

Aus der Sektion Pflanzenproduktion der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Wissenschaftsbereich Agrochemie
Düngung -

Zu Fragen der Wirkung und Anwendung des Düngers Gülle auf Ackerböden an Hand von im Gebiet Halle - Leipzig durchgeführten Untersuchungen

Von

Heinz Schönmeier und Günter Rehbein

Mit 5 Abbildungen und 11 Tabellen

(Eingegangen am 20. November 1974)

Inhalt

1.	Einleitung	189
2.	Ergebnisse von Feldversuchen mit Gülledüngung	191
2.1.	Wirkung von Gülle und Stroh/Gülle im Vergleich zu Stalldung	191
2.2.	Wirkung steigender Güllegaben	192
2.2.1.	Einfluß auf Pflanzenerträge	192
2.2.2.	Ausnutzung der Nährstoffe aus der Gülle und Beeinflussung von Qualitätsmerkmalen der Ernteprodukte	200
2.2.2.1.	Nährstoffausnutzung	200
2.2.2.2.	Qualitätsbeeinflussung	202
2.2.3.	Zum Einfluß der Gülledüngung auf einige Bodeneigenschaften	206
3.	Gülledüngung und Umweltschutz	208
4.	Zusammenfassung	209
	Schrifttum	210

1. Einleitung

In der Landwirtschaft der Deutschen Demokratischen Republik erreichen die Werktätigen nicht nur ständig höhere Produktionsergebnisse, sondern es werden auch in zunehmendem Maße moderne industriemäßige Produktionsmethoden angewandt. Ein wesentliches Merkmal dieses Prozesses ist die planmäßige Konzentration und Spezialisierung der Produktion, die Entstehung spezialisierter Produktionseinheiten. In der Pflanzenproduktion haben sich Kooperative Abteilungen Pflanzenproduktion (KAP) und spezialisierte LPG und VEG der Pflanzenproduktion herausgebildet.

Industriemäßige Tierproduktion ist bereits bei der Haltung von Rindern, Schweinen, Geflügel und Kaninchen, um nur die wichtigsten Zweige zu nennen, anzutreffen. Hier ist die hohe Konzentration von Tieren besonders hervorzuheben. So werden beispielsweise industriemäßige Anlagen mit 2 000 und mehr Milchkühen, rund 5 000 Jungrindern, 16 000 Mastrindern, 5 600 Zuchtsauen oder 25 000 bis 100 000 Mast Schweinen (Stallplätze) künftig immer stärker in den Vordergrund rücken.

Die industriemäßige Tierproduktion wird generell ohne Einstreu betrieben; statt des früher üblichen Stalldunges fällt in den Stallanlagen ein flüssiger organischer Dünger – die Gülle – an. Für die Pflanzenproduktion ist bedeutsam, daß bis 1980 gegenüber dem Stand von 1970 der Stalldunganfall ungefähr auf die Hälfte zurückgehen und die Güllemenge auf ein Mehrfaches ansteigen wird (Wedekind und Süßenbach, 1972). Je nach der Höhe des Wasserzusatzes kann man mit jährlich 20 bis 30 t Gülle je Großvieheinheit (GV) rechnen.

Bei industriemäßiger Tierhaltung fällt die Gülle örtlich in großer Menge an. Sie hat andere Eigenschaften als Stallmist und muß in mehr oder weniger massiven, jedenfalls abgedichteten Behältern gelagert werden. Aus ökonomischen Gründen werden die Behälter meist relativ klein bemessen (Kapazität für < 2 Monate), woraus ein gewisser Zwang zur nahezu ganzjährigen Ausbringung resultiert. Aus diesen Gründen sind mit dem Übergang zur industriemäßigen Tierproduktion neue Probleme entstanden, die unter den Bedingungen der DDR zielstrebig und in zweckmäßiger Weise gelöst werden müssen.

Im Interesse hoher, stabiler Erträge und der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit müssen bei der weiteren Intensivierung der Pflanzenproduktion neben dem planmäßig zunehmenden Mineraldüngerverbrauch auch die anfallenden organischen Dünger rationell genutzt werden. Gegenwärtig kommt etwa ein Drittel der in der Pflanzenproduktion der DDR angewandten N-, P- und K-Mengen aus organischen Düngern (Görlitz, Asmus, Lange, Schönfeld und Pohl, 1973). Außerdem hat die Versorgung besonders der Ackerböden mit organischer Substanz auf Grund der positiven Wirkung auf chemische, biologische und physikalische Bodeneigenschaften nach wie vor große Bedeutung.

Bei der Planung und praktischen Durchführung der Gölledüngung müssen neben acker- und pflanzenbaulichen sowie arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten auch die Anforderungen des Umweltschutzes berücksichtigt werden. So geht es z. B. darum, Verunreinigungen der Gewässer und des Grundwassers zu vermeiden und die hygienischen Vorschriften streng einzuhalten. Es ist verständlich, daß in dieser Hinsicht Trinkwassereinzugsgebiete, dicht besiedelte Gegenden und Erholungsgebiete den Schwierigkeitsgrad der in nächster Zeit zu lösenden Aufgaben wesentlich erhöhen.

Gegenwärtig wird davon ausgegangen, daß die Nutzung der Gülle zu Düngezwecken – auch hinsichtlich des landeskulturell schadlosen Einsatzes – die rationellste und billigste Verwertungsmöglichkeit darstellt.

Die Untersuchungen zu Problemen der Gölledüngung konzentrierten sich anfangs auf den Wirkungsvergleich zwischen Gülle (mit und ohne Stroh) und Stalldung. Später traten speziellere Fragen des Gülleinsatzes in den Vordergrund. So sind heute immer noch aktuell: die Ermittlung optimaler Göllegaben zu einzelnen Feldfrüchten und innerhalb ganzer Fruchtfolgen, das Auffinden der günstigsten Anwendungstermine, der geeignetsten organisch-mineralischen Düngekombinationen, die Testung der oberen Belastungsgrenzen für Pflanzenarten und Böden, die Einordnung der Gölledüngung in die Fruchtfolgen u. a. m.

Für das Ausbringen der Gülle kommen im wesentlichen Tankwagen und Beregnungsanlagen in Frage. Das z. Z. vorherrschende Verfahren ist die mobile Ausbringung mittels Tankwagen (Kreiß, 1973). Dieses Verfahren, das in der Regel nicht mit einer Zusatzbewässerung verbunden ist, liegt auch allen Feldversuchen der Verfasser zugrunde. In diesem Beitrag wird über Ergebnisse berichtet, die neben dem Wirkungsvergleich von Stroh-Gülle- und Stallmistdüngung vor allem Aussagen über den Effekt steigender Göllemengen und deren Kombinationen mit Mineraldüngergaben erlauben. Kriterien sind dabei die Pflanzenerträge, die Ausnutzung der Nährstoffe, Einflüsse auf

Qualitätsmerkmale der Ernteprodukte und die Veränderung bestimmter Bodeneigenschaften. Die Versuche kamen überwiegend auf Lehm-, aber auch auf Sandböden in den Bezirken Leipzig und Halle zur Durchführung.

2. Ergebnisse von Feldversuchen mit Gölledüngung

2.1. Wirkung von Gülle und Stroh/Gülle im Vergleich zu Stalldung

Die vergleichende Prüfung verschiedener organischer Dünger, insbesondere Gülle, Stroh/Gülle und Stalldung, bildete in den Jahren 1960 bis etwa 1970 einen Schwerpunkt in der angewandten Düngungsforschung. Auf unterschiedlichen Standorten wurden wertvolle Einzelergebnisse und Erkenntnisse gewonnen, die im wesentlichen gut übereinstimmen (Kühn u. Lange, 1969; Rauhe u. Rehbein, 1970; v. Zameck, Rauhe u. Rehbein, 1972; Asmus, Lange u. Specht, 1971; Rehbein, Schönmeier u. Trenner, 1972).

Eine zusammenfassende Auswertung des vorliegenden Materials bezüglich der wichtigen Kriterien Ertrag und Humusproduktion im Boden wurde von Rehbein, Kühn und Kolbe (1972) für Löß- und Diluvialstandorte vorgenommen (s. Tab. 1).

Tabelle 1. Wirkung von Gülle und Stroh/Gülle im Vergleich zur Stallmistdüngung¹ auf den Ertrag und die Humusproduktion im Boden auf LÖ- und D-Standorten

Düngung	GE-Mehrerträge in dt ha/a		Humusproduktion in t/ha a ²	
	LÖ	D	LÖ	D
Gülle	9	5	0,3	0,4
Stroh (Herbst) + Gülle (Herbst)	9	7	0,4	0,7
Stroh (Herbst) + Gülle (Frühjahr)	8	12	0,6	0,8
Frischmist + Jauche	8	7	0,5	0,6
Rottemist + Jauche	7	9	0,6	0,8

¹ Die Ermittlung der Parameter erfolgte einheitlich auf der Basis der Exkremate von 1 Großvieheinheit.

² Berechnet auf N-Basis nach Tjurin (1956).

Im Hinblick auf den *Ertrag* erwiesen sich auf den LÖ-Standorten die verschiedenen Varianten mit organischer Düngung als nahezu völlig gleichwertig; die Mehrerträge in Getreideeinheiten (GE) lagen bei einheitlichen Bezug auf die Düngemenge von 1 GV zwischen 7 und 9 dt/ha.

Auf den D-Standorten waren größere Differenzen zwischen den Wirkungen der einzelnen Dünger festzustellen. Besonders günstig war der Einfluß der kombinierten Stroh-Gülle-Düngung, sofern die Gülle erst im Frühjahr verabreicht wurde. Auf Grund der geringeren Sorptionskapazität dieser Böden kommt es bei ausschließlicher Gölledüngung zu höheren Nährstoffverlusten als bei der Kombination mit Stroh. Ähnlich erklärt sich hier auch das schlechtere Abschneiden von Herbstgaben gegenüber der Gülleanwendung im Frühjahr.

Die Wirkung der organischen Dünger auf die *Reproduktion des Humusvorrates* der Böden war auf den D-Standorten stärker ausgeprägt als auf den LÖ-Standorten. Die Kombination Stroh und Gülle (letztere im Frühjahr verabreicht) sowie Rottemist bewirkten auf den untersuchten Böden jeweils einen gleich hohen Humusersatz, während die alleinige Gölledüngung rund die Hälfte dieser Leistung erreichte.

