

Erhebungen über den Anfall der Stalldünger eines mittelbäuerlichen Betriebes

Autor(en): **Gisiger, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **53A (1943)**

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-676345>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Erhebungen über den Anfall der Stalldünger eines mittelbäuerlichen Betriebes.

Von *L. Gisiger*.

(Mitteilung der Eidgenössischen landwirtschaftl. Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon.)
Eingegangen am 22. Dezember 1942.

I. Die Aufgabe.

In Zeiten der Mangelwirtschaft ist es ein unbedingtes Erfordernis, alle erreichbaren Abfälle auf ihre Eignung und ihren Wert als Rohstoffe zu prüfen, womit gleichzeitig Voraussetzungen für ihre zweckmäßigste Anwendung und für die Ermittlung des zusätzlichen Neubedarfs geschaffen werden. Ist es schon schwer, solche Grundlagen bei einfachen Produkten zu erhalten, so muß die Aufgabe sofort komplizierter und unübersichtlicher werden, wenn die zu untersuchenden Abfälle in verschiedenen Formen und unregelmäßig anfallen und darin eine Mehrzahl wertbestimmender Stoffe zu berücksichtigen ist, die in der Menge stark wechseln können. Besteht überdies für die Bruttoabfälle die Möglichkeit ständiger Zersetzung und Umwandlung, wodurch ihr Wert entweder erhöht oder auch vermindert werden kann, wie das für die Stalldünger zutrifft, dann erscheint es fast aussichtslos, über deren Anfall Ermittlungen anzustellen.

Diese Überlegungen erklären uns, warum über den Anfall der Stalldünger nur ungerne Untersuchungen in Angriff genommen werden, ja sogar unterbleiben, solange als anderseits der Markt zu günstigen Preisen hochwirksame Dünger im Überfluß offeriert. Wohl ist eine große Zahl von Stalldünger-Untersuchungen vorhanden; sie beschäftigen sich aber meistens mit dem lagernden oder « reifen » Dünger, seiner Zusammensetzung und der Wirkung einzelner Komponenten. Gewiß lassen sich daraus auch Rückschlüsse auf die Gesamtmenge ziehen, auch liessen sich rein deduktiv Näherungswerte ermitteln, deren Genauigkeit für großzügige Düngewirtschaft in normalen Zeiten genügt, nicht aber, wenn es gilt, bei Knappheit möglichst sparsam und zweckmäßig zu düngen. Um die hier sich zeigende Lücke auszufüllen, versuchten wir, auf Grund von Erhebungen im Lehrgut Roßberg etwas zuverlässigere Angaben über den Anfall von Kot und Harn und damit auch über die Verteilung der Nährstoffe auf Gülle und Stallmist zu erhalten. Um dabei etwas einfache und übersichtliche Ausgangsbedingungen zu schaffen, die am ehesten auch für andere Betriebe zutreffen mögen und sich übertragen lassen, wurden nur die für den Kuhstall sich ergebenden Ver-

hältnisse berücksichtigt. Diese Vereinfachung hat insofern ihre Berechtigung, als für den Futtevvoranschlag ebenfalls mit Großtier- oder Kuh-Einheiten gerechnet wird. In diesem Sinne ergab sich für die vorliegende Arbeit die Aufgabe, während des Winters an zwei aufeinanderfolgenden Tagen für die vorhandenen 9 Kühe das vorgelegte Futter, die Futterrückstände und das aufgenommene Tränkewasser, dann die Milch, die Ausscheidungen Kot und Harn und die Einstreu zu bestimmen und zu untersuchen. Für die Untersuchung wurde ein Bestand von mehreren Tieren bevorzugt, um so in kurzer Zeit einen praktisch günstigen Durchschnitt zu erhalten.

Entsprechend den neueren Feststellungen, wonach alle Mineralstoffe, die sich in der Pflanzenasche befinden, als Nährstoffe zu betrachten sind, wurde die Analyse möglichst ausgedehnt, auch wurde Wert darauf gelegt, das Schicksal der organischen Substanz und des Kohlenstoffes zu verfolgen.

Im Laboratorium wurden sodann einige Versuche über die Gärung von « reinem » Harn und Gülle angestellt; ferner wird an Hand der Ergebnisse eines Zersetzungsversuches mit verschiedenen organischen Materialien im Boden versucht, einen Anhaltspunkt über die Bedeutung der Stalldünger für die Erhaltung und Mehrung des Bodenumus zu erhalten.

II. Angaben über den Betrieb.

Das Lehrgut Roßberg, zur Gutswirtschaft Maggi in Kempththal gehörend, wies bei einer Gesamtfläche von 11,6 Hektaren für das Anbaujahr 1941/42

7,1 Hektaren Naturwiesen, 50 Aren Kunstwiesen und 107 Aren Stopelfutter auf und baute auf

2,9 Hektaren Getreide und auf 1 Hektare Hackfrüchte an.

Das offene Ackerland erreichte somit gerade $\frac{1}{3}$ der Gesamtfläche und lag unter dem in Ackerbaugebieten geforderten Anteil.

Das Land ist zum Teil haldig, und das Klima erweist sich bei einer Meereshöhe von 524 m als rau, so daß in dieser Hinsicht nicht von besonders günstigen Bedingungen gesprochen werden kann.

Mit dem betriebseigenen Futter können erhalten werden: 9—10 Kühe, 2 Ochsen, 2—3 Jungrinder und Kälber, 1 Pferd und 3—5 Schweine, also zusammen rund 14 Großtier-Einheiten. Gehalten wird Braunvieh.

Für die Untersuchung erwies sich dieser Betrieb insofern günstig, als die Stalleinrichtung mit Schlitzrinne das getrennte Auffangen von Kot und Harn erleichterte. Die Schlitzrinne ließ sich durch Einbau eines Brettchens, das mit Lehm gedichtet wurde, leicht stauen. So konnte der anfallende Harn durch Ausschöpfen gemessen werden. Dann ist die Schlitzrinne vom Kälber-, Rinder- und Ochsenläger aus stallhygienischen Gründen bis kurz vor der Einmündung in die Güllegrube von der

Schlitzrinne des Kuhlägers getrennt. So ließen sich die Exkreme der Kühe vollständig frei von den Ausscheidungen der übrigen Tiere auffangen.

An den beiden Stichtagen wurde die betriebsübliche Stallordnung und Fütterung unverändert beibehalten. Die Messungen von Kot und Harn begannen morgens 8 Uhr und wurden nach zweimal 24 Stunden zur gleichen Zeit abgeschlossen. Auf die bei Fütterungsversuchen sonst übliche Vorversuchsperiode glaubten wir verzichten zu können, weil für den ganzen Winter das gleiche Futter zur Verfügung stand und vom Betriebsleiter die Tagesrationen in gut ausgeglichenen Mengen vorgelegt wurden.

III. Das Futter und sein Gehalt an Pflanzennährstoffen.

Den Zeitverhältnissen entsprechend und dank der Berücksichtigung neuzeitlicher Erkenntnisse auf dem Gebiete des Anbaues, der Nutzung und der Konservierung des Futters standen die in der folgenden Tabelle aufgeführten Futtermittel und Mengen zur Verfügung mit dem ebenfalls beigefügten Gehalt an Düngern.

