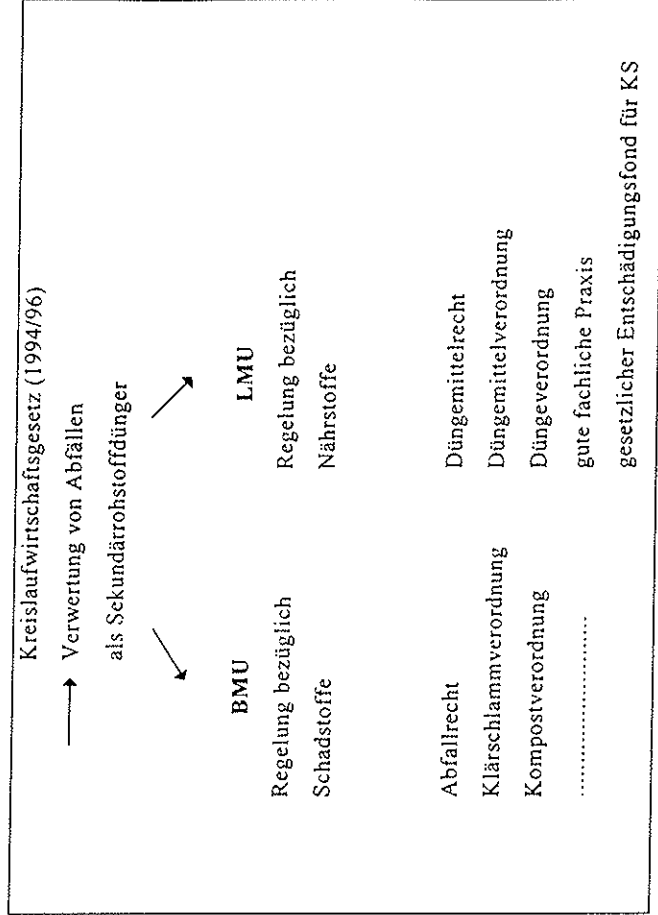


Abb. 1: Rechtliche Regelung der KS-Verwertung in der Landwirtschaft

Die KS-Verordnung begrenzt die KS-Verwertung u.a. durch Festlegung maximaler Schadstofffrachten (Schwermetalle, organische Schadstoffe - Höchstwerte für Schadstoffgehalte in KS und Böden, für TS-Zufuhr (z.B. 1,67 t TS/ha · a)).

Die Qualität von KS hat sich in den letzten 15 Jahren merklich verbessert (Diez et al., 1991; BMU, 1992), so daß damit das mit der KS-Verwertung in der Landwirtschaft verbundene Restrisiko erheblich vermindert worden ist. Zudem wurde im neugefaßten Düngemittelgesetz die Ermächtigung zum Erlaß einer Verordnung für einen gesetzlichen Entschädigungsfond für Klärschlämme verankert.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Nährstoffwirkung von Klärschlamm und leitet daraus einige Grundregeln für den Einsatz in der Landwirtschaft ab.

Die geplante Düngerverordnung wird "Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen" enthalten, in denen Landwirte verpflichtet werden, die Stoff- und Nährstoffflüsse im landwirtschaftlichen Betrieb zu bilanzieren. Abbildung 2 gibt Beispiele für mögliche Stoffeinträge in die Landwirtschaft. Trotz dieser Konkurrenz mit anderen Reststoffen werden in der BRD mittlerweile 30 %, in Bayern bereits annähernd 60 % des anfallenden KS landwirtschaftlich verwertet (Abb. 2).

## 2 Nährstoffgehalte von Klärschlamm

Gemessen an den Nährstoffrelationen (N,P,K) landwirtschaftlicher Erzeugnisse, tierischer Reststoffe und Biokomposten stellt Klärschlamm einen besonders P-reichen und K-armen Reststoff dar (Tab. 1).