Die kombinierte Stroh-Gülle-Düngung ist nach allen bisherigen Untersuchungen als eine besonders günstige Form der organischen Düngung anzusehen. Diese Ein-

schätzung gilt bei langjähriger Betrachtung sowohl für die Ertragsseite als auch für die Reproduktion der organischen Substanz im Boden. Agrarwissenschaftler der UdSSR und der ČSSR kommen auf Grund mehrjähriger Versuche und Erfahrungen zu prinzipiell ähnlichen Schlüssen, wobei interessanterweise die vorübergehende N-Festlegung während der Strohumsetzung zum Teil als spezieller Vorteil herausgestellt wird (Balachonov, 1968 u. 1972; Balachonov, Krupčák, Tabulina und Trifonova 1969; Škarda, 1973; Římovský, 1973). Vor allem auf leichten Böden können auf diese Weise die Stickstoffverluste verringert werden. Damit wird gleichzeitig die Verlagerung von Stickstoff – insbesondere Nitrat – mit dem Bodenwasser in tiefere Schichten eingeschränkt, was im Sinne des Umweltschutzes als günstig zu bewerten ist. Ferner lassen sich, wenn nötig, höhere Güllemengen je ha einsetzen als bei ausschließlicher Gülle-düngung, ohne daß mit einer Überdüngung gerechnet werden muß.

2.2. Wirkung steigender Güllegaben

2.2.1. Einfluß auf Pflanzenerträge

Die Projektierung neuer Anlagen der Tierproduktion ist ohne die Beachtung einer genügend großen Gülleeinsatzfläche undenkbar. Nach Möglichkeit sollten bei Schweinen nicht mehr als 2, bei Rindern nicht mehr als 3 GV auf 1 ha entfallen. Das entspricht Güllemengen, in denen ungefähr 250 kg Stickstoff enthalten sind. Diese Stickstoffmengen können besonders in Fruchtfolgen mit hohem Futteranteil noch gut verwertet werden.

Künftig wird die optimale Verteilung der Gülle auf die einzelnen Fruchtarten und Schläge mit Hilfe des EDV-Programms Organische Düngung erfolgen, das 1974 bereits auf rund 800 000 ha zur Anwendung kam (Asmus, 1973; Görlitz, Asmus, Lange, Schönfeld u. Pohl, 1973; Witter, 1973; Görlitz, Asmus, Lange u. Specht, 1973).

Nach auf der Grundlage des EDV-Ausdruckes erarbeiteten Ausbringungsplänen wird die Gülle bevorzugt zu Fruchtarten angewendet, die mit relativ hohen Mehrerträgen reagieren bzw. die Nährstoffe der Gülle gut ausnutzen. Dazu gehören: Feldgras (vor allem auch mit Beregnung), Beta-Rüben, Futterkohl, Grün- und Silomais sowie Nichtleguminosen-Zwischenfrüchte.

Im Bedarfsfall können fast alle Feldfrüchte – außer Leguminosen – Gülle erhalten. Grünland ist ebenfalls durchaus geeignet und oft eine willkommene Ausweichmöglichkeit in Zeiträumen, die eine Ausbringung auf Ackerland aus verschiedenen Gründen nicht erlauben. Da die in der Gülle enthaltenen organischen Stoffe jedoch dringender für die Ackerböden benötigt werden, sollte das Grünland erst in zweiter Linie Berücksichtigung finden. Anders liegen die Dinge in grünlandreichen Mittelgebirgslagen (Reichelt, 1971).

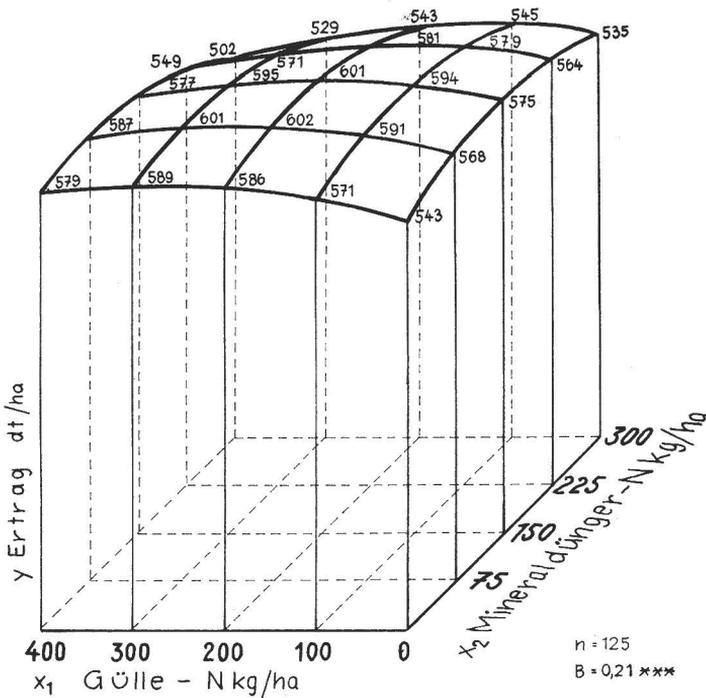
Die Höhe der Gaben liegt im allgemeinen zwischen 25 und 100 t/ha Dickgülle, d. h. Gülle ohne gezielten Wasserzusatz mit einem Trockensubstanzgehalt von $> 8\%$. Zweckmäßiger als derartige Empfehlungen in t/ha, die immer mehr oder weniger schematisch sein werden, ist das Herangehen vom Stickstoffbedarf der Pflanzen aus. Kennt man diesen, so ist als nächster Schritt festzulegen, welcher Anteil durch die Gülledüngung gedeckt werden soll. Es hat sich nach den bisherigen Erfahrungen bei den meisten Pflanzen als günstig erwiesen, den N-Bedarf nur bis zu 75% über Gülle zu decken. Volle Bedarfsdeckung kommt – vor allem unter Beregnungsbedingungen – evtl. für Feldgras, Beta-Rüben, Silomais und Futterkohl in Betracht (Lange, 1973). Für die in diesem Zusammenhang erforderlichen Berechnungen wie auch generell im Rahmen des EDV-Programms Organische Düngung werden die Nährstoffmengen der organischen Dünger mit Hilfe sogenannter „Mineraldüngeräquivalente“ umgerechnet, d. h. entsprechend ihrer relativen Wirksamkeit im Vergleich zu den gebräuchlichsten Mineraldüngemitteln (Specht, Asmus u. Lange, 1971).

Die für die einzelnen Standorte und Fruchtarten optimalen Güllegaben bzw. organisch-mineralischen Kombinationen werden in Steigerungsversuchen ermittelt. Zu diesem Fragenkomplex sollen nachfolgend Beispiele aus der eigenen Arbeit dargelegt werden. Es wird zunächst auf die Erträge von 2 Dauerfeldversuchen Bezug genommen, die mittels quadratischer Regression (zweifaktorieller quadratischer Ansatz mit Wechselwirkung) ausgewertet wurden. Beide Versuche kamen 1967 in Seehausen bei Leipzig auf sandigem Lehm (Ackerzahl 60, Standorteinheit Lö 4, Bodenform Lehm – Staugley) zur Anlage. Die Bemessung der Nährstoffzufuhr (Hauptnährstoffe N, P und K) wird in diesen Versuchen so durchgeführt, daß in 2 bzw. 3 Jahren jeweils völlig gleiche Mengen in Form von Gülle und Mineraldüngemitteln verabreicht werden. In dem einen Versuch (25 Kombinationen) werden im regelmäßigen Wechsel Hackfrüchte und Getreidearten angebaut, in dem zweiten (16 Kombinationen) läuft eine Fruchtfolge mit je 1/3 Feldgras, Kartoffeln und Winterweizen ab. Die nötigen Informationen über die Höhe der Düngungsstufen sind den entsprechenden Abbildungen zu entnehmen.

Für die Wirkung der organisch-mineralischen Düngung auf den Ertrag von Zuckerrüben ist typisch, daß ein grundsätzlicher Unterschied zwischen der Beeinflussung des Körper- und des Blattertrages besteht (s. Abb. 1). Bei sehr hohem Ertrag ohne Dün-

Rübenkörper

(1 a)



$$\hat{y} = 543,371554 + 0,333581 x_1 + 0,456149 x_2 - 0,000608 x_1^2 - 0,001617 x_2^2 - 0,000571 x_1 x_2$$

Rübenblatt

(1 b)

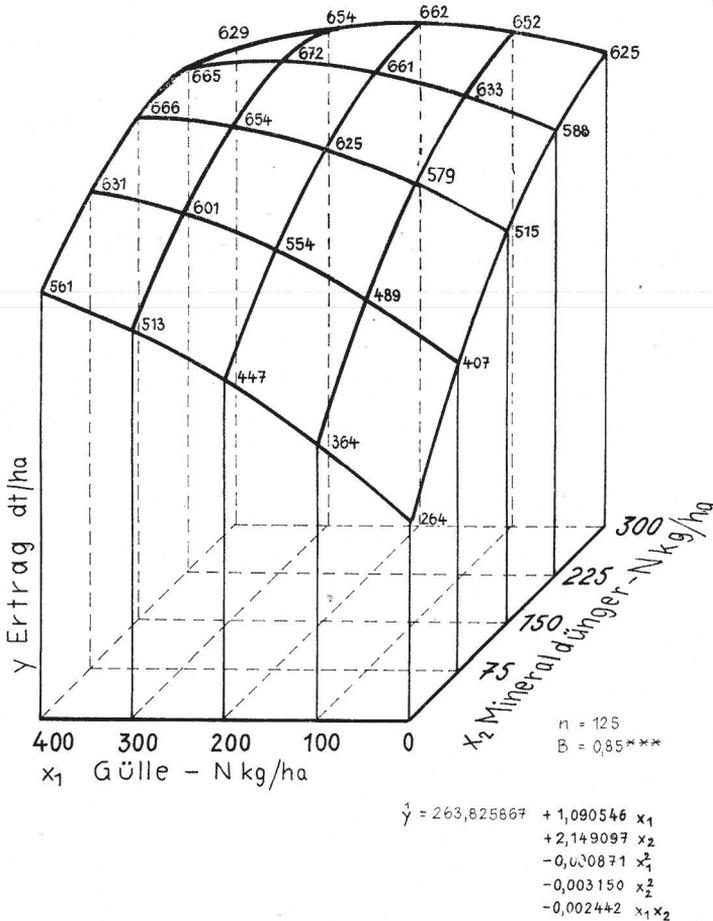


Abb. 1a und 1b. Zuckerrübenkörper- und -blatterträge in Abhängigkeit von gestaffelter Gülle- und Mineraldüngung

gung wurden in diesem Beispiel durch die Düngung nur rund 60 dt/ha Rübenkörper mehr erzielt; beim Rübenblatt hingegen beliefen sich die höchsten Mehrerträge auf über 400 dt/ha, der „Grundertrag“ konnte somit mehr als verdoppelt werden. Beim Anbau für Futterzwecke wäre ein derartiges Ergebnis sehr erwünscht, während bei Fabrikrüben die Qualität der Rübenkörper stärker im Vordergrund stehen muß (vgl. Abschnitt 2.2.2.). Aus der Abbildung geht der wesentlich steilere Anstieg der Ertragskurven und die bessere Anpassung der Erträge des Rübenblattes an die gewählte Funktion ($B = 0,85$) deutlich hervor.