Der Betrieb verfügt somit für den Kuhstall über wesentlich mehr Emd als Heu, was sich in der Nährleistung besonders günstig auswirken muß. Die günstigere Zusammensetzung des Emdes zeigt sich aber auch hinsichtlich der Zufuhr von Pflanzennährstoffen. Vorerst besteht ein Unterschied im Gehalt an Stickstoff, der im Emd gegenüber dem Heu ein wesentlich engeres C:N-Verhältnis bedingt. Dann enthält dieses 0,14 % mehr Phosphorsäure und 0,8 % mehr Kalk als das Heu. Auch der Gehalt an den beiden Spurenelementen Bor und Mangan ist im Emd nachweisbar höher.

Vom ernährungstechnischen Standpunkt aus muß sich die Zulage von Amasil-Silage besonders günstig auswirken. Bei einem Gehalt von 0,56 % Gesamtstickstoff erwiesen sich im chemischen Verdauungsversuch nicht weniger als 0,45 % oder 80 % verdaulich. An und für sich ist die verabreichte Silage stickstoffreich, wie dies am besten im C:N-Verhältnis von 11,6 zum Ausdruck kommt; ein Wert, wie er nur für junges Gras gefunden wird. Für das Kraftfutter wurde das C:N-Verhältnis 14,2 berechnet; in dieser Beziehung kann das Kraftfutter mit gutem bis vorzüglichem Emd verglichen werden, wobei aber ausdrücklich hinzugefügt sei, daß vom Gesamtstickstoff des vorliegenden Kraftfutters 88 % verdaulich sind. Nach dem chemischen Verdauungsversuch sind vom Gesamtfutter 75 % des Rohproteins verdaulich.

Im Hinblick auf den Gehalt an Pflanzennährstoffen fällt vorerst der relativ niedrige Gehalt an Phosphorsäure und Kali im Heu sowohl als auch im Emd auf. Nach den alljährlich durchgeführten Dürrfutteranalysen der Eidg. landwirtschaftlichen Versuchsanstalten können für

Tabelle 1.
Menge und Zusammensetzung des Futters für 9 Kühe und 2 Tage.

Gehalt in der ursprünglichen Substanz in %	Heu	Emd	Futterstroh	Silage (Amasil)	Kraftfutter ¹	Krippen- ausraum	Futter- rückstände im Tenn
Vorbereitet kg	89	130	19	258	6	6,5	6,4
Wasser	15,0	15,0	15,5	84,0	14,2	20,0	23,5
Trockensubstanz	85,0	85,0	84,5	16,0	85,8	80,0	76,5
Organische Substanz	77,8	74,0	78,2	14,2	69,5	55,1	58,3
Asche	7,2	11,0	6,3	1,8	4,2	24,9	16,6
C (nasse Verbrennung)	35,9	33,2	35,2	6,5	32,9	25,6	28,5
Stickstoff	1,41	1,90	0,46	0,56	2,31	0,91	1,88
Verdaulicher Stickstoff	1,02	1,28	0,23	0,445	2,04	0,35	1,17
C : N-Verhältnis	25,5	17,5	76,6	11,6	14,2	28,2	15,2
C in org. Substanz	46,2	44,8	45,1	45,7	47,3	46,5	48,9
P ₂ O ₅	0,56	0,70	0,394	0,111	1,14	0,44	0,58
K ₂ O	2,16	2,18	1,73	0,43	1,65	2,71	1,35
CaO	1,02	1,81	0,65	0,27	0,43	2,27	2,74
MgO	0,30	0,60	0,19	0,085	0,27	0,86	0,78
FeAlO ₃	1,12	1,28	0,48	0,206	1,00	2,48	1,74
Bor (B) mg %	1,77	2,1	0,35	0,677	1,37	1,2	5,0
Mn mg %	4,1	11,7	7,2	1,03	2,83	17,0	9,3
SO ₃ %	0,27	0,44	0,17	0,074	0,24	0,099	0,36
Cl %	0,19	0,17	0,012	0,064	0,006	0,069	0,118

¹ Kraftfutter = 25 kg Mohnkuchen
25 kg Haferschrot
40 kg Gerstenschrot
10 kg Weizenschrot.

Heu und Emd die folgenden mittleren Gehalte an Pflanzennährstoffen angegeben werden.

Tabelle 2.

Höhe über Meer in m	Mittlerer Gehalt von							
	Heu				Emd			
	P ₂ O ₅ ‰	N ‰	K ₂ O ‰	CaO ‰	P ₂ O ₅ ‰	N ‰	K ₂ O ‰	CaO ‰
bis 450 . .	6,4	14,0	28,6	13,4	7,5	19,0	25,5	19,4
450—900 . .	6,5	15,0	29,6	13,6	7,5	20,3	28,7	19,7
900—1300 . .	6,0	15,8	26,1	13,0	6,9	20,8	29,1	17,4
über 1300 . .	4,6	15,9	18,3	15,9	6,8	23,7	20,6	15,5

Die Gehalte an Pflanzennährstoffen liegen demnach im Durchschnitt für das Dürrfutter der Schweiz höher, als sie für das Futter des Lehrgutes Roßberg gefunden wurden. Nach den Normen der Versuchsanstalten über die Beurteilung des Phosphorsäure- und Kali-Bedürfnisses des Bodens nach dem Gehalt des Heues erweisen sich die Böden des Roßberges als schwach phosphorsäure- und schwach kalibedürftig. Im Heu dürfte der Kalkgehalt ebenfalls um einige Zehntelsprozent höher sein.

Von den Fütterungs-Physiologen wird allerdings als günstiges Verhältnis Ca : P = 1 : 1—2 : 1 erwähnt; für das vorliegende Futter können die folgenden Ca : P-Verhältnisse ermittelt werden :

Tabelle 3.

Ca- und P-Gehalt und Ca : P-Verhältnis des Futters.

	Heu	Emd	Futter- stroh	Silage	Kraft- futter	Werte nach Angaben von Truninger, v. Grünigen und Kauter berechnet
Gehalt an Ca . . .	0,73	1,295	0,465	0,193	0,31	
Gehalt an P . . .	0,245	0,306	0,172	0,048	0,50	
Ca : P-Verhältnis .	2,98	4,23	2,7	4,0	0,62	3—4; Minimalwerte 2,9 Maximalwerte 4,6

In dieser Beziehung dürfte das Heu günstig, das Emd mit dem weiten Ca : P-Verhältnis ungünstig beurteilt werden.

Der Borgehalt von Heu und Emd entspricht mittleren Gehalten von Rauhfutter, wie sie von unserer Anstalt (1) auch im Futter anderer Herkunft gefunden wurden, und wie sie sich aus den Zusammenstellungen von Bertrand (2) ergeben.