Tab. 1: Relationen der Nährelemente in Erzeugnissen und organischen Reststoffen mittl. Abfuhr über landwirtschaftl. Fruchtfolgen (kg/ha): 150 N, 30 P, 100 K

	P- und K-Mengen auf Basis 100 kg N	
	P (kg)	K (kg)
Abfuhr Ernte	20	66
Ri-Stallmist	18	100
Ri-Gülle	16	100
Biokompost	25	60
Klärschlamm	40	8

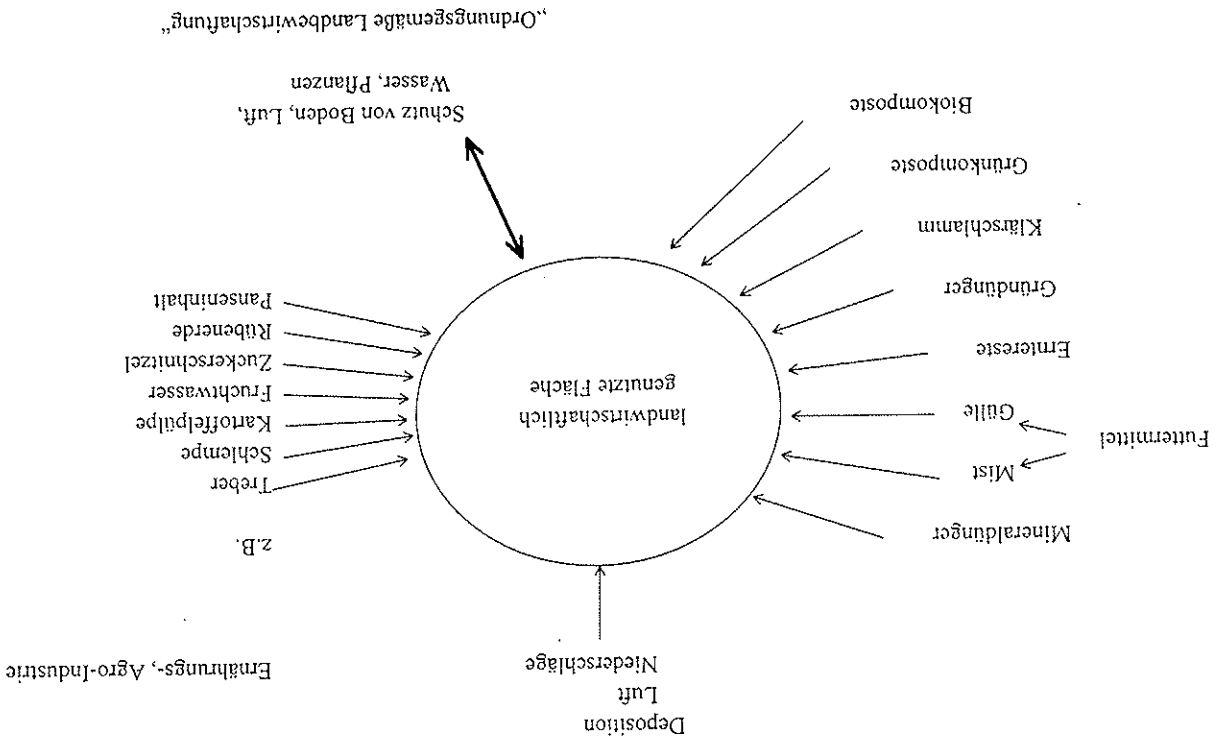


Abb. 2: Stoffeinträge in die Landwirtschaft

Die Nährstoffgehalte von KS können allerdings in weiten Grenzen schwanken (Tab. 2), so daß für eine landwirtschaftliche Verwertung stets eine Nährstoffanalyse für die betreffende KS-Charge einzufordern ist. Dies trifft insbesondere auch für KS der 3. Reinigungsstufe zu, die insbesondere hohe P-Gehalte (5 % P i. TS und darüber) aufweisen.