Die in Abb. 2 wiedergegebenen Trockenmasseerträge des Einjährigen Weidelgrases aus den Jahren 1967 und 1970 sind in der ungedüngten Variante gleich hoch. Die gesteigerte organisch-mineralische Düngung führt zu einer Verdoppelung des Ertrages und geht 1970 noch darüber hinaus. Damit entspricht die Trockenmasseproduktion etwa dem von Henkel (1973) für N-Steigerungsversuche mit Einjährigem Weidelgras ohne Beregnung angegebenen Ertragsniveau.

Mit Beregnung sind auf dem Standort Seehausen deutlich höhere Weidelgraserträge bis zu 136 dt/ha TM zu erreichen (Lehne, Rauhe, Barth und Fischer, 1973).

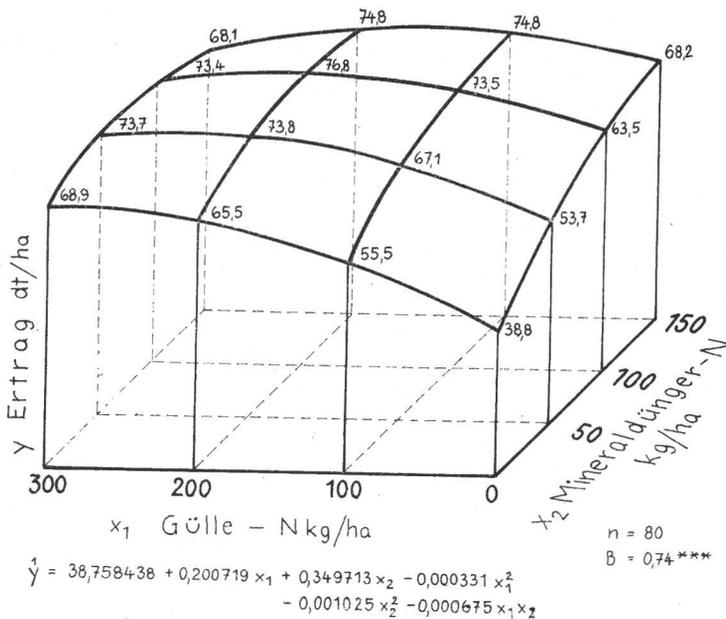
Die Ergebnisse des hier ausgewerteten Versuches bestätigen, daß Feldgras zu den Fruchtarten zählt, die relativ hohe Stickstoffmengen gut verwerten; dies gilt auch für den Einsatz von Gülle. Besteht keine Verregnungsmöglichkeit, so empfiehlt es sich, die Gülle nur zum ersten Aufwuchs zu verabfolgen und zu den weiteren Aufwüchsen Mineraldünger-N zu geben. Hauptgründe für dieses Vorgehen sind die nachlassende Wirkung der Gülle sowie die Beeinträchtigung des Futters durch Verschmutzung und Geruchsbildung.

Mit Hilfe der Abb. 3 soll die Wirkung der steigenden Gülle- und Mineraldüngergaben auf die Ertragssummen der 4jährigen Rotation des Versuches mit wechselndem Hackfrucht- und Getreideanbau eingeschätzt werden.

Zunächst kann man den Ertragsanstieg bei Erhöhung der Zufuhr beider Düngerformen verfolgen. Der Anstieg ist bei der Mineraldüngung erwartungsgemäß steiler als bei Gülle; es wird aber nicht das hohe Ertragsniveau erreicht, das eine Reihe von organisch-mineralischen Kombinationen auszeichnet. Die Maximumberechnung¹ ergab, daß der Maximalertrag bei Aufwendungen von 518 kg/ha Gülle-N und 463 kg/ha Mineraldünger-N liegt. Diese Werte entsprechen pro Jahr 130 und 116 kg/ha N. Somit brachten nicht die höchsten Düngermengen den größten Effekt, sondern relativ hohe Gaben bei gemeinsamer Anwendung von Gülle und Mineraldüngern, die gegenwärtig noch über den durchschnittlichen Stickstoffaufwendungen der sozialistischen landwirtschaftlichen Praxis liegen.

(2 a)

1967



¹ Die Ermittlung des Maximalertrages erfolgt aus der zweifaktoriellen Regressionsfunktion durch partielle Differentiation nach x_1 und x_2 .

1970

(2 b)

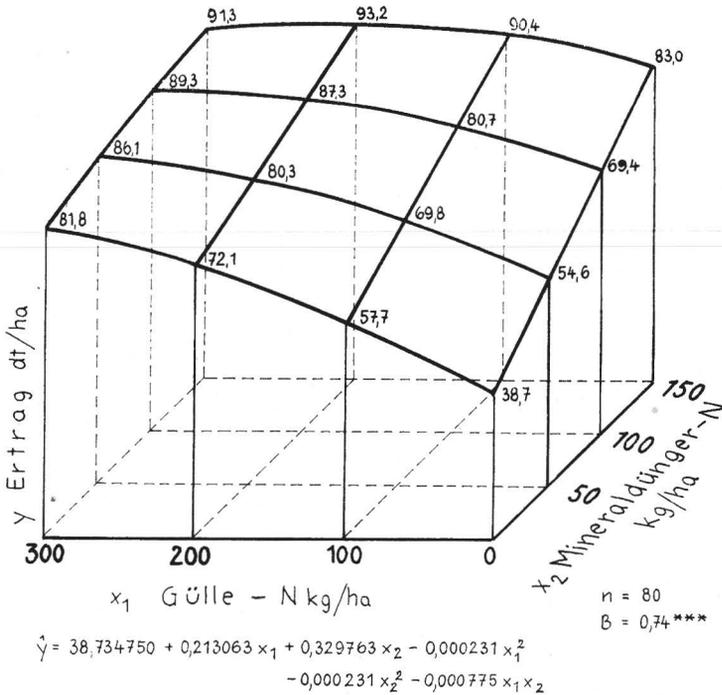


Abb. 2a und 2b. Trockenmasserträge des Einjährigen Weidelgrases 1967 und 1970 in Abhängigkeit von gestaffelter Gülle- und Mineraldüngung

Aus dem Seehausener Dauerversuch mit der Fruchtfolge Weidelgras – Kartoffeln – Weizen liegen bereits die Ertragsergebnisse von zwei vollständigen Rotationen vor. Die entsprechenden Ertragssummen sind in Abb. 4 dargestellt. Obwohl das Ertragsniveau etwas unterschiedlich ist, lassen sich doch einige wesentliche Gemeinsamkeiten feststellen:

- Bei ausschließlicher Düngung mit Gülle oder mit Mineraldüngern nehmen die GE-Erträge bis zur höchsten Düngungsstufe zu, eine weitere Steigerung erscheint möglich; bei gleichen Stickstoffaufwendungen bleiben die Erträge der Gülle-Varianten deutlich unter denen der Mineraldünger-Varianten.
- Die höchsten Erträge des Versuches konzentrieren sich im Bereich der Düngungskombinationen ab 300 + 300 kg/ha N aufwärts, wobei aber die höchste Düngung stets einen leichten Abfall bewirkt. Die errechneten Maximalerträge liegen in der 1. Rotation bei 392 kg/ha Gülle-N und 336 kg/ha Mineraldünger-N (\triangleq jährlich 131 und 112 kg/ha), in der 2. Rotation bei 402 kg/ha Gülle-N und 348 kg/ha Mineraldünger-N (\triangleq jährlich 134 und 116 kg/ha) und stimmen damit gut überein.