Der Gehalt an Schwefel (SO_3) und Chlor hält sich in normaler Höhe. Wie stark der Chlorgehalt des Futters von der Düngung abhängt, zeigt die Feststellung, wonach bei Düngung mit Kalisalz im zeitigen Frühjahr der Chlorgehalt des geernteten Futters in sechs aufeinanderfolgenden Schnitten wie folgt abnahm: 1,05 %, 0,87 %, 0,84 %, 0,59 %, 0,61 %, 0,41 %. Bei diesem Versuch war somit der letzte Schnitt noch mehr als doppelt und der erste Schnitt fast fünfmal so chlorreich als das Dürrfutter des Roßberges.

IV. Die aufgenommenen Nährstoffe und ihr Schicksal.

Von den in Tabelle 2 angeführten Futtermengen blieben im Tenn und in der Krippe kleine Rückstände, die pro Kuh und Tag 0,717 kg ausmachten. Über die effektiv aufgenommenen Nährstoffe und ihr Verbleiben gibt die Tabelle 4 Auskunft.

Die Gesamtmenge des täglich von einer Kuh verzehrten Futters zusammen mit dem Tränkewasser beträgt 67,8 kg mit 13,24 kg Futter-trockensubstanz. Im Hinblick auf die Sättigung der Tiere mag die Futteraufnahme ausreichend sein, sie entspricht ziemlich gut den bekannten Fütterungsnormen, die für 600 kg schwere Kühe mit einer Tagesmilchleistung von 10 kg einen Trockensubstanzverzehr von 14 kg angeben. Gemessen an der im Kot ausgeschiedenen organischen Substanz von nur 3,55 kg weist das Gesamtfutter mittleren Ballastgehalt auf.

Das Verhältnis von Trockensubstanzverzehr zum Gesamtwasser ist mit 1:4 eng; in der Literatur wird es mit 1:(4—6) angegeben; im Gegensatz dazu nimmt das Pferd nur etwa halb soviel Wasser auf.

1. *Die aufgenommenen Pflanzennährstoffe*: Verglichen mit durchschnittlichen Rationen von 9 kg Heu, 6 kg Emd und 10 kg Runkeln darf die aufgenommene Menge des Stickstoffes als hoch, der Phosphorsäure und des Kalis eher als tief taxiert werden. Würde das Futter im Mineralstoffgehalt dem schweizerischen Durchschnitt entsprechen, dann stünden der Kuh pro Tag etwa 10 g mehr Phosphorsäure und über 50 g mehr Kali zur Verfügung. Immerhin reicht das Kali allein schon für stark positive *Alkalialkaleszens*¹ aus, das heißt, im Futter ist in Milli-äquivalenten gerechnet mehr Kali als Schwefel- und Salzsäure vorhanden. In gleicher Weise genügt schon der vorhandene Kalk, um dem Futter eine positive *Erdalkalialkaleszens*² zu sichern. Im Hinblick auf die physiologische Bekömmlichkeit des Futters wird den Sesquioxiden wenig Beachtung geschenkt, erwähnenswert ist dennoch, daß sie mengenmäßig doppelt so stark vertreten sind wie die Phosphorsäure. Die beiden

¹ Alkalialkaleszens = $\Sigma \text{Na} + \text{K}$ Äquivalent — $\Sigma \text{SO}_3 + \text{Cl}$ Äquivalent (soll positiv sein).

² Erdalkalialkaleszens = $\Sigma \text{CaO} + \text{MgO}$ Äquivalent — P_2O_5 Äquivalent (soll positiv sein).

Tabelle 4.
Die Düngstoffe des Futters und der Exkremente einer Kuh pro Tag.

	Vorgelegtes Futter kg	Aufgenommenes Futter kg	Exkremente					
			Kot		Harn		Total kg	In % des Futters
			Gehalt %	kg	Gehalt %	kg		
Gesamtmenge	68,57	67,8	—	29,7	—	14,00	43,7	64,5
Wasser	54,72	54,5	85,2	25,3	93,46	13,1	38,4	70,5
Trockensubstanz	13,81	13,24	14,8	4,397	6,54	0,914	5,311	40,1
Organische Substanz	12,3	11,88	11,95	3,55	3,46	0,485	4,035	33,9
Asche	1,483	1,33	2,85	0,847	3,06	0,429	1,276	95,6
Kohlenstoff	5,59	5,39	6,56	1,947	1,65	0,231	2,178	40,4
Gesamt-Stickstoff	g	g	‰	g	‰	g	g	g
Phosphorsäure	299,7	289	4,2	124,7	8,3	108,9	233,6	80,8
Kali	102	98,2	2,6	77,5	0,015	0,2	77,7	79,1
Kalk	349	334	1,8	53,5	1,90	266	319,5	95,8
Magnesia	238,6	220,5	6,9	205	0,38	5,28	210,3	95,4
Schwefelsäure (SO ₃)	73,4	67,5	2,0	59,4	0,92	13,2	72,6	±100,0
Chlor	58,2	53,3	0,12	3,6	0,23	31,8	35,4	66,2
Bor	31,0	28,1	0,21	6,2	0,7	9,8	16,0	57,5
Mangan	0,35	0,3	0,005	0,17	0,01	0,11	0,28	86,2
C : N-Verhältnis	1,3	1,1	0,025	0,74	Spur	Spur	0,74	62,9
C in der organischen Substanz	18,7	18,7	—	16,7	—	1,99	8,99	—
	45,6	45,4	—	56	—	47,6	54,0	—

Spurenelemente Bor und Mangan sind, bezogen auf das gesamte Futterquantum, tatsächlich nur in Spuren vertreten. Der Verzehr an diesen Stoffen erreicht pro Kuh und Jahr nur etwas über 100 Gramm Bor und 400 Gramm Mangan.

2. *Die Ausscheidungen* : Besser als die in der Tabelle 4 enthaltenen Zahlen gibt uns die Abbildung 1 Auskunft über die in den Exkrementen ausgeschiedenen hauptsächlichsten Düngerstoffe.

Die Exkremente enthalten in % der aufgenommenen Stoffe.

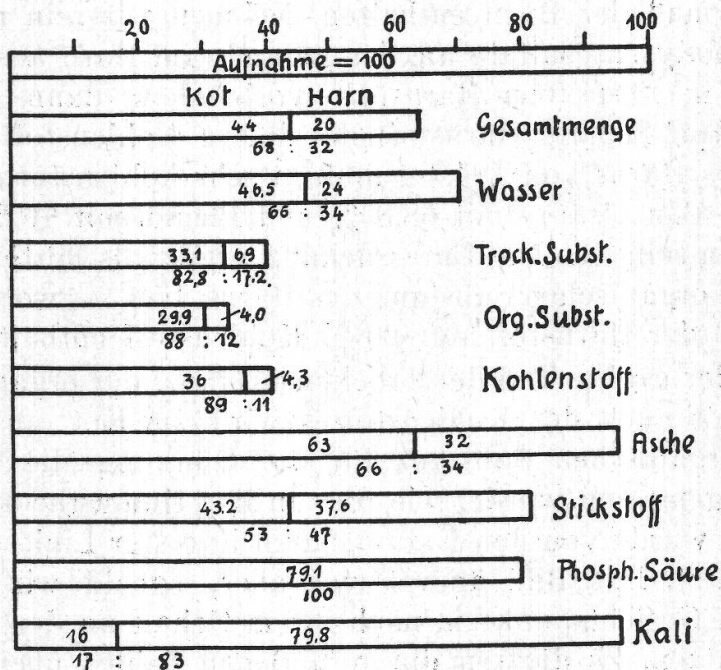


Abbildung 1.