Tab. 2: Nährstoffgehalt von Klärschlamm (BRD - 1983 bis 1991) (VDLUFA, 1987; Diez et al., 1991; BUM, 1992)

	% i. TS			
	TS	N	P	Ca
Streubreite	0,1-100	0,1-25	0,1-15	0,1-52
häufige Werte	6,0-23	1,9-6,0	1,6-7,2	4,7-9,2
Ø	12	3,8	1,6	5,3

Diese Forderung wird besonders verständlich, wenn man sich die Streubreite der enthaltenen N- und P-Mengen errechnet, die in der durch die KS-Verordnung festgelegten maximalen TS-Fracht von 1,6 t TS/ha enthalten sein kann:

für N 30 bis 100 und extrem bis 300 kg

für P 20 bis 100 und extrem bis 250 kg.

Eine wichtige Ursache für die schwankenden Nährstoffgehalte liegt im Entwässerungsgrad von KS (Diez et al., 1991); so fallen mit zunehmendem Entwässerungsgrad die N- und P-Gehalte der KS-Trockensubstanz ab, während die Ca-Gehalte (insbesondere als Folge der Zugabe von Kalk als Konditionierungshilfe) beachtlich ansteigen (Abb. 3).

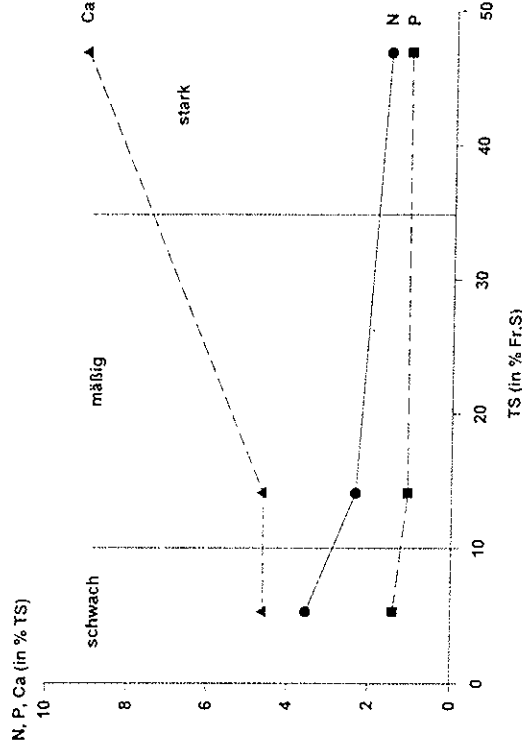


Abb. 3: N-, P- und Ca-Gehalte in Klärschlämmen in Abhängigkeit vom Entwässerungsgrad - Medianwerte bayerischer Klärschlämme (Diez et al., 1991)

### 3 Wirkung des im Klärschlamm enthaltenen Stickstoff und Phosphor

#### Stickstoff

Die N-Wirkung von organischen Reststoffen ist grundsätzlich schwieriger abzuschätzen als die mineralischer N-Düngemittel. Der Grund dafür liegt neben der allgemein langsameren Wirkung des organisch gebundenen N in z.T. erheblichen Immobilisationsvorgängen durch Mikroorganismen des Bodens (als Folge der Zufuhr von organischer Substanz), aber insbesondere in stark schwankenden Gehalten an Ammoniumstickstoff, der zudem nach der Ausbringung bei fehlender Einarbeitung mehr oder weniger emissionsgefährdet ist.

In einem einjährigen Versuch auf Basis gleicher Mengen an Gesamtstickstoff erzielten Jauche und Schweinegülle ähnliche Hafererträge wie Mineraldüngung, während Kompost und Stallmist deutlich zurückblieben (Abb. 4). Klärschlamm und Rindergülle erreichten eine mittlere Wirkung. Diese hier getestete Sofortwirkung (= Wirkung im Anwendungsjahr) korrelierte sehr gut mit den zugeführten Mengen an  $\text{NH}_4$ -Stickstoff. Der eingesetzte KS enthielt 40 % des Gesamt-N als  $\text{NH}_4$ -Stickstoff.