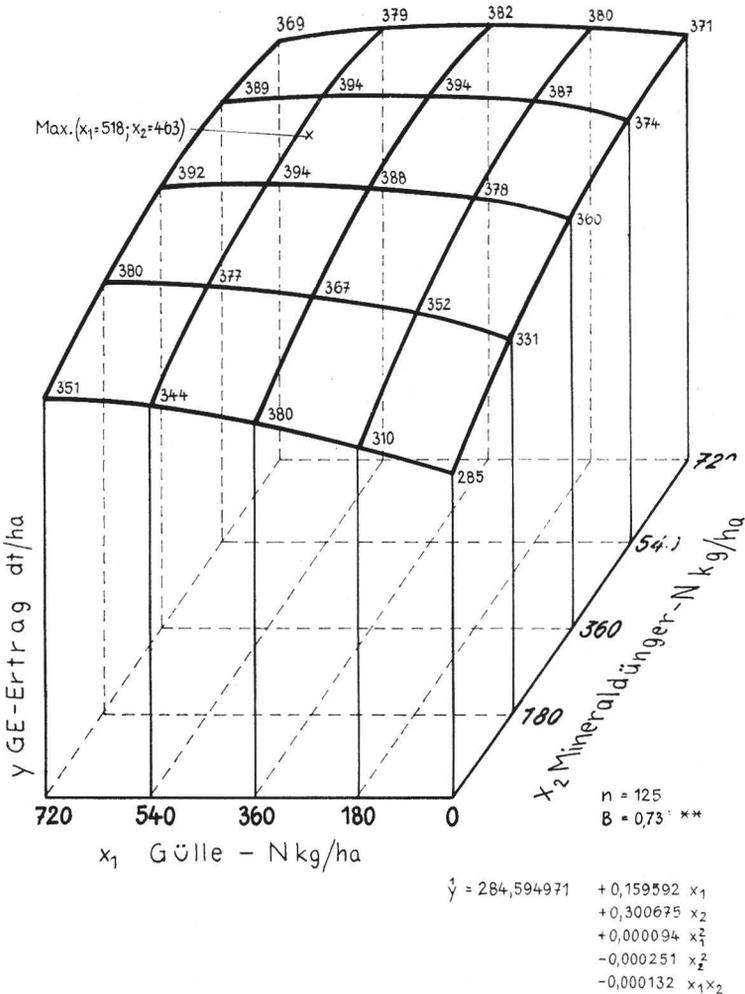


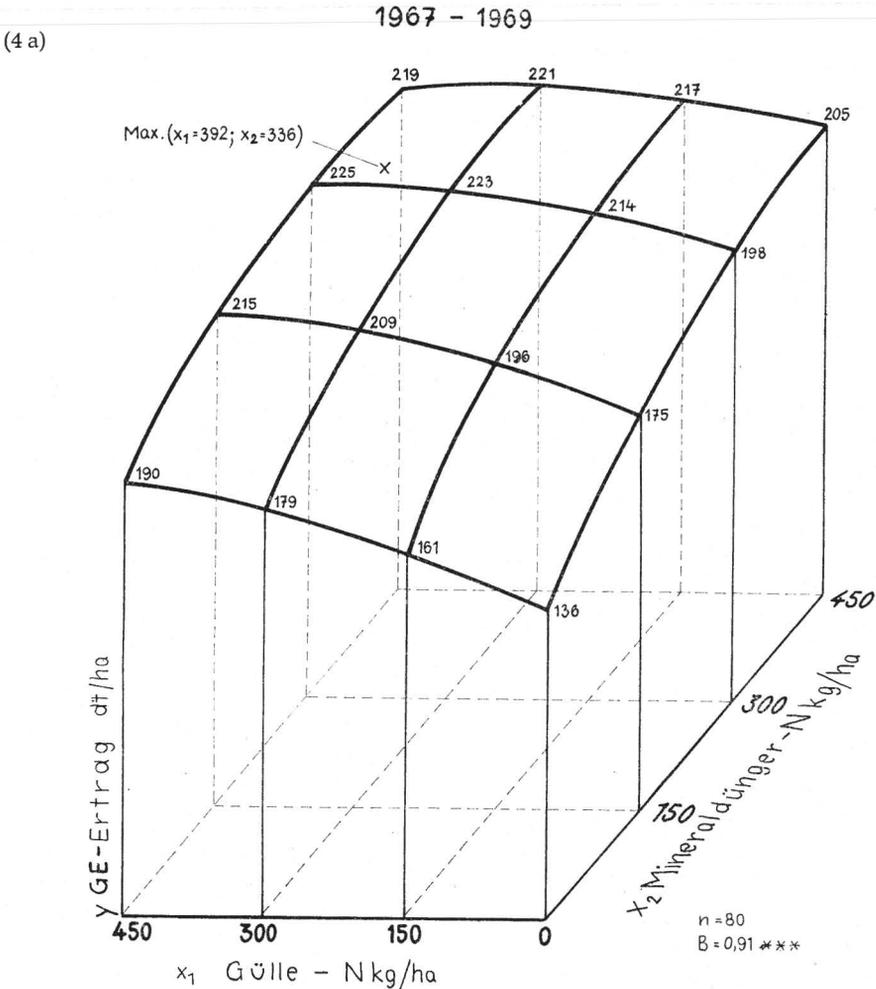
Abb. 3. Ertragssummen einer 4jährigen Fruchtfolge (Hackfrucht und Getreide im Wechsel) in Abhängigkeit von gestaffelten Gülle- und Mineraldüngermengen

Das Bestimmtheitsmaß läßt in beiden Fällen mit $B = 0,91$ bzw. $0,80$ eine relativ gute Anpassung an die gewählte Funktion erkennen.

Zu Beginn dieses Abschnittes wurde angeführt, daß die Hackfrüchte und Futterpflanzen die in der Gülle enthaltenen Nährstoffe, insbesondere den Stickstoff, am besten ausnutzen. Würden sich die Betriebe mit Güllewirtschaft auf die Güllenedung zu diesen Fruchtarten beschränken, ergäben sich größere Nichtanwendungszeitspannen. Diese sind aber auf Grund der begrenzten Lagerkapazität für die Gülle und auch aus arbeitswirtschaftlicher Sicht praktisch gar nicht denkbar.

Eine Lagerkapazität von zwei Monaten gestattet es, die Gülle im Laufe des Jahres planmäßig in die bestehenden Fruchtfolgen einzugliedern (Specht, Asmus und Lange, 1971). Hierbei sind nach Koriath (1972) die relativ vorteilhaftesten Anwendungstermine – im Sinne einer möglichst hohen Ertragswirkung – zu beachten.

Die planmäßige Eingliederung der Gülle in die Fruchtfolgen erfordert vielerorts auch die Einbeziehung der Zwischenfrüchte. In diesem Zusammenhang wurden von Rehbein (1971) auf dem Versuchsstandort Seehausen bei Leipzig Untersuchungen zum zweckmäßigsten Anwendungszeitpunkt von Rindergülle zur Winterzwischenfrucht Futterroggen angestellt. Dabei zeigt sich in Übereinstimmung mit Kühn und Lange (1969), daß eine Kopfdüngung mit 120 kg Gülle-N bzw. 35 m³ Rindergülle je ha prinzipiell möglich ist, ohne daß eine nennenswerte Schädigung der Pflanzen eintritt. Außerdem erwies sich die Gülleausbringung im Spätherbst und Winter gegenüber einer Düngung unmittelbar vor Vegetationsbeginn als wesentlich effektiver (vgl. Tab. 2). Die Wirkung des Gülle-N ist insgesamt mit rd. 85 % der Ertragswirkung des Mineraldünger-N bemerkenswert.



$$\hat{y} = 136,191800 + 0,188557 x_1 + 0,312627 x_2 - 0,000156 x_1^2 - 0,000353 x_2^2 - 0,000197 x_1 x_2$$

(4 b)

1970 - 1972

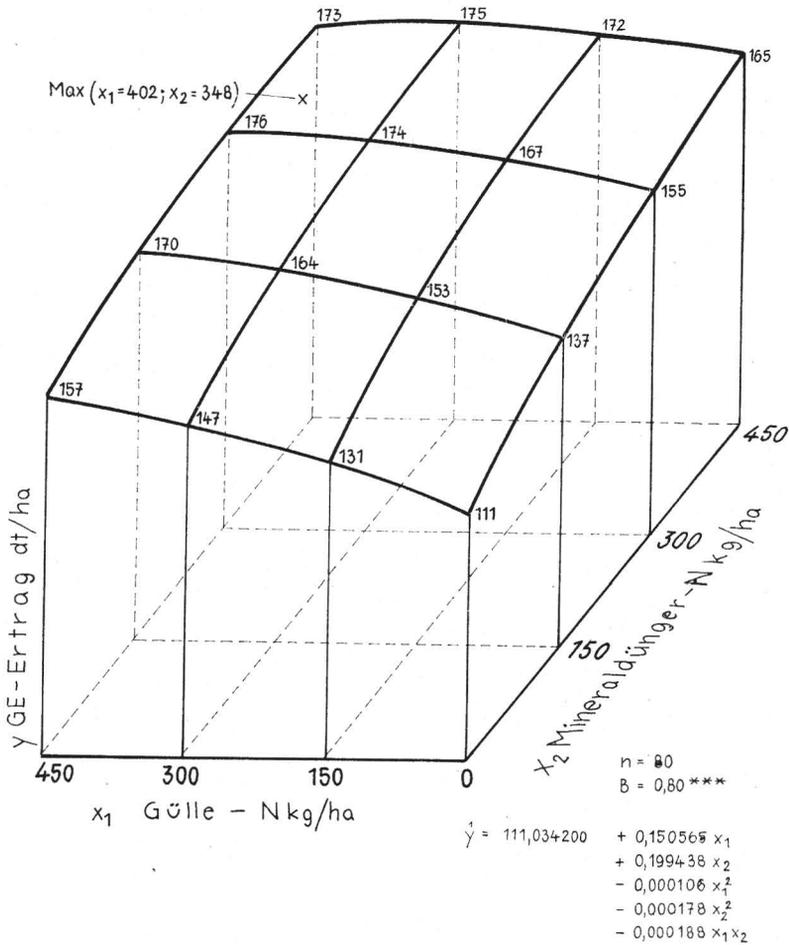


Abb. 4a und 4b. Ertragssummen von 2 Fruchtfolgeumläufen (Einjähriges Weidelgras - Kartoffel - Winterweizen) in Abhängigkeit von gestaffelten Gülle- und Mineraldüngermengen

Für die Gülle-Kopfdüngung des Futterroggens, als der ertragssichersten Winterzwischenfrucht, steht demnach auf sorptionsstarken Böden eine verhältnismäßig große Zeitspanne (Dezember bis Februar) zur Verfügung. Da in diesem Zeitraum eine Gülleausbringung mit Tankfahrzeugen - insbesondere auf Lößstandorten - in starkem Maße von Bodenzustand und Witterung abhängig ist, müssen die sich bietenden Möglichkeiten in der Praxis mit hoher Schlagkraft, d. h. mit komplexem Einsatz mehrerer Tankfahrzeuge, genutzt werden.

Neben der Kopfdüngung von Winterzwischenfrüchten und Wintergetreide kann Gülle auch mit Erfolg zu Futterroggen oder Raps vor der Bestellung im Spätsommer eingepflügt werden.

Tabelle 2. Wirkung einer Gülle-, Jauche- und Kalkammonsalpeter-Düngung auf den Futterroggen-Trockenmasseertrag in dt/ha

Düngung (120 kg/ha N)	Ausbringungszeiten			Mittel dt/ha	rel.
	Herbst	Winter	Frühjahr		
1967	16. 12.	1. 2.	30. 3.		
Gülle	48,2	39,3	36,9	41,5	84
Jauche	48,2	43,6	39,6	43,8	88
KAS ¹	50,4	49,7	49,0	49,7	100
Mittel	48,9	44,2	41,8		
GD _{5%} (N-Dünger und Zeiten) 5,3 dt/ha					
1968	26. 10.	30. 1.	5. 4.		
Gülle	38,3	41,0	35,3	38,2	86
Jauche	41,6	43,9	39,3	41,6	93
KAS ¹	44,0	48,3	41,5	44,6	100
Mittel	41,3	44,4	38,7		
GD _{5%} (N-Dünger und Zeiten) 3,4 dt/ha					

¹ Kalkammonsalpeter.

Die Gülle weist durchaus auch eine Nachwirkung auf den Pflanzenertrag im zweiten Jahr nach der Anwendung auf. In der Praxis wie auch in vielen Versuchen kommt diese Nachwirkung vor allem dem Getreide zugute, das bei mittleren und hohen Güllegaben zur Vorfrucht bis zu 7 dt/ha Korn und teilweise über 10 dt/ha Stroh mehr bringt als nach derselben Vorfrucht ohne Güllédüngung (Rehbein und Schönmeier, 1973). Die genannten Mehrerträge entsprechen ungefähr einer höheren Stickstoffaufnahme von 10 bis 25 kg/ha.