Die in den Säulen stehenden Zahlen geben den Anteil der ausgeschiedenen Nährstoffe in Prozent der im Futter aufgenommenen an, während die außerhalb der Säulen stehenden Zahlen das Verhältnis für Kot und Harn angeben, ausgedrückt in Prozent der gesamten Ausscheidungen.

In rund 30 kg Kot und 14 Liter Harn sind nahezu $\frac{1}{2}$ der Gesamtmenge des nassen Futters enthalten. Erreicht in unserem Fall die ausgeschiedene Wassermenge gut $\frac{7}{10}$, so sei erwähnt, daß dieser Anteil bei sehr nasser Fütterung, wie dies namentlich während des Sommers vorkommt, leicht 80 % erreichen kann, was sich in erster Linie in vermehrter Harnausscheidung und auch in wasserreicherem Kot äußert. Wird an die oben gemachten Feststellungen erinnert, wonach die Fütterung dieser Kühe (Tiere der Braunviehrasse) als wasserarm bezeichnet werden muß, dann mag die Harnmenge von 14 Litern pro Tag als schwacher Mittelwert gelten; sie wird für größere Tiere der Fleckviehrassen 15 Liter übersteigen.

Mit nur 40 % der Trockensubstanz und des Kohlenstoffs und 32 % *der organischen Substanz* erscheint ein überraschend kleiner Anteil von den aufgenommenen Stoffen in den Exkrementen, der Rest wurde für die Produktion verwendet oder veratmet. Da, bezogen auf die Aufnahme, der Anteil des ausgeschiedenen Kohlenstoffs höher ist als jener der organischen Substanz, muß der durchschnittliche Kohlenstoffgehalt der organischen Substanz der Ausscheidungen höher sein als im Futter, während umgekehrt für die Produktion und die Atmung kohlenstoffärmere Verbindungen herangezogen werden. Besonders kohlenstoffreiche Verbindungen muß der Harn enthalten. Nehmen wir rein nur zur Diskussion der Analysenresultate an, der gesamte im Harn ausgeschiedene Stickstoff sei in Form von Harnstoff vorhanden, dann entsprechen 108,9 g Stickstoff 233,5 g Harnstoff mit 46,6 g Kohlenstoff. Der übrige Kohlenstoff des Harns von 184,4 g muß in sehr kohlenstoffreichen Verbindungen wie Benzolsäure mit 68,8 % und Phenol mit 76,6 % Kohlenstoff vorhanden sein (3). Die Untersuchung ergibt als mittleren Kohlenstoffgehalt der organischen Substanz des Harns 47,6 %, wobei nochmals betont sei, daß der Harnstoff nur 20 % Kohlenstoff enthält.

Weitaus der größte Teil der Trockensubstanz, der organischen Substanz und damit auch des Kohlenstoffes wird im Kot ausgeschieden. Solange der organischen Substanz für die Düngung die überragende Bedeutung beigemessen wurde, wie dies in der Humustheorie zum Ausdruck kommt, wurde von den Exkrementen in erster Linie der Kot als Dünger geschätzt. Das Bild ändert sich aber, sobald wir die Dünger nach modernen Gesichtspunkten, nach ihrem Gehalt an den Hauptnährstoffen einschätzen. Es dürften die gefundenen Zahlen über den Anteil der ausgeschiedenen Nährstoffe vom Gesamtgehalt des Futters dem Landesmittel entsprechen. Dabei sei allerdings nicht übersehen, daß namentlich im Hinblick auf die Verteilung des ausgeschiedenen Stickstoffes erhebliche Abweichungen eintreten können. Je leichter verdaulich das Rohprotein ist, um so mehr Stickstoff erscheint im Harn, mehr dagegen im Kot, wenn das Eiweiß des Futters schwerverdaulich ist. Geering (4) fand bei einem Fütterungsversuch mit Hammeln folgende Anteile des ausgeschiedenen Stickstoffes

bei	im Kot	im Harn
normal vergorenem Heu	38—45 %	55—62 %
übergorenem und überhitztem Heu	63—95 %	5—37 %

Wesentlich kleiner sind die Schwankungen bei Phosphorsäure und Kali, wobei die erstere fast zu 100 % im Kot und das Kali zu über ½ im Harn enthalten ist. Wenn aber nach früheren Untersuchungen von Kuhharn von Weidetieren der Fürstenalp Kaligehaltszahlen von 4—18 g und in Kuhharn vom Strickhof 29,5 g Kali pro Liter gefunden wurden, so ist damit gezeigt, daß sehr große Gehaltsschwankungen vorkommen.

Sie lassen sich auf den ungleichen Kaligehalt des Futters und auf die Harnmenge zurückführen.

Die Erdalkali erscheinen fast zu 100 %, während von den Spurenelementen Bor und Mangan nur etwa $\frac{2}{3}$ — $\frac{6}{7}$ in den Exkrementen ausgeschieden werden. Beachtung verdient auch die Feststellung, wonach das Chlor gut verteilt, die Schwefelsäure aber ganz einseitig, nämlich zu 90 % durch die Niere ausgeschieden wird. (Vergleiche Tab. 4.)

3. *Bilanz eines Gruppenfütterungsversuches.* Die Feststellung der ermolkenen Milch erlaubt uns, eventuelle Gewichtsveränderungen der Tiere vernachlässigend, die Aufstellung einer Bilanz, wie sie für die hauptsächlichsten Futterbestandteile in Tabelle 5 wiedergegeben ist.

Tabelle 5.

Bilanz eines «Gruppenfütterungsversuches», berechnet für eine Kuh pro Tag.

	Im Futter aufgenommen	In Kot und Harn		Milch		Differenzbestimmung = Respirations- und Gärungsverluste	
			% der Aufnahme		% der Aufnahme		% der Aufnahme
Gesamtmenge . . kg	67,8	43,7	= 64,5	9,14	= 13,5	14,9	= 22,0
Wasser kg	54,5	38,4	= 70,5	7,94	= 14,6	8,1 (+ 2,8)	= 14,9
Trockensubstanz . kg	13,24	5,311	= 40,1	1,17	= 8,8	6,76	= 51,6
Organ. Substanz . kg	11,88	4,035	= 33,9	1,11	= 9,3	6,74 (inkl. Ansatz)	= 56,6
Asche kg	1,33	1,276	= 95,9	0,056	= 4,1	—	—
Kohlenstoff . . . kg	5,39	2,178	= 40,4	0,60	= 11,1	2,61	= 48,4
Stickstoff g	289	233,6	= 80,8	49,5	= 17,1	6,07 (Ansatz)	= 2,1
Phosphorsäure . . g	98,2	77,7	= 79,1	18,3	= 18,6	—	—
Kali g	334	319,5	= 95,6	15,6	= 4,7	—	—
C in d. org. Substanz %	45,4	54,0		ca. 51		ca. 38	

Diese Zahlen bringen nichts Neues; sie zeigen erneut, daß die Veredlung der auf dem Felde gewachsenen Nährwerte durch das Tier mit sehr großen Verlusten verbunden ist. Von der aufgenommenen organischen Substanz veratmet das Tier über die Hälfte, während im Produkt Milch nicht ganz der zehnte Teil erscheint. Es sei aber nochmals darauf aufmerksam gemacht, daß ein eventueller Ansatz der Tiere nicht berücksichtigt werden konnte. Eine Kuh ging galt. Die Futterleistung ist deshalb unbedingt höher, als sie sich aus der Gegenüberstellung des Verdaulichen und des Produktes Milch ergibt. In dieser Beziehung will unsere Untersuchung nicht als genauer Versuch, sondern nur als Erhebung gewertet werden.