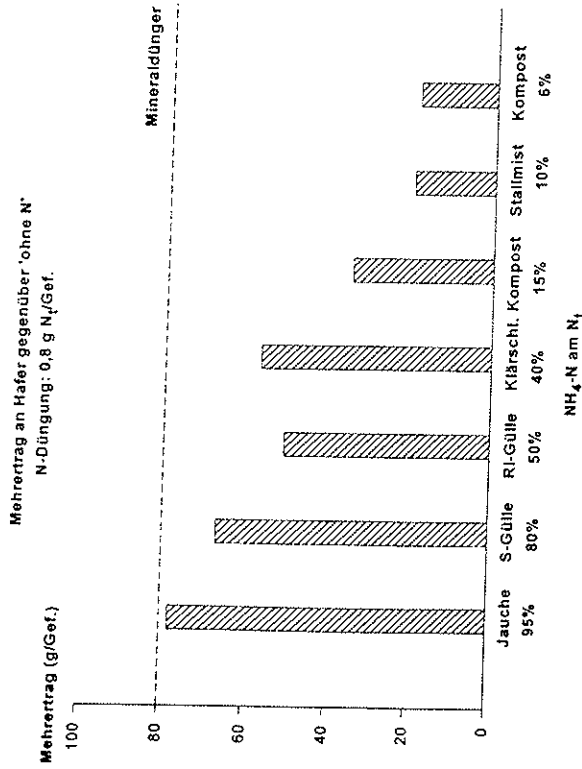


Abb. 4: N-Wirkung verschiedener organischer Reststoffe

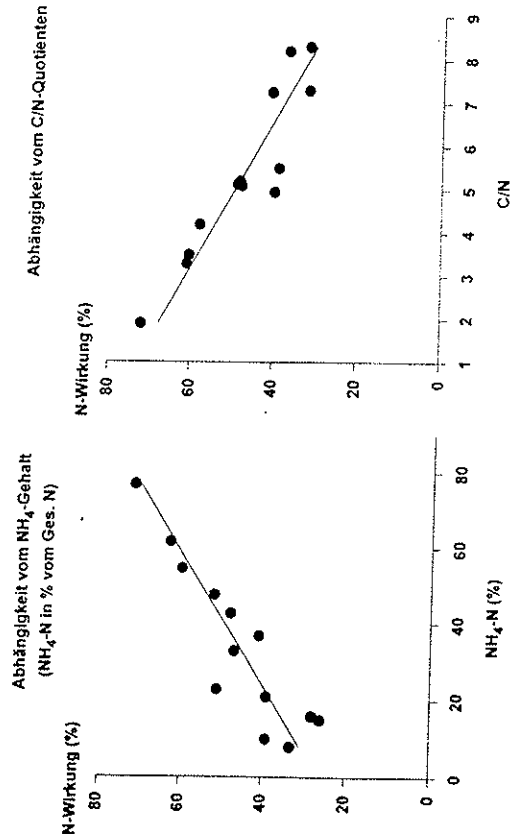


Abb. 5: N-Wirkung von Klärschlämmen; Gefäßversuch mit Weidelgras  
Mineraldüngung = 100 (Furrer und Bolliger, 1978)