2.2.2. Ausnutzung der Nährstoffe aus der Gülle und Beeinflussung von Qualitätsmerkmalen der Ernteprodukte

2.2.2.1. Nährstoffausnutzung

Für eine optimale Wirkung der mit der Düngung zugeführten Nährstoffe ist Voraussetzung, daß ein möglichst hoher Anteil von den Pflanzen aufgenommen wird. Setzt man die aufgenommene Menge (den Entzug) ins Verhältnis zu der in Form von Düngemitteln eingesetzten Nährstoffmenge, so erhält man einen Koeffizienten für die Ausnutzung, der in Teilen von 1 angegeben wird. Nährstoffausnutzung und Ertragsbildung stehen zwar in einem gewissen Zusammenhang, müssen jedoch nicht völlig übereinstimmen; Pflanzen, die bezüglich des Ertrages verhältnismäßig stark positiv auf Güllegaben reagieren, weisen meist aber auch eine hohe Ausnutzung auf.

Der in der Gülle enthaltene Stickstoff wird im allgemeinen von den Pflanzen nicht so gut ausgenutzt wie Mineraldünger-N, ferner sinkt die Ausnutzung in der Regel mit Erhöhung der Güllegaben. Es gibt jedoch größere Schwankungen von Fruchtart zu Fruchtart und von Jahr zu Jahr. Im folgenden werden für die N-Ausnutzung sowohl durch einzelne Feldfrüchte als auch im mehrjährigen Mittel einige Beispiele aus verschiedenen Versuchen angeführt.

Tabelle 3 enthält die Ausnutzungskoeffizienten für Gülle-N bei Zuckerrüben und Einjährigem Weidelgras. Die Werte wurden aus zwei verschiedenen Versuchen gewonnen. Beide Fruchtarten gelten als gute Stickstoffverwerter. Die Koeffizienten fallen mit 0,53 bzw. 0,61 in den günstigsten Fällen relativ hoch aus; ein stärkeres Absinken bei höheren Güllegaben trifft hier in erster Linie für das Gras zu. Aus anderen Jahren und Versuchen vorliegende Ergebnisse zeigen, daß Silomais, Kartoffeln und Futterroggen häufig den Stickstoff schlechter ausnutzen als Rüben und Feldgras.

Tabelle 3. Ausnutzungskoeffizienten für Stickstoff aus Schweinegülle beim Anbau von Zuckerrüben und einjährigem Weidelgras

Gülledüngung N kg/ha	Ausnutzungskoeffizienten	
	Zuckerrübe	Weidelgras
100	0,53	0,61
200	0,47	0,37
300	0,56	0,35
400	0,45	

Aus 2 Versuchen besteht bereits ein Überblick über die Stickstoff- und Phosphor- ausnutzung im Zeitraum von 6 Jahren (Tab. 4 und 5). Die zugeführten Nährstoff- mengen sind jeweils als Summe der im Verlauf von 6 Jahren verabreichten Einzelgaben angegeben. Die N-Ausnutzung liegt in dem Versuch mit Hackfrucht-Getreidewechsel höher als bei der Fruchtfolge Feldgras - Kartoffel - Weizen; in beiden Fällen ist der Rückgang der Ausnutzung bei steigender Düngung verhältnismäßig gering.

Tabelle 4. Ausnutzungskoeffizienten für Stickstoff aus Schweinegülle nach 6jähriger Versuchsdauer

Gülledüngung N kg/ha Summe 1967-1972	Ausnutzungskoeffizient
Versuch 1-68 (Hackfrucht - Getreide)	
255	0,61
510	0,52
765	0,54
1020	0,49
Versuch 1-69 (Weidelgras - Kartoffel - Weizen)	
300	0,50
600	0,42
900	0,43

In bezug auf die P-Ausnutzung unterscheiden sich die beiden Fruchtfolgen bzw. Versuche noch stärker als hinsichtlich des Stickstoffs, wobei teilweise absolut sehr niedrige Koeffizienten auftreten. Die in den Tabellen nicht ausgewiesene Mineral- düngerausnutzung war bei N und P - mit Ausnahme der hohen Gaben - meist deutlich höher als die Ausnutzung der Gülleenährstoffe. Für das in der Gülle enthaltene Kalium können z. Z. keine Ausnutzungswerte mitgeteilt werden, die eine sinnvolle Interpretation gestatten. Offenbar führen die durch den Gülle-N bewirkte Ertragssteigerung und das starke K-Nachlieferungsvermögen des Seehausener Bodens zu ungewöhnlich hohen Ausnutzungskoeffizienten.

Tabelle 5. Ausnutzungskoeffizienten für Phosphor aus Schweinegülle nach 6jähriger Versuchsdauer

Gülldüngung P kg/ha Summe 1967-1972	Ausnutzungskoeffizient
Versuch 1-68	
86	0,31
171	0,24
256	0,16
342	0,13
Versuch 1-69	
69	0,12
138	0,14
207	0,14

2.2.2.2. Qualitätsbeeinflussung

Die in der Gülle enthaltenen Nährstoffe haben grundsätzlich keine andere Wirkung auf die Qualität der Pflanzen als Mineraldünger-Nährstoffe.

Die Bemessung der Güllegaben erfolgt allgemein auf der Basis des N-Gehaltes. Der Stickstoff beeinflusst nicht nur die Massebildung am stärksten von allen Pflanzennährstoffen, sondern er übt als wichtiger Bestandteil des Eiweißes auch die größte Wirkung auf die Zusammensetzung der Pflanzen und damit auf die Qualität aus (Rinno, Görlitz und Ebert, 1969). Sieht man – in Übereinstimmung mit diesen Autoren – bei der Bestimmung des Qualitätsbegriffes den Verwendungszweck der Ernteprodukte im Vordergrund, so hat zunächst die bei zahlreichen Kulturpflanzen feststellbare Erhöhung des Rohproteingehaltes große Bedeutung, besonders bei Futter- und Nahrungspflanzen. In Tab. 6 wird als Beispiel das Einjährige Weidelgras angeführt. In beiden Jahren kommt der positive Einfluß der gesteigerten Gülldüngung gut zum Ausdruck, und zwar auf jedem Niveau der Mineraldüngung. Die Rohproteingehalte nehmen jeweils bis zur höchsten Düngungskombination um reichlich 4 bzw. 6 % zu.

Tabelle 6. Rohproteingehalte des Einjährigen Weidelgrases in Prozent der Trockenmasse (Mittel aller Schnitte)

Gülle	Düngung N kg/ha		
	Mineraldünger	1967	1970
0	0	12,6	12,9
100	0	13,3	12,9
200	0	13,6	15,1
300	0	14,7	15,6
0	50	12,6	13,2
100	50	14,4	13,9
200	50	13,6	15,7
300	50	15,3	16,8
0	100	13,9	14,6
100	100	15,9	16,0
200	100	16,4	17,4
300	100	15,1	18,9
0	150	14,2	15,9
100	150	15,9	17,1
200	150	15,8	17,8
300	150	16,8	19,1

Das Einjährige Weidelgras dient vorwiegend als Rinderfutter. Dem neuen DDR-Futterbewertungssystem (Autorenkollektiv, 1972) entsprechend, ist der Gehalt der Futterstoffe an verdaulichen organischen Nährstoffen, also auch an verdaulichem Rohprotein, von besonderem Interesse.

Die Beziehungen zwischen dem Gehalt an Rohprotein und verdaulichem Rohprotein lassen sich, wie eine Abstimmung mit den betreffenden Futtermitteltabellen des DDR-Futterbewertungssystems ergab, mit Hilfe der folgenden Funktionen schätzen (Beyer, 1972): $y = -4,2 + 0,98 x$ (für 1. Schnitt); $y =$ verdauliches Rohprotein (%), $y = -4,2 + 0,92 x$ (ab 2. Schnitt); $x =$ Rohprotein (%).

Die mittleren Gehalte des Weidelgrases an verdaulichem Rohprotein nehmen – bei expliziter Darstellung – in Abhängigkeit von der gesteigerten GÜlledüngung auf jedem Niveau der Mineraldüngung linear zu (Abb. 5). Ein depressiver Einfluß des einen oder anderen Düngungsfaktors auf den mittleren Gehalt an verdaulichem Rohprotein ist bei der im Versuch gegebenen N-Steigerung offenbar noch nicht zu erwarten.

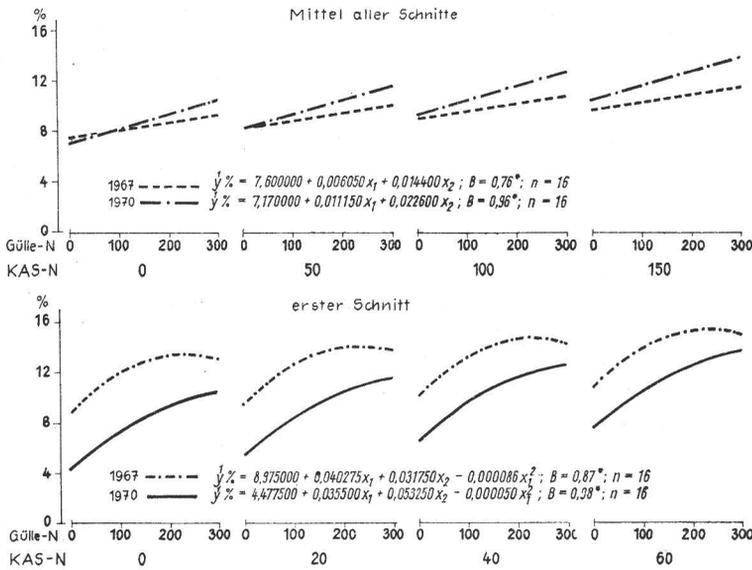


Abb. 5. Gehalt des Einjährigen Weidelgrases an verdaulichem Rohprotein in Prozent der Trockenmasse in Abhängigkeit von gestaffelter Gülle-N- und Mineraldünger-N-Zufuhr (KAS = Kalkammonsalpeter)

Betrachtet man die Gehalte des ersten Schnittes gesondert, so ist neben einer insgesamt besseren Anpassung an die gewählte Funktion auch eine depressive Wirkung der GÜllesteigerung offensichtlich. Die Ursache hierfür ist in dem verhältnismäßig hohen Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff aus der Gülle zu sehen, die in einer Gabe vor der Bestellung im Frühjahr verabreicht wurde. Aus dem Verlauf dieser Kurven kann der Schluß gezogen werden, daß unter ähnlichen Praxisbedingungen, auch mit Rücksicht auf die Trockenmasse-Erträge, zum ersten Aufwuchs nicht mehr als 300 kg/ha Gülle-N eingesetzt werden sollten.