Der pro Kuh und Tag « veratmete » Kohlenstoff entspricht einer Kohlensäuremenge von 9,56 kg. K e l l n e r gibt allerdings an, daß bei seinen Respirationsversuchen mit ausgewachsenen Ochsen 7,3 % der aufgenommenen Energie des Futters in Form von Methangas abgegeben und für die Funktionen der Tiere 44,8 % verbraucht wurden.

Erwähnenswert ist weiter, daß im Durchschnitt pro Tier und Tag vom aufgenommenen Wasser 8,1 Liter durch die Lunge und Haut abgegeben werden, ein Wert, der mit K e l l n e r s c h e n (5) Befunden gut übereinstimmt. Das gesamte Wasser, das den Körper auf diesem Wege verläßt, ist um das bei der Verbrennung im Körper entstehende Wasser von rund 3 Liter größer.

V. Die Stalldünger.

1. Die Gülle.

a) Begriff und Bezeichnung.

Der Begriff Gülle ist nach D u d e n (6) westoberdeutsch und nach seiner Anwendung in der Fachliteratur vornehmlich schweizerisch. Er deckt sich im allgemeinen Sprachgebrauch nicht mit dem Begriff Jauche. Unter dieser wird der vergorene reine oder mit Wasser verdünnte Harn verstanden, während Gülle ein Gemisch von Kot und Harn ist, das zum Zwecke der leichteren Verteilung mit Wasser mehr oder weniger verdünnt wird. Nach den Angaben von J. N. V. S c h w e r z (7) ist man wohl in der Schweiz zuerst auf den Gedanken gekommen, Gülle für die Düngung der Wiesen herzustellen. Je nach den zur Güllebereitung verwendeten Anteile des Kotes können unterschieden werden :

Harngülle	ohne Kotzusatz
$\frac{1}{3}$ -Gülle;	möglichst viel Harn mit $\frac{1}{3}$ des anfallenden Kotes.
$\frac{2}{3}$ -Gülle;	möglichst viel Harn mit $\frac{2}{3}$ des anfallenden Kotes.
Vollgülle;	möglichst viel Harn, dem aller Kot beigegeben wird.

b) Anfall der Gülle.

In der Tabelle 6 wird angegeben, welche Verhältnisse sich im Hinblick auf die Verteilung der Düngstoffe bei Herstellung der verschiedenen Güllearten im untersuchten Betrieb ergeben.

Aus der Gesamtmenge ist zu erkennen, daß diese mit erhöhtem Zusatz von Kot stark ansteigt. Dieser Anstieg macht sich in der Praxis insofern deutlicher bemerkbar, als hier ein Teil des Harnes von der Einstreue aufgesogen wird und auf den Mist gelangt, also weniger Harngülle anfällt, als hier angegeben wird. Wo viel Gülle hergestellt werden soll, muß viel Kot mitverwendet werden.

Weil die in den Exkrementen ausgeschiedene organische Substanz zu rund $\frac{9}{10}$ im Kot enthalten ist, muß mit steigendem Kotzusatz zur Gülle die Menge und der Gehalt an organischer Substanz stark zu-

Tabelle 6.
Anfall unverdünnter Gülle je Kuh und Jahr.

Düngerstoff	Harngülle	1/3 Gülle	2/3 Gülle	Vollgülle	Vollgülle mit Einstreu
Gesamtmenge (unverdünnt) hl ¹ . . .	51,1	87,2	123,3	159,4	167,6
Organische Substanz q	1,77	6,10	10,43	14,76	20,6
Kohlenstoff q	0,84	3,21	5,58	7,9	10,7
Stickstoff kg	39,75	54,95	70,15	85,3	93,3
Stickstoff g i. Liter	7,8	6,3	5,7	5,35	5,6
Phosphorsäure kg	0,1	9,5	18,9	28,3	31,5
Phosphorsäure g i. Liter	0,1	1,1	1,5	1,8	1,9
Kali kg	97,1	103,6	110,1	116,6	122,7
Kali g i. Liter	19,0	9,3	8,9	7,3	7,3
Nährstoffverhältnis P ₂ O ₅ : N : K ₂ O	1 : 78 : 190	1 : 5,7 : 8,5	1 : 3,8 : 5,9	1 : 3,0 : 4,1	1 : 3 : 3,8

¹ Die Menge der Gülle wurde in q berechnet und ohne Korrektur für das spez. Gewicht in hl angegeben.

nehmen, nämlich die Menge von der Harngülle zur 1/3-Gülle um das 3 1/2fache, der Gehalt von 3,5 g auf 7,0 g pro Liter, die Vollgülle mit Einstreue enthält sogar über 12 g organische Substanz pro Liter; sie ist unverdünnt ein fast stichfester Brei. Es wird auf diese Tatsache hier ganz besonders deshalb hingewiesen, weil die Gülle von gewisser Seite heute noch nicht als organischer Dünger anerkannt oder zum mindesten erwähnt wird. Parallel mit der organischen Substanz geht der Gehalt an Kohlenstoff. Bevor auf die für den Stickstoff sich ergebenden Verhältnisse eingegangen wird, sei hervorgehoben, daß mit dem Zusatz von Kot das Verhältnis von Phosphorsäure und Kali sehr günstig verändert wird, während der Gehalt der ersteren stark zunimmt, kann für das Kali eine Gehaltsabnahme auf rund den dritten Teil festgestellt werden.

Der oft von der Gülle hervorgehobene Nachteil eines einseitigen Stickstoff-Kalidüngers trifft nur für die Harngülle, nicht aber für die kotreiche Gülle zu, wie dies besonders deutlich im Nährstoffverhältnis zum Ausdruck kommt. Wir erkennen daraus, daß die Vollgülle, im Gegensatz zur Harngülle und zu der von Sauerlandt (8) vertretenen Ansicht, tatsächlich zu einem harmonischen Volldünger wird.

c) Die Gärung der Gülle.