Der im 1. Jahr nicht wirksame Stickstoff führt zu einer Anreicherung des Boden-N und wird in den Folgejahren in Abhängigkeit von den Mineralisationsbedingungen in Raten von ca. 8 % bis auf 2-3 % zurückgehend freigesetzt. Diese Mineralisation ist allerdings nicht kontrollierbar und kann nicht vollständig von Pflanzen verwertet werden (Gutser und Claassen, 1994). Zwischen dem NH<sub>4</sub>-Anteil am Gesamtstickstoff sowie dem C/N-Quotienten des Klärschlammes bestehen enge Beziehungen zu dessen N-Wirkung (Abb. 5): mit steigendem NH<sub>4</sub>-Anteil und fallendem C/N-Quotienten nimmt die N-Wirkung signifikant zu. Die Anteile der N-Fractionen sowie die C/N-Quotienten von KS schwanken in der Regel beachtlich (Abb. 6), sie lassen sich durch die Entwässerung deutlich verändern (Abb. 7). Im Falle des KS kann der NH<sub>4</sub>-Anteil am Gesamtstickstoff zwischen 10 und 50 % (z.T. noch weiter) schwanken (Abb. 6).

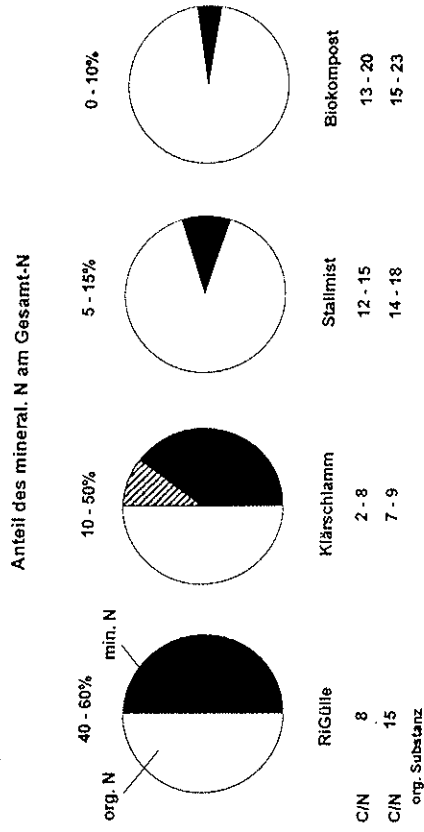


Abb. 6: N-Fractionen organischer Reststoffe

Auffällig ist der gegenüber Gülle, Stallmist und Biokompost in der organischen Substanz des KS vorliegende geringere C/N-Quotient. Er weist auf eine etwas schnellere Freisetzung des organisch gebundenen Stickstoffs von KS hin, allerdings auch auf eine geringere humusreproduzierende Wirkung von Klärschlamm-Kohlenstoff im Boden (Humusreproduktionskoeffizienten, s. folgender Beitrag Diez, 1995).

KS verliert während der Entwässerung Stickstoff, und zwar mehr NH<sub>4</sub>-N als organischen N, so daß der Quotient NH<sub>4</sub>-N/Ges.N kleiner wird (Abb. 7). Die Folge ist eine verminderte N-Wirkung im Anwendungsjahr.

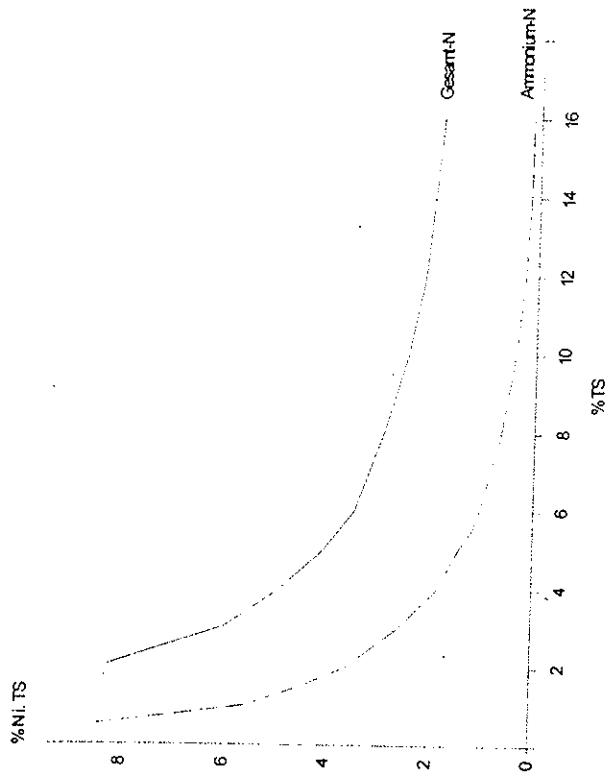


Abb. 7: Gesamt- und Ammoniumstickstoffgehalte von Klärschlamm (KS) in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt (Furrer und Bolliger, 1978)