Die mit dem Weidelgras in beiden Jahren erzielten Erträge an verdaulichem Rohprotein nahmen in Abhängigkeit von der GÜllesteigerung relativ stärker zu als die Rohproteinerträge. Der mit der Mineraldüngung abgestimmte Einsatz verhältnismäßig

hoher Güllegaben stellt demnach nicht nur im Hinblick auf die Erhöhung des Futter-trockenmasse-Ertrages eine wirksame Maßnahme dar, sondern vermag auch wesentlich zur Verbesserung der Futterqualität beizutragen.

Am Beispiel des Winterweizens, der nicht mit Gülle gedüngt worden war, sondern im Nachwirkungsjahr stand, wurde untersucht, ob die Gülle auch die qualitative Zusammensetzung des Eiweißes beeinflusst. Hierbei geht es in erster Linie um den Anteil der essentiellen Aminosäuren (AS). Im allgemeinen ist bei gesteigerter N-Düngung und steigendem Rohproteingehalt des Getreides mit einer Abnahme des Gehaltes an essentiellen AS im Protein zu rechnen. Es wäre schon ein großer Vorteil, wenn mit Erhöhung des Rohproteingehaltes die AS-Zusammensetzung unverändert bliebe oder die Gehalte an essentiellen AS relativ weniger zurückgingen, als der Proteingehalt ansteigt (Bock, 1970). Damit würde sich die absolute Menge an essentiellen AS im Korn erhöhen. Das ist für die praktische Tierernährung von großer Bedeutung, und in dieser Beziehung ist eiweißreiches Getreide dem eiweißärmeren in der Regel eindeutig überlegen (Hackl, 1971).

Wie Tab. 7 zeigt, wurde der Proteingehalt der Weizenkörner durch die Güllenachwirkung um reichlich 2 %, bei Kombination mit relativ hohen Mineraldünger-N-Gaben um 5 % erhöht. Der Anteil der essentiellen AS im Protein nahm mit der höheren Güllenachwirkung ein wenig ab (die Zahlen sind in der Tabelle nicht enthalten), und je kg Korn-Trockenmasse ergab sich überwiegend ein Gleichbleiben; bemerkenswert ist dagegen der deutliche Anstieg des Gehaltes an essentiellen AS in der Trockenmasse, den die zum Weizen verabreichten hohen mineralischen N-Gaben bewirkten (Tab. 7).

Für die Fütterung der Tiere sind die vorstehend mitgeteilten und diskutierten Befunde, besonders die Gehaltswerte an AS in der Futtertrockenmasse, sicher am wichtigsten. Vom Standpunkt der Pflanzenproduktion sowie betriebs- und volkswirtschaftlich ist aber außerdem die Erzeugung je Flächeneinheit von großem Interesse.

Die Umrechnung ergab bei allen essentiellen AS eine deutliche Mehrproduktion je Hektar, die auf die Nachwirkung der Gülle zurückzuführen ist, und wiederum einen besonders hohen Effekt der Kombination von Güllenachwirkung und direkter N-Mineraldüngung. In Tab. 8 wird diesbezüglich nur das Beispiel der überaus wichtigen Aminosäure Lysin angeführt.

Wie von der Mineraldüngung her schon seit längerer Zeit bekannt, sind auch bei steigendem Gülleaufwand je ha – vor allem bei stark überhöhten Gaben – negative Einflüsse auf die Qualität der Ernteprodukte möglich. Bei Futter- und Nahrungspflanzen kann es zu einer unzulässig hohen Nitrat-Anreicherung kommen. Kartoffeln reagieren auf Gülle- (bzw. Stickstoff-)überdüngung häufig mit einem Rückgang des Stärkegehaltes – abgesehen davon, daß auch die Ausreife und die Lagerfähigkeit im Winterlager beeinträchtigt werden können. Eine staatliche Direktive (1972) schreibt deshalb beim Anbau von Speisekartoffeln je nach Reifegruppe eine obere Begrenzung für den Stickstoffeintrag je ha vor.

Für den Einfluß steigender Güllegaben auf die Inhaltsstoffe der Zuckerrübe wird in Tab. 9 ein Beispiel gebracht. Der Zuckergehalt nimmt hier bei Gülle-N-Gaben bis zu 300 kg/ha um 2,5 % ab, während die bei der industriellen Zuckergewinnung störenden Gehalte an schädlichem Stickstoff und löslicher Asche deutlich ansteigen. Insgesamt resultiert daraus die Tatsache, daß der bereinigte Zuckerertrag auf dem vorliegenden Standort bereits mit relativ niedrigem N-Aufwand den höchsten Stand erreicht und bei weiterer Steigerung der Düngierzufuhr merklich zurückgeht. Die gleichen Tendenzen – nur noch stärker ausgeprägt – waren auch bei steigendem Einsatz von Mineraldünger-N und in den organisch-mineralischen Kombinationen festzustellen.

Tabelle 7. Nachwirkung einer gesteigerten Gülledüngung auf die Mengen an Rohprotein und essentiellen Aminosäuren im Winterweizenkorn (Hohenthurmer Stamm)

Düngung N kg/ha		Roh- protein ‰ d. TM	Aminosäuren in g/kg TM							
Gülle ¹	Mineral- dünger		Lysin	Histidin	Arginin	Threonin	Valin	Isoleucin	Leucin	Phenyl- alanin
0	–	11,63	3,29	2,84	5,60	3,90	5,03	4,02	8,06	5,37
80	–	12,28	3,22	2,57	5,39	3,54	5,24	4,23	8,20	4,96
160	–	13,16	3,35	2,68	5,72	3,79	5,35	4,41	8,67	5,32
240	–	13,06	3,22	2,70	3,53	3,50	5,06	4,26	8,17	5,34
320	–	13,66	3,41	2,96	5,41	3,12	4,41	4,26	8,40	5,36
320	120	16,25	3,82	3,43	6,69	4,07	5,62	4,62	9,28	6,11
320	160	16,66	3,91	3,79	6,75	4,19	5,54	5,18	10,24	6,50

¹ Zur Vorfrucht Kartoffeln.

Tabelle 8. Nachwirkung der Gülledüngung und Einfluß hoher Mineraldünger-N-Gaben auf den Lysingehalt und -ertrag bei Winterweizen

Düngung Gülle ¹	N kg/ha Mineraldünger	Lysin	
		g/kg TM	kg/ha
0	—	3,39	7,86
80	—	3,22	8,21
160	—	3,35	10,79
240	—	3,22	10,18
320	—	3,41	12,38
320	120	3,82	17,99
320	160	3,91	18,38

¹ Zur Vorfrucht Kartoffeln.

Tabelle 9. Einfluß steigender Güllegaben auf die Qualität von Zuckerrüben und den Zuckerertrag (Seehausen, Erntejahr 1971)

Gülledüngung N kg/ha	Gehalt der Zuckerrübe in Prozent			Bereinigter Zuckerertrag dt/ha
	Zucker	schädl. N	lösl. Asche	
—	18,5	0,020	0,463	49,7
75	17,8	0,031	0,484	53,5
150	17,4	0,035	0,455	53,4
225	16,1	0,058	0,538	45,3
300	16,0	0,075	0,560	43,0

Im praktischen Anbau ist deshalb unbedingt anzustreben, daß die Zuckerrüben schon im Stadium der Planung streng nach dem späteren Verwendungszweck unterschieden werden. Bei Zuckerrüben für die Fütterung sind wesentlich höhere Stickstoffgaben angebracht als bei Fabrikrüben, zumal dadurch der Blattertrag besonders gefördert wird.

2.2.3. Zum Einfluß der Gülledüngung auf einige Bodeneigenschaften

Außer der unmittelbaren Wirkung des Düngers Gülle auf den Pflanzenertrag ist – ähnlich wie bei anderen organischen Düngern – damit zu rechnen, daß ein Teil der zugeführten Nährstoffe (vor allem derjenige Anteil, der organisch gebunden vorliegt) vorübergehend im Boden angereichert bzw. sorptiv gebunden wird. Dieser Nährstoffanteil trägt zunächst zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit bei und wird zu einem späteren Zeitpunkt – nach der Zersetzung der organischen Substanz und Mineralisierung der Nährstoffe – über die Bodenlösung den Pflanzen zugänglich gemacht.

Nach welcher Zeit lassen sich nun positive oder negative Veränderungen von Bodeneigenschaften mit einiger Sicherheit quantitativ erfassen? Die Erfahrung lehrt, daß hierzu eine langjährige differenzierte Düngung notwendig ist. Erste Ergebnisse aus Gülledüngungsversuchen ließen nach 6 Versuchsjahren beispielsweise erkennen, daß bei konventioneller Tierhaltung (1 bis 2 GV/ha LN) und Verabreichung vergleichbarer Düngermengen mit der alleinigen Gülledüngung etwa die Hälfte der Humusmengen im Boden reproduziert werden konnte wie mit der kombinierten Stroh-Gülle- bzw. Stallmistdüngung (vgl. Abschnitt 2.1.). Dieser Erkenntnisstand ist jedoch unzu-

reichend, wenn man bedenkt, daß in der Pflanzen- und Tierproduktion unserer sozialistischen Landwirtschaftsbetriebe in zunehmendem Maße zu industriemäßigen Produktionsmethoden übergegangen wird. In der Nähe der industriemäßigen Tierproduktionsanlagen geht es um einen möglichst effektiven Einsatz von hohen Güllemengen. In diesem Zusammenhang ist natürlich die Frage von Interesse, in welchem Maße durch eine gesteigerte Gülledüngung – neben der guten Ertragswirkung – auch ein günstigerer Einfluß auf wichtige Merkmale der Bodenfruchtbarkeit erzielt werden kann. Zur aufgeworfenen Fragestellung sollen die Ergebnisse eines Güllever suches mitgeteilt werden, der 1966 auf Lehm-Staugley-Boden (Versuchsstandort Seehausen bei Leipzig) zur Anlage kam. Aus dem zweifaktoriellen Steigerungsversuch Gülle/NPK wird in Tab. 10 die Wirkung des Faktors Gülledüngung wiedergegeben. Bei wechselndem Anbau von Hackfrüchten und Getreidearten wurden 0, 200, 400, 800 kg/ha Stickstoff in Form von Gülle jeweils zu den Hackfrüchten gedüngt.

Die in Tab. 10 aufgeführten Ergebnisse lassen bei allen untersuchten Merkmalen einen signifikanten Einfluß der gesteigerten Gülledüngung erkennen. Vergleicht man die nach 7 Jahren ermittelten Werte mit denen vor Versuchsbeginn, so wird deutlich, daß mit den höheren Güllegaben auf diesem Standort nicht nur die einfache Reproduktion dieser Fruchtbarkeitsmerkmale gesichert, sondern sogar eine beträchtliche Anreicherung erreicht werden kann. Auch in der Unterbodenschicht (20 bis 40 cm) spiegelt sich der Einfluß der hohen Güllegaben in einer Zunahme an organischer Substanz (C, N) und pflanzenaufnehmbaren Nährstoffen – insbesondere Kalium – wider.