Ganz besondere Verhältnisse ergeben sich bei der Gülle für den Stickstoff, und zwar infolge seiner ungleichen Form der Bindung in Kot und Harn. Der Stickstoff des Kotes ist in schwerverdaulichen Ei-

weißstoffen vorhanden, er war den Verdauungssäften nicht zugänglich und kann von den Bakterien und Mikroben nur ungenügend als Nahrung verwendet werden. Im Harn ist der Harnstoff der eigentliche Träger des Stickstoffes, daneben sind als stickstoffhaltige Verbindungen zu treffen: die Harnsäure, Hippursäure und der Harnfarbstoff.

Lagernde Gülle geht rasch in Gärung über. Besonders auffallend ist dabei die Bildung von Ammoniak. Als Ausgangsprodukt hierfür kommt vor allem der Harnstoff in Frage, während namentlich die stickstoffhaltige Substanz des Kotes kaum verändert wird.

Reiner Harn allerdings kann unter Umständen während längerer Zeit aufbewahrt werden, ohne daß er eine stärkere Ammoniakbildung zeigt; wird er gar bei Temperaturen von nur wenigen Graden über Null aufgestellt, bleibt er sogar von der Gärung verschont. Die folgende Tabelle zeigt, daß der Harn verschiedener Kühe ungleiche Gärbereitschaft aufweisen kann.

Tabelle 7.
Ammoniakbildung in Harn verschiedener Kühe beim Lagern bei 4° und 15° C.

	Harn der Kuh 1				Harn der Kuh 2			
	1,36		11,25		0,18		8,71	
	Gesamtstickstoff g/l		Ammoniakstickstoff g/l		Gesamtstickstoff g/l		Ammoniakstickstoff g/l	
Lagerungstemperatur der Proben	4°		15°		4°		15°	
Nach Tagen	g/l	% v. GN	g/l	% v. GN	g/l	% v. GN	g/l	% v. GN
1	1,5	13,3	2,0	17,8	0,28	3,2	0,31	3,5
2	1,83	16,3	2,66	23,7	0,28	3,2	0,28	3,2
3	2,21	19,6	3,30	29,3	0,27	3,1	0,31	3,5
5	2,40	21,4	4,60	40,9	0,21	2,4	0,31	3,5
7	3,16	28,1	5,94	52,8	0,35	4,0	0,53	6,1
9	3,40	30,2	6,51	57,9	0,25	2,9	0,55	6,3
16	4,90	43,6	7,07	62,3	0,31	3,6	1,20	17,3
29	6,29	56,0	7,42	66,0	0,35	4,0	4,16	47,5
59	7,35	65,4	7,74	68,8	0,46	5,3	5,78	66,0
Temperatur bei allen 4 Proben gleich 14—16° C								
90	7,7	68,5	—	—	1,54	17,6	6,09	69,6
120	7,98	71,0	9,57	85	7,35	84,0	6,09	69,6

Während im Harn 1 bei der tiefen Temperatur von 4° C und während rund zwei Monaten $\frac{2}{3}$ des vorhandenen Stickstoffes in Ammoniak überführt waren, kann im Harn 2 in der gleichen Zeit ein Anstieg des

Ammoniakgehaltes analytisch gerade mit Sicherheit nachgewiesen werden. Bei diesen Versuchen wurde als maximale Umwandlung 85 % des vorhandenen Stickstoffes festgestellt, während nach Angaben der Literatur im Harn, der während längerer Zeit gelagert wird, meistens über 90—95 % des gesamten Stickstoffes (9) in Form von Ammoniak gefunden werden. Bei unseren Untersuchungen mag die Unvollständigkeit der Harnstoffumwandlung auf die besonderen Versuchsbedingungen (Flaschenversuch) zurückzuführen sein; bei Versuchen mit neuen Harnproben anderer Herkunft zeigten sich ähnliche Verhältnisse. Diese ändern aber, wenn der Harn mit Kot beschmutzt wird, worauf wir später noch zu sprechen kommen.

Über die Ursachen des ungleichen Verhaltens der beiden Harnen können wir nur Vermutungen aussprechen. Untersuchungen zur Abklärung dieser Frage wurden nicht durchgeführt; möglicherweise konnte sich der Harn der Kuh 1 stärker infizieren als der Harn 2. Es muß dieser Annahme um so mehr Gewicht beigemessen werden, als beim Auffangen des Harnes keine besonderen Vorkehrungen getroffen wurden.

Interessanterweise konnte die Harnstoffgärung durch Zusatz von Urease nur unwesentlich gefördert werden.

Tabelle 8.

Urease-Zusatz pro 1 Harn	Tage nach dem Ansatz					ges. N. g/l
	1	6	15	22	34	
	Gehalt an Ammoniakstickstoff g/l					
0 g	0,39	0,35	0,49	—	0,45	9,45
0,06 g	0,42	0,39	0,51	—	—	9,45
0,12 g	0,42	0,42	0,56	—	—	9,45
0,24 g	0,53	0,60	0,86	1,05	1,19	9,45

Trotzdem diese Harnproben bei 15—18° aufbewahrt wurden, machte die Harnstoffumwandlung innerhalb eines halben Monats nur geringe Fortschritte.

Wesentlich begünstigt wird die Gärung durch Zusatz von Kot. Im folgenden Versuch wurde Harn mit steigenden Mengen Kot versetzt und dem Gemisch die gleiche Menge Wasser zugesetzt; die Gülle war also 1:1 mit Wasser verdünnt. Der Gärungsverlauf ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

Innerhalb 17 Tagen sind vom kotfreien verdünnten Harn nur 3—4 % Ammoniakstickstoff mehr vorhanden als zu Anfang des Versuches, während bei Zusatz von Kot im Verhältnis 24 Teile Harn : 1 Teil Kot in der gleichen Zeit über 80 % des gesamten aus dem Harn stammenden Stickstoffes in Form von Ammoniak vorhanden sind. Die

Gärung verschiedener Kot-Harn-Gemische.