Verbindungen) Zusammenfassend läßt sich aus diesen Ergebnissen ableiten, daß insbesondere die Kenntnis des  $\text{NH}_4$ -Stickstoffgehaltes die Abschätzung der aus KS zu erwartenden N-Wirkung ermöglicht, so daß die mineralische Ergänzungsdüngung entsprechend vermindert werden kann. Deshalb sollte für KS zu den Gesamtnährstoffanalysen auch der Gehalt an  $\text{NH}_4\text{-N}$  ausgewiesen werden.

#### Phosphor

Es ist allgemein unbestritten, daß das im Klärschlamm der biologischen Reinigungsstufe (Bioklärschlamm) enthaltene Phosphat eine ähnlich gute Verfügbarkeit und damit Wirkung im Pflanzenversuch zeigt wie P aus Mineraldüngern (Häni u. Gupta, 1978; Furrer u. Bolliger, 1980). Auch dem P von Klärschlamm aus der chemischen Reinigungsstufe wird überwiegend eine gute Pflanzenverfügbarkeit bescheinigt, wenngleich es zumindest kurzfristige Wirkunter-

schiede je nach Art des Fällungsmittels (Ca-, Fe-, Al- und Kalkzustandes der Böden eingerechnet) werden muß (Cervenka u. Timmermann, 1976; Metzger, 1979).

Auf 2 P-armen Böden mit saurer (Abb. 8) und neutraler (Abb. 9) Bodenreaktion zeigten Klärschlämme der 3. Reinigungsstufe durchwegs eine gute P-Wirkung, die abgesehen von der langsameren Anfangswirkung später mit der des mineralischen Vergleichsdüngers gleichzusetzen war.

Klärschlamm-P ist demnach dem Mineraldünger-P gleichwertig und muß in der P-Bilanz (Input/Output betriebs- oder schlagbezogen) voll berücksichtigt werden.

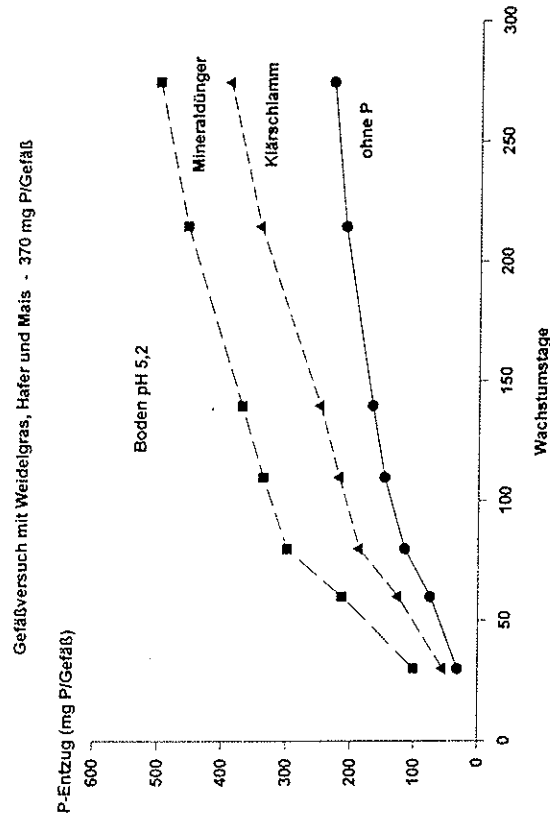


Abb. 8: P-Wirkung von Klärschlamm aus der 3. Reinigungsstufe (Al/Ca/Fe)