Tabelle 10. Wirkung steigender Rinder-Güllegaben auf einige Eigenschaften eines Lehm-Staugley-Bodens in mg/100 g Boden (Ackerkrume 0 bis 20 cm), ermittelt nach 7 Jahren

Gülledüngung ¹ N kg/ha a	C _t	N _t	P (laktatl.)	K (laktatl.)	Mg (austauschb.) ²
vor Anlage	920	88	4,9	12,2	—
0	860	86	7,1	12,5	5,6
100	890	88	7,8	13,4	5,8
200	920	91	9,4	17,1	6,2
400	980	98	11,0	22,2	7,0
GD 5 %	33	2,4	1,3	2,3	0,33

¹ Mit 100 kg/ha Gülle-N wurden außerdem in kg/ha verabreicht: 965 C / 22 P / 92 K / 12 Mg.

² Austauschbar gegen Ca Cl₂ (nach Schachtschabel).

Diese Ergebnisse zeigen, daß zumindest auf besseren Böden mit höheren Güllegaben (> 2 GV/ha a) eine deutliche Bodenverbesserung erzielt werden kann, auch wenn keine zusätzliche Strohdüngung erfolgt. Sie werden gestützt durch Befunde von Vetter und Klasink (1972), die den langjährigen Einfluß sehr hoher Güllegaben in der Praxis untersuchten. Damit werden gleichzeitig solche Auffassungen widerlegt, nach denen die Gülle auf Grund ihres relativ engen C : N-Verhältnisses von 5 bis 10 : 1 prinzipiell einer raschen Umsetzung im Boden unterliegt und somit keine nachhaltige Wirkung haben kann (Franz, 1960). Außerdem darf an Hand der Resultate des Güllesteigerungsversuches festgestellt werden, daß im Feldversuch nicht mit einer so starken Stimulierung des C-Umsatzes im Boden durch Güllezufuhr zu rechnen ist, wie sie Trenner (1969) in Brutversuchen (56 Tage bei 25 °C) bei Verwendung des gleichen Bodens und gleicher differenzierter Güllezufuhr fand. Diese Tatsache wird noch dadurch erhärtet, daß die hier mitgeteilten Ergebnisse 3 Jahre nach der letzten Gülle-

düngung gewonnen wurden. Güllewirtschaft und Bodenfruchtbarkeit müssen also nicht in Widerspruch geraten, wenn die Gülledüngung – wie jede andere Düngungsmaßnahme – zweckmäßig und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen durchgeführt wird (Koriath, 1972).

3. Gülledüngung und Umweltschutz

Die industriemäßige Tierproduktion und die gesamte Güllewirtschaft müssen der Forderung nach dem konsequenten Schutz der Umwelt, insbesondere der Reinhaltung von Wasser und Luft, Rechnung tragen. Gefahren und zumindest unangenehme Erscheinungen können z. B. darin bestehen, daß Oberflächengewässer verschmutzt werden und eine Geruchsbelästigung von größerer Intensität und „Fernwirkung“ auftritt.

Da zu dieser Problematik eigene spezielle Untersuchungen nicht durchgeführt wurden, sollen im folgenden nur einige der wichtigsten Gesichtspunkte in gebotener Kürze dargelegt werden.

Gülle ist das wasserwirtschaftlich entscheidende Abprodukt der Tierproduktion (Kramer, 1972). In der Zusammensetzung gibt es eine gewisse Ähnlichkeit mit kommunalem Abwasser, aber Gülle ist wesentlich konzentrierter als dieses (Otto, 1972). Die vom Standpunkt der Wasserwirtschaft vordringlichen Aspekte bestehen darin, daß die Gülle

- in wasserundurchlässigen Behältern gelagert werden muß,
- in den Trinkwasserschutzzonen I und II, auf abspülungsgefährdeten Flächen (Hänge an einem Gewässer) sowie auf Öd- und Unland nicht ausgebracht werden darf (TGL 24 345, 1971; TGL 24 348, 1970),
- in nicht zu großer Menge je ha angewendet wird.

In diesem Zusammenhang wurden vorläufige Belastungsgrenzwerte aufgestellt, die zwischen 500 und 600 kg/ha N liegen (Krüger und Hirte, 1972; Tab. 11). Es muß betont werden, daß diese Gülleaufwendungen als *wasserwirtschaftlich* unbedenklich gelten, wenn eine Unterteilung in mehrere Einzelgaben und eine intensive Bodennutzung erfolgen. Das Optimum für die Ertragsbildung wird damit bei den meisten Fruchtarten beträchtlich überschritten, teilweise kann es zu unerwünschten Veränderungen der Qualität der Ernteprodukte kommen.

Tabelle 11. Vorläufige wasserwirtschaftliche Grenzwerte für den Einsatz der Gülle in der Pflanzenproduktion (nach Krüger u. Hirte, 1972)

Art	Grenzwerte in	
	GV/ha	N kg/ha
Rindergülle	6	540
Schweinegülle	4,5	585
Legehennengülle	2,5	550

Die mögliche Verunreinigung der Gewässer durch Gülle bezieht sich auf den Eintrag von organischen Substanzen und Nährstoffen. Nach Beuschold und Wegener (1973) muß vor allem eine Zunahme des N- und P-Gehaltes verhindert werden. Für die menschliche Ernährung (Säuglingsnahrung!) ist eine Erhöhung des Nitratgehaltes im Trinkwasser besonders schädlich. Landwirtschaftliche Abwässer (Silosickersaft, Stallabwässer, auch Gülle) haben in den letzten Jahren verstärkt zu Fischsterben geführt (Kramer, 1972). Als unmittelbare Ursachen hierfür gelten in erster Linie Sauerstoffmangel und Anwesenheit von Ammoniak.

Aus vielerlei Gründen ist somit angezeigt, durch vorschriftsmäßige Lagerung, Behandlung und Ausbringung der Gülle negative Einflüsse auf Grund- und Oberflächenwasser zu vermeiden.

Eine starke Emission von NH_3 und anderen unangenehmen Geruchsstoffen tritt ein, wenn Gülle intensiv mit der Luft in Berührung gebracht wird, wie z. B. beim mechanischen Rühren im Lagerbehälter, besonders aber beim Verteilen auf der Einsatzfläche. Verregnung und Tankwagenausbringung unterscheiden sich hierin kaum. Als wirksamste Gegenmaßnahme können derzeit das sofortige Einarbeiten und – soweit technisch durchführbar – eine bodennahe Ausbringung angesehen werden. Das Problem der Geruchsbelästigung durch Gülle konnte für die Bedingungen der Großproduktion bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst werden (s. auch Wedekind u. Süßenbach, 1972).

Chemische und biologische Behandlungsverfahren (vgl. Otto, 1972), die zumindest teilweise das Ziel haben, die Gülle zu einem wasserwirtschaftlich und hygienisch unbedenklichen Medium aufzubereiten, sind gegenwärtig für Großanlagen der Tierproduktion noch nicht praxisreif. Es gibt auch noch kein ökonomisch vertretbares Verfahren, das auf chemischem Wege wenigstens den unangenehmen Geruch verhindert. Neben einer Verringerung des N- und P-Gehaltes wird mit der biologischen Reinigung von Gülle auch eine bedeutende Geruchsminderung erzielt (sog. desodorierender Effekt). Das Endprodukt muß nach dem derzeitigen Stand immer noch auf landwirtschaftlichen Nutzflächen verwertet werden.

Die mehrstufige biologische Behandlung der Gülle, die der üblichen Abwasserreinigung nahekommt und einen hohen Anteil der organischen Stoffe und der Nährstoffe (N, P) aus der Gülle entfernt, wird in absehbarer Zeit noch keine große Verbreitung erlangen. Die Verwertung der Gülle als organischer Dünger hat daher den absoluten Vorrang (Wedekind und Süßenbach, 1972).

4. Zusammenfassung

Mit der Entwicklung einer industriemäßigen Tierproduktion ist der örtlich konzentrierte Anfall großer Mengen Gülle verbunden. Gülle ist ein wertvoller organischer Dünger, den es für die weitere Steigerung der Pflanzenerträge und die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit zu nutzen gilt. Die Forschung auf dem Gebiet der organischen Düngung hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Ergebnisse und Erkenntnisse gebracht, die in dem EDV-Programm Organische Düngung zusammengefaßt und in dieser Form bereits 1974 der Praxis übergeben wurden. Die Wirkung von Düngungsmaßnahmen ist in hohem Maße standortabhängig. Im vorliegenden Beitrag werden einige Ergebnisse aus Dauerfeldversuchen mit Gülle- und Mineraldüngung dargelegt. Anhand der Ertragssteigerungen bei Einjährigem Weidelgras, Zuckerrüben und in ganzen Fruchtfolgen wird insbesondere deutlich, daß bestimmte Düngungskombinationen (Gülle + NPK) der ausschließlichen Nährstoffzufuhr in organischer oder mineralischer Form überlegen sind. In der Regel sollte der N-Bedarf der Pflanzen nur bis zu 75 % durch Gülle gedeckt werden. Im Winter ist bei gefrorenem Boden eine Güllekopfdüngung zu Futterroggen und Wintergetreide möglich. Im zweiten Jahr nach der Gülleanwendung können bei Getreide noch Mehrerträge bis zu 7 dt/ha Korn und über 10 dt/ha Stroh auftreten.

Die Ausnutzung des Stickstoffs durch die Pflanzen liegt bei Gülle gewöhnlich niedriger als bei Mineraldüngemitteln. In den ausgewerteten Versuchen wurden bei Feldgras und Zuckerrüben Ausnutzungskoeffizienten von maximal 0,61 bzw. 0,53 erreicht. Die Ausnutzung sinkt mit steigendem Gülleaufwand. Auf die Qualität der Ernteprodukte haben die in der Gülle enthaltenen Nährstoffe prinzipiell ähnliche Wir-

kungen wie Mineraldüngernährstoffe. Besonders deutlich ist bei zunehmender Gülledüngung eine Steigerung des Gehaltes an Rohprotein und (z. B. beim Weidelgras) verdaulichem Rohprotein festzustellen. An Winterweizenkörnern wurde die Nachwirkung gestaffelter Güllegaben auf die Eiweißzusammensetzung geprüft. Der Anteil essentieller Aminosäuren am Protein ging geringfügig zurück, bezogen auf Trockenmasse blieb er ungefähr gleich. Als Beispiel für negative Auswirkungen einer gesteigerten Gülledüngung auf die Qualität wird ein Versuchsergebnis mit Zuckerrüben angeführt. Der merkliche Rückgang des Zuckergehaltes sowie die Zunahme der löslichen Asche und des „schädlichen Stickstoffs“ verdienen vor allem beim Anbau von Fabrikrüben Beachtung.