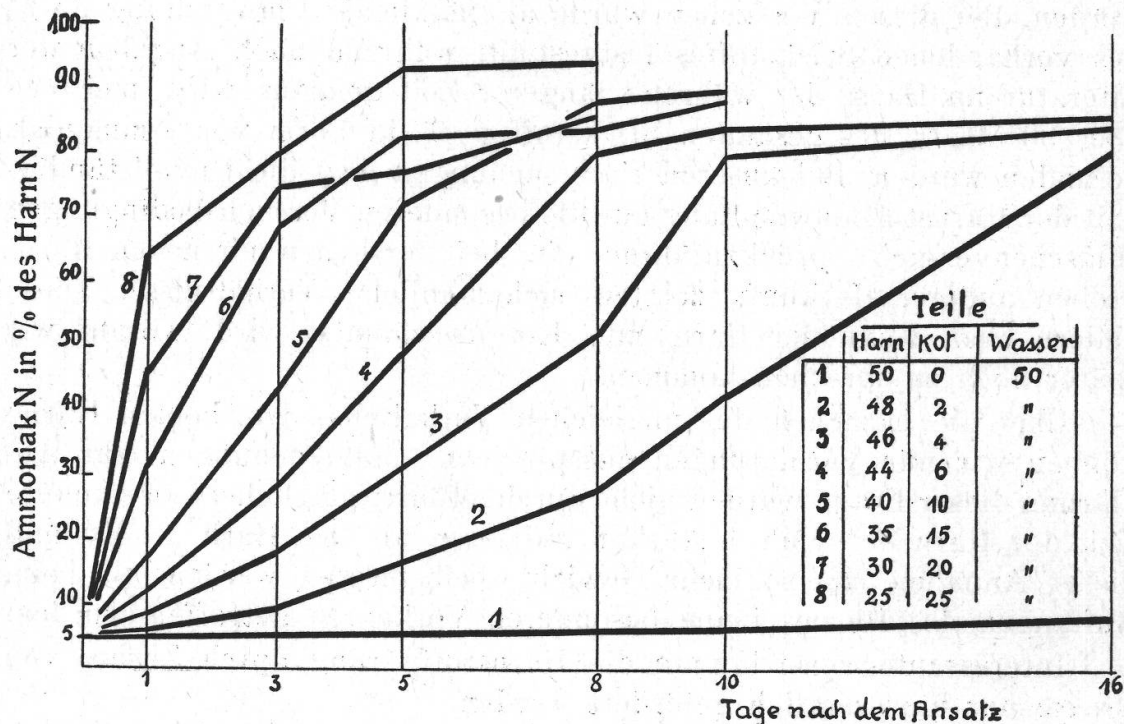


Abbildung 2.

Gärung setzt bei diesen Versuchen allerdings erst nach einigen Tagen stärker ein. Mit steigendem Kotzusatz nimmt aber die Gärungsintensität der Güllenprobe sehr stark zu. Im Gemisch von gleichen Teilen Kot und Harn, was ungefähr einer $\frac{1}{3}$ -Gülle entspricht, sind schon nach 4 Tagen 80 % des Harnstickstoffes in kohlen-saures Ammoniak umgewandelt, nach 6 Tagen erreicht die Umwandlung über 90 %.

Zeigt die Gärung beim Aufbewahren der Gülle in vorher gereinigten Gefäßen schon eine beachtliche Intensität, so muß diese in der Gülle-grube noch viel größer sein, wo die neuzufließende Gülle von alter, schon in Gärung stehender oder gar vergorener Gülle geimpft wird.

Übereinstimmend mit den in Darstellung 2 wiedergegebenen Verhältnissen zeigt die Darstellung 3 die Gärung von Harn-, $\frac{1}{3}$ -, $\frac{2}{3}$ - und Vollgülle, wobei wiederum die Menge des gebildeten Ammoniaks als Maßstab benützt wird, aufgetragen in % des gesamten Stickstoffes, der aus dem Harn in die Gülle gelangte. Dabei bleibt die aus dem Kot gebildete Ammoniakmenge unberücksichtigt. In der kotreichsten Gülle entfallen maximal 0,08 g Ammoniakstickstoff pro Liter auf die Bildung aus Kot¹. Aus diesen Untersuchungen müssen wir vor allem festhalten, daß *die Gülle sehr leicht und rasch in Gärung übergeht*, wobei der

¹ 3 Kotproben enthielten an Ammoniakstickstoff, frisch : 0,11—0,24 ‰, nach 43 Tagen 0,06—0,09 ‰; es scheint eine Festlegung des Ammoniakstickstoffes eingetreten zu sein.

Gärung der Gülle.

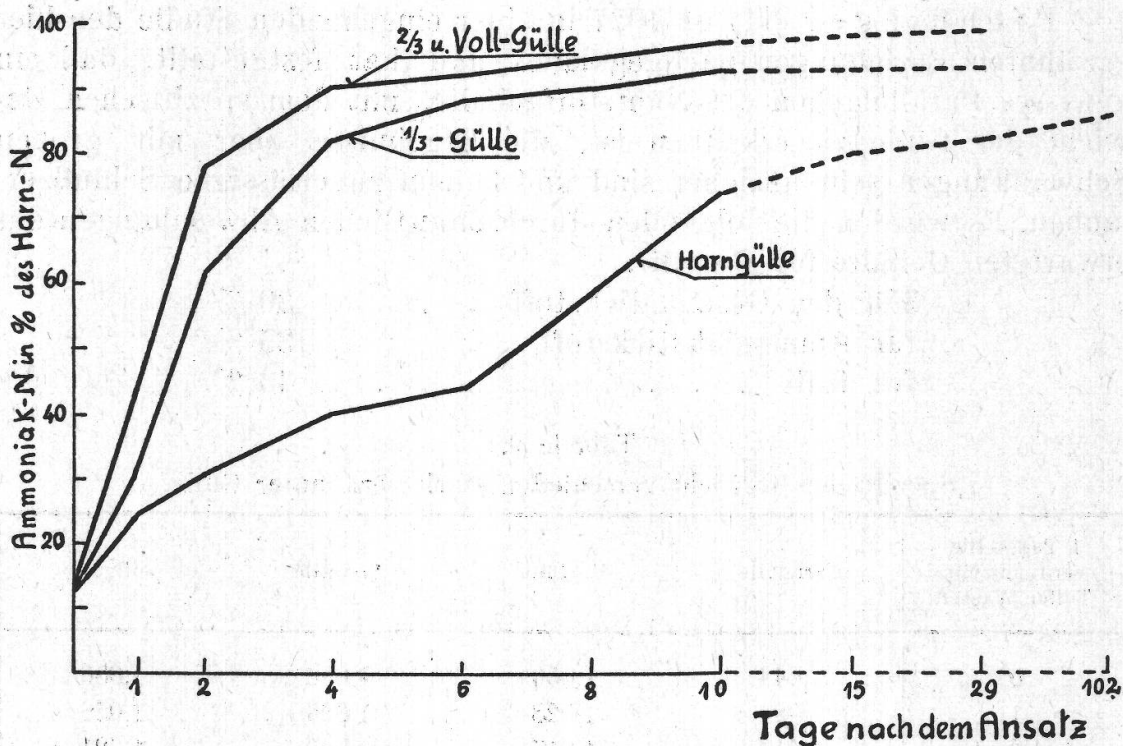


Abbildung 3.

Stickstoff des Harnes zum größten Teil in kohlensaures Ammoniak umgewandelt wird, während der Stickstoff des Kotes eine kaum merkbare Veränderung erfährt.

Wenn anderseits durch Kotzusatz zur Gülle der Gehalt an Gesamtstickstoff herabgesetzt wird, so muß sich dies in einer noch viel stärkeren Verdünnung des sehr gut wirksamen, allerdings auch leicht flüchtigen Ammoniaks auswirken. Erreicht der Ammoniakanteil in der nur mit Kot beschmutzten Harngülle über 90 %, so sinkt er für die $\frac{1}{3}$ -Gülle auf 70 %, für $\frac{2}{3}$ -Gülle auf über 50 % und für Vollgülle auf etwa 45 % des vorhandenen Stickstoffes.