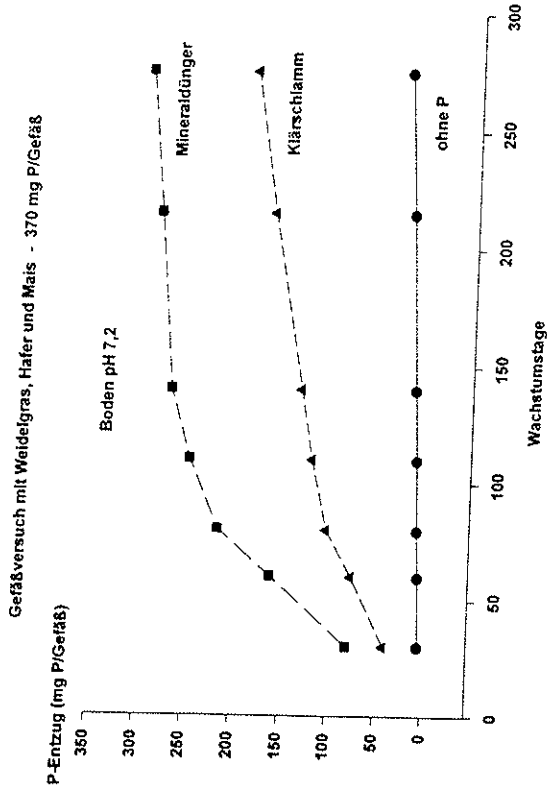


Abb. 9: P-Wirkung von Klärschlamm aus der 3. Reinigungsstufe (Al/Ca/Fe)

#### 4 Einsatzmengen und Flächenbedarf für die Verwertung von Klärschlamm und Biokompost

Als Höchstmenge für die jährliche Zufuhr organischer Dünger je Hektar Ackerfläche (AF) werden 100 kg N und 30 kg P vorgeschlagen. Die P-Menge orientiert sich am mittleren P-entzug landwirtschaftlicher Fruchtfolgen (Abfuhr über die Ernteerzeugnisse, mittleres bis hohes Ertragsniveau).

Die N-Menge entspricht etwa 60 - 70 % der durchschnittlichen N-Entzüge von Ackerkulturen. Sie liegt deutlich unter dem in der geplanten Düngemittelverordnung genannten Höchstwert von 170 kg N/ha AF für die jährliche Ausbringung von Wirtschaftsdünger. Diese Obergrenze liegt insbesondere aus ökologischen Gründen (N-Anreicherung der Böden, hohes Potential für  $\text{NO}_3$ -Auswaschung und Emission N-haltiger Spurengase - es leitet sich daraus die Akzeptanz für überhöhte Viehdichten ab mit der damit verbundenen Ammoniak- und Methanproblematik) mittel- und langfristige zu hoch und ist folglich als Begrenzung für die Verwertung kommunaler Reststoffe ungeeignet.

Die oben angegebenen Höchstmengen von jährlich 100 kg N und 30 kg P je ha AF beinhalten die N- und P-Mengen sowohl der tierischen Reststoffe (Gülle, Stallmist, Jauche) als auch der

betriebsfremden Sekundärrohstoffdünger wie KS und Kompost. Verständlicherweise muß der optimale Verwertung der betriebseigenen Wirtschaftsdüngers Priorität eingeräumt werden; nur die dann verbleibenden Restmengen an N und P können über Sekundärrohstoffdünger abgedeckt werden. Abbildung 10 gibt die Konkurrenzsituation zwischen Tierhaltung und Verwertung kommunaler Reststoffe wieder. Für BAK wurde von durchschnittlichen Gehalten an N (1,5 % i. TS) und P (0,3 % i. TS) ausgegangen. Die Ausbringung von KS wird häufig durch P begrenzt.