Auf wichtige Eigenschaften des Bodens hat die kombinierte Stroh-Gülle-Düngung den gleichen günstigen Einfluß wie Stallmist. Bei genügend hoher Zufuhr kann auch Gülle allein sowie in Verbindung mit Mineraldüngung eine signifikante Erhöhung der Gehalte an C und N sowie an laktatlöslichem P und K bewirken. Dieser Effekt ist auch noch in der Bodenschicht 20 bis 40 cm nachweisbar. Die einfache Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit und gegebenenfalls sogar eine Anreicherung des Bodens mit organischer Substanz und Nährstoffen sind folglich mit Hilfe der Gülledüngung durchaus realisierbar.

Die Güllewirtschaft hat den Forderungen des Umweltschutzes zu entsprechen. Während für die Verhinderung von Geruchsbelästigungen noch praxisreife Verfahren entwickelt werden müssen, ist die Reinhaltung des Grund- und Oberflächenwassers bereits durch konsequente Befolgung der bestehenden Vorschriften möglich. Mit einer Aufbereitung der Gülle zu einem wasserwirtschaftlich und hygienisch unbedenklichen Medium ist in den nächsten Jahren in größerem Umfang nicht zu rechnen; im Vordergrund wird daher nach wie vor die Verwertung der Gülle als organischer Dünger stehen.

S c h r i f t t u m

- Asmus, F.: Die Stellung der organischen Düngung im Düngungssystem unter industriemäßigen Produktionsbedingungen. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. 17 (1973) 637–642.
- Asmus, F., H. Lange und G. Specht: Gülleeinsatz in Verbindung mit Strohdüngung, Zwischenfrüchten und Futterpflanzen. Feldwirtsch. 12 (1971) 402–404.
- Autorenkollektiv: Das DDR-Futterbewertungssystem. 2. Aufl. Berlin: VEB Dt. Landwirtschafts-Verl. 1972.
- Balachonov, S. I.: Primenenie židkogo navoza na dernovo-podzolistych suglinistych počvach BSSR. Agrochimija H. 12 (1968) 51–59.
- Balachonov, S. I., G. Kruglova, N. Krupen, V. Tabulina und R. Trifonova: Ispořzuem židkij navoz. Zemledelie 31 (1969) 40–43.
- Balachonov, S. I.: Agrochimičeskaja ocenka židkogo navoza. In: Organičeskije udobrenija (materialy naučno-metodičeskogo soveščanija stran-učastnic SEV, Moskva 1.–6. 7. 1970). Moskva 1972, S. 183–197.
- Beuschold, E., und U. Wegener: Untersuchungen über die Phosphor- und Stickstoffabspülungen in einem Rinderkombinat im Einzugsgebiet der Rappbode-Talsperre. Fortschr. Wasserchem. (1973) 237–250.
- Beyer, M.: Persönl. Mitteilung, 1972.
- Bock, H.-D.: Zur Züchtung proteinreicher Getreidesorten für die Tierernährung. Agroforum 1970, S. 220–221.
- Franz, H.: Feldbodenkunde. Wien, München: Verl. Fromme u. Co. 1960.

- Görlitz, H., F. Asmus, H. Lange und G. Specht: EDV-Programm „Organische Düngung“ zur Berechnung von fruchtarten- und schlagbezogenen Düngungsempfehlungen. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. **17** (1973) 883–893.
- Görlitz, H., F. Asmus, H. Lange, G. Schönfeld und W. Pohl: EDV-Programm „Organische Düngung“. Feldwirtsch. **14** (1973) 450–453.
- Hackl, W.: N-Bilanz-, Mast- und Schlachtleistungsversuche mit Getreidemonodiäten an wachsenden Schweinen unter besonderer Berücksichtigung der Ermittlung der Aminosäurenresorbierbarkeit des Getreides. Univ. Rostock, Diss. 1971.
- Henkel, W.: Die Wirkung von Beregnung und Stickstoffdüngung auf den Ertrag bei den wichtigsten mehrschnittigen Futterpflanzen. Feldwirtsch. **15** (1974) 181–183.
- Koriath, H.: Verfahren zur Aufbereitung und Ausbringung der Gülle und ihr Einsatz in der Pflanzenproduktion. Monatshefte f. Veterinärmed. **7** (1972) 247–252.
- Kramer, D.: Wasserwirtschaftliche Probleme der Gülleaufbereitung und -verwertung. Wasserwirtsch.-Wassertechn. **22** (1972) 182–184.
- Kreif, K.: Ausbringen von Gülle mit Fahrzeugen. Wiss.-techn. Inform. Meliorationswesen **23** (1973) 28–39.
- Krüger, W., und W. Hirte: Wasserwirtschaftliche Aspekte der landwirtschaftlichen Gülleverwertung mit vorläufigen Belastungskennziffern. Wasserwirtsch.-Wassertechn. **22** (1972) 201–204.
- Kühn, G., und I. Lange: Der Einfluß einer Gülledüngung im Vergleich zu anderen organischen Düngemitteln. Thaer-Arch. **13** (1969) 1109–1116.
- Lange, H.: Parameter für den Einsatz der Gülle im Rahmen des EDV-Projektes „Organische Düngung“. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. **17** (1973) 643–648.
- Lehne, I., K. Rauhe, F.-J. Barth und F. Fischer: Einfluß gestaffelter N-Gaben in Form von organischen und mineralischen Düngern sowie Beregnung auf Ertragshöhe und -qualität von Einjährigem Weidelgras und Zuckerrüben. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. **17** (1973) 935–947.
- Otto, W.: Möglichkeiten und Aspekte der chemischen und biologischen Behandlung von Gülle. Wasserwirtsch.-Wassertechn. **22** (1972) 193–196.
- Rauhe, K., und G. Rehbein: Quantifizierung der Wirkung flüssiger und fester organischer Dünger von Rindern auf den Ertrag und die Humusreproduktion im Boden mit Hilfe des Stickstoffs. Thaer-Arch. **14** (1970) 991–1001.
- Rehbein, G.: Untersuchungen über die Wirkung der Gülledüngung auf verschiedenen Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Gülle-N-Wirkung auf den Pflanzenertrag und der Humusreproduktion im Boden. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Diss. 1971.
- Rehbein, G., G. Kühn und G. Kolbe: Wirkung von Gülle und Gülle/Stroh auf Ertrag und Humusreproduktion im Boden auf Lö- und D-Standorten. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. **16** (1972) 31–37.
- Rehbein, G., H. Schönmeier und P. Trenner: Zur Wirkung einer Gülle- und Gülle-Stroh-Düngung auf Ertrag, Nährstoffentzug und einige Bodeneigenschaften. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. **16** (1972) 827–836.
- Rehbein, G., und H. Schönmeier: Feldversuchsergebnisse über die Beeinflussung des Getreideertrages durch unterschiedlich hohe Güllegaben zu den Vorfrüchten. Tag.-Ber. Akad.-Landwirtsch.-Wiss. DDR **122** (1973) 43–52.
- Reichelt, H.: Untersuchungen über den effektiven Einsatz von Rindergülle im Rahmen verschiedener Fruchtfolgen sowie bei Grünlandnutzung auf Berglehm-Braunerde in Mittelgebirgslagen. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Diss. 1971.
- Římovský, K.: Výsledky s hnojením slámou a kejdou skotu a prasat v osevním postupu. In: Využití kejdy z velkokapacitních bezstelivových provozů pro chov skotu a prasat (Sborník přednášek z konference socialistických států o využití kejdy skotu a prasat, Praha 16.–17. 10. 1973). Praha 1973, S. 99–105.
- Rinno, G., H. Görlitz und K. Ebert: Verbesserung der Qualität der Ernteprodukte durch Mineräldüngung. Berlin: VEB Chemichandel Düngemittel 1969.

- Škarda, M.: Hnojení kejdoskotu a prasat při koncentraci a specializaci zemědělské výroby. In: Využití kejdy z velkokapacitních bezstělových provozů pro chov skotu a prasat (Sborník přednášek z konference socialistických států o využití kejdy skotu a prasat, Praha 16.–17. 10. 1973). Praha 1973, S. 45–59.
- Specht, G., F. Asmus und H. Lange: Empfehlungen für den Einsatz der Gülle in der Pflanzenproduktion. Wiss.-Techn.-Inform. Meliorationswesen 13 (1971).
- Tjurin, I. V.: Počvoobrazovatel'nyj process, plodorodie počv i problema azota v počvovedenii i zemledelii. Počvovedenie H. 3 (1956) 1–17.
- Trenner, P.: Über die Wirkung von Rindergülle in Modell- und Freilandversuchen. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Diss. 1969.
- Vetter, H., und A. Klasink: Untersuchungen zu den Grenzen der Anwendung von Schweine- und Hühnergülle. Landwirtsch. Forsch. 27, Sonderh. 22 (1972) 122–134.
- Wedekind, P., und D. Süßenbach: Möglichkeiten der Aufbereitung von Gülle zur Veränderung ihrer physikalischen, chemischen und hygienischen Eigenschaften als Grundlage ihrer landwirtschaftlichen Verwertung. Wasserwirtsch.-Wassertechn. 22 (1972) 184–189.
- Witter, B.: Die bisherige Wirksamkeit des ACUB und sein Leistungsangebot für 1974. Feldwirtschaft 14 (1973) 447–450.
- Zameck, C. v., K. Rauhe und G. Rehbein: Dejstvie židkich i tverdyh organičeskich udobrenij, polučennyh ot krupnogo rogatogo skota, na urožaj i nakoplenie gumusa v počve. In: Organičeskije udobrenija (materialy naučno-metodičeskogo soveščanija stran-učastnic SEV, Moskva, 1. – 6. 7. 1970). Moskva 1972, S. 70–77.
- Direktive zur Verbesserung der Qualität und zur Erhöhung der Hektarerträge bei Speisekartoffeln vom 30. Mai 1972.
- TGL 24 345 Gewässerschutz – Schutz der Gewässer beim Umgang mit organischen und mineralischen Düngern. April 1971.
- TGL 24 348 Schutz der Trinkwassergewinnung. April 1970.

Dr. H. Schönmeier
Dr. G. Rehbein
Sektion Pflanzenproduktion
Wissenschaftsbereich Agrochemie
DDR - 402 Halle (Saale)
Adam-Kuckhoff-Straße 35