Entsprechend den in Abbildung 11 angegebenen Berechnungsgrundlagen besteht für die vollständige landwirtschaftliche Verwertung des in der BRD für 1998 geschätzten Anfalles an Klärschlamm (4 Mill. t TS) und Kompost (3,4 Mill. t TS als Summe von Bio- und Grüngutkompost) ein Flächenbedarf von 35 - 45 % der vorhandenen Ackerfläche; diese verwendet bereits die aus einer Viehdichte von etwa 0,6 GV/ha anfallenden Reststoffe; diese verwertet

Der obere Wert des Flächenbedarfs (45 %) berücksichtigt zusätzlich Stillelegungs- und Wasserschutzflächen ebenso wie Böden mit sehr hoher P-Versorgung und Höchstfrachten der KS-Versorgung. Für Bayern beträgt der Flächenbedarf für eine 100%ige Verwertung von Klärschlamm (225 000 t TS) und Biokompost (250 000 t TS) etwa 25 - 30 % der vorhandenen Ackerfläche.

- Wie bei allen organischen Reststoffen läßt sich die aus KS im Anwendungsjahr zu erwartende N-Wirkung schlecht abschätzen. Diese ist abhängig von dessen Ammoniumgehalt, so daß eine entsprechende Untersuchung empfohlen wird.
- Der Einsatz qualitativ hochwertiger KS wird durch die Nährstofffracht, nicht durch die Schadstofffracht begrenzt. Die Qualitätsstandards von KS sind den aktuellen Schadstoffgehalten laufend anzupassen.

## 6 Literatur

- BUM, Bundesumweltministerium, Referat Allg. Abfallentsorgung; Bericht gemäß Artikel 17 der EG Richtlinien 86/278/EWG über die Schlämmentwertung in der BRD, 11 S., 1992
- Cervenka, L. und Timmermann, F.: Phosphatfällungsprodukte aus biologisch geklärten Abwässern und ihre Verwendungsmöglichkeit in der Landwirtschaft. Landw. Forsch., 29, 299 - 308, 1976
- Diez, Th.: Auswirkungen von Klärschlamm auf den Boden, Beitrag in diesem Band, 1995
- Diez, Th., Krauss, M. und Würzinger, A.: Schwermetall- und Nährstoffgehalte von Klärschlämmen bayerischer Kläranlagen. Landw. Jahrb., 68, 521 - 528, 1991
- Furrer, O.J. und Bolliger, R.: Die Wirksamkeit des Stickstoffs im Klärschlamm. Schweiz. Landw. Forsch., 17, 137 - 147, 1978
- Furrer, O.J. und Bolliger, R.: Phosphorus content of sludge from swiss sewage treatment plants. - EEC-Seminar "Phosphorus in sewage sludge and animal waste slurries", 11. - 13. Juni, Haren, Niederlande, 1980
- Gutser, R. und Claassen, N.: Langzeitversuche zum N-Umsatz von Wirtschaftsdüngern und kommunalen Komposten. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 73, 47 - 50, 1994
- Häni, H. und Gupta, S.K.: Kann Klärschlamm als P-Dünger verwertet werden. Schweiz. Landw. Forsch. 17, 15 - 28, 1978
- KTBL: Wettbewerbsfähige und umweltverträgliche Landwirtschaft. KTBL-Forum 1994, Arbeitspapier 210, 1994
- Metzger, F.: P-Verfügbarkeit und -Bindung in verschiedenen mit Rhenania-P. und P-angereicherten Klärschlämmen gedüngten Böden. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Gesellschaft 29, 249 - 252, 1979

VDLUFA: Nähr- und Schadstoffgehalte im Klär- und Flußschlämmen, Müll und Müllkomposten - Datensammlung und Bewertung - VDLUFA Projekt 1985, VDLUFA-Schriftenreihe 22, 1987