Kotzusatz verbessert nicht nur das Nährstoffverhältnis der Gülle, sondern setzt gleichzeitig die Gefahr der Stickstoffverluste herab, kotreiche Gülle braucht deshalb nicht so stark verdünnt zu werden wie die Harngülle; die Praxis handelt aber meistens umgekehrt, sie verdünnt die gut zeichnende kotreiche Gülle stark. Nach diesen Untersuchungen ist es überflüssig, zur Unterstützung der Gärung die Gülle zu rühren oder die Güllegrube wenig tief und auf die Südseite der Scheune zu bauen. Dabei ist es wesentlich, daß nach den Untersuchungen von Truninger (10) die unvergorene Gülle eine ebenso gute oder gar bessere Nährstoffwirkung zeigt als die vergorene Gülle.

d) Beziehungen zwischen spez. Gewicht und Nährstoffgehalt der Gülle.

P f e n n i n g e r (11) ist 1927 in einer eingehenden Studie den hier erwähnten Beziehungen nachgegangen und hat festgestellt, daß ein gewisses Parallelgehen des Nährstoffgehaltes mit dem spezifischen Gewicht der Gülle zu erkennen ist, die Ergebnisse aber mit großen Schwankungen sehr unsicher sind und keinen zuverlässigen Schluß erlauben. Es wurden die folgenden durchschnittlichen Abweichungen der erwarteten Gehalte festgestellt :

Für den Gesamtstickstoff 30 %
 für Ammoniakstickstoff 35 %
 für Kali 43 %.

Tabelle 9.
 Spezifisches Gewicht verschieden stark verdünnter Gülle.

1 Teil Gülle verdünnt mit Teilen Wasser	Harngülle	1/3-Gülle	2/3-Gülle	Vollgülle
0	1,044	1,056	1,052	1,056
1	1,024	1,028	1,026	1,028
2	1,016	1,017	1,020	1,021
4	1,010	1,010	1,008	1,010

Ein Rückschluß aus dem spezifischen Gewicht der Gülle auf ihren Gehalt an Phosphorsäure, Kalk und Magnesia ist nicht zulässig. Diese Schlußfolgerungen sind durchaus verständlich, wenn an die Tabelle über die Zusammensetzung der verschiedenen Kotharngemische erinnert wird. In der Tabelle 9 sind die spezifischen Gewichte der Gülle bei verschieden starker Verdünnung zusammengestellt.

Gülle vom gleichen Verdünnungsgrad hat annähernd das gleiche spezifische Gewicht, gleichgültig ob gar kein, nur wenig oder viel Kot zugesetzt wurde. Für die wohl am meisten hergestellte Gülle mit dem 4fachen Wasserzusatz ergeben sich für praktisch gut übereinstimmende spezifische Gewichte die folgenden Nährstoffzahlen.

Tabelle 10.
 Bei 5facher Verdünnung sind in Gramm pro Liter enthalten bei

	Harngülle	1/3-Gülle	2/3-Gülle	Vollgülle
Spezifisches Gewicht . .	1,010	1,010	1,008	1,010
Phosphorsäure	0,00	0,22	0,3	0,38
Stickstoff	1,56	1,26	1,14	1,12
Ammoniakstickstoff . .	ca. 1,50	0,90	0,65	0,53
Kali	3,4	1,86	1,78	1,46

Bei gleichem spezifischem Gewicht hat Vollgülle ungefähr doppelt soviel Phosphorsäure wie die $\frac{1}{3}$ -Gülle und über 100mal mehr als die Harngülle. Können aus dem spezifischen Gewicht der Gülle nicht zuverlässige Angaben über den Nährstoffgehalt herausgelesen werden, so gibt es immerhin einen Anhaltspunkt über den Verdünnungsgrad. Nebenher wurden noch folgende spezifische Gewichte ermittelt :

- für feuchten Kot 1,04—1,06
- für Kot trocken 1,43 (im Vakuum befeuchtet)
- für Heu gemahlen 1,5 —1,6 » » »

e) Der Basengehalt der Gülle.

Im Hinblick auf die direkte Zuleitung des Silosaftes in die Güllegrube ist es erwünscht zu wissen, wieviel Säure die täglich von einer Kuh anfallende Gülle zu neutralisieren vermag. Näherungsweise ließen sich die in Frage stehenden Verhältnisse rechnerisch ermitteln. An den uns zur Verfügung stehenden Versuchsgülleproben konnten durch Elektrotitration mit der Antimonelektrode die folgenden Werte ermittelt werden :

Tabelle 11.

Neutralisationskraft in Äquivalenten bei : (zu gleichen Teilen mit Wasser vermischt)

	Harngülle	$\frac{1}{3}$ -Gülle	$\frac{2}{3}$ -Gülle	Vollgülle
Je Liter	0,38	0,30	0,244	0,196
In der Menge je Kuh und Tag	10,6	14,30	16,6	17,2

Wird bei der Herstellung von Silofutter beim Zusatz der Säure auf den Wassergehalt des Futters, soweit dies möglich ist, Rücksicht genommen, dann fließen von 100 Liter verwendeter, gebrauchsfertiger Mineralsäure mit 200 Säureeinheiten etwa 40 Säureeinheiten unneutralisiert ab (12), zu deren Neutralisation die Harngülle einer Kuh von 4 Tagen oder die kothaltige Gülle von 2—3 Tagen ausreichen würde. Es besteht also keine Gefahr, daß beim Einleiten des Saftes von Mineralsäuresilage in die Güllegrube diese angegriffen werde.

2. Der Stallmist.

a) Der Frischmistanfall.

Es ist selbstverständlich, daß der Anfall von Gülle und Stallmist unmittelbar voneinander abhängen. Der Frischmistanfall kann am einfachsten wie folgt angegeben werden :

Bei Herstellung von	Menge des anfallenden Frischmistes
Hargülle :	30 kg Kot + 1—2 kg Harn + kg Einstreue
$\frac{1}{3}$ -Gülle :	20 kg Kot + 1—2 kg Harn + kg Einstreue
$\frac{2}{3}$ -Gülle :	10 kg Kot + 1—2 kg Harn + kg Einstreue

In Güllebetrieben wird die Zusammensetzung des Mistes weitgehend durch die Zusammensetzung des Kotes bedingt, dies namentlich dann, wenn nur mäßige Einstreumengen zur Verfügung stehen. Wegen ungünstiger Einrichtung der Güllegruben im Lehrgut Roßberg wird vorläufig zur Hauptsache nur Hargülle hergestellt. Angenommen, es gelange sämtliche Einstreu und der zehnte Teil des Harnes in den Mist, dann ergeben sich je nach der Güllebereitung für die Stallmistproduktion die folgenden Verhältnisse :

Tabelle 12.

Menge und Gehalt des Frischmistes je Kuh und Tag.

Düngstoffe	Verwendete Ausgangsprodukte					Der Frischmist		
	$\frac{1}{10}$ Harn	Ein- streu ¹	Aller Kot	$\frac{2}{3}$ Kot	$\frac{1}{3}$ Kot	Aller Kot	$\frac{2}{3}$ Kot	$\frac{1}{3}$ Kot
	g	g	g	g	g	g	g	g
Gesamtmenge	1400	2210	30 000	20 000	10 000	33 600	23 600	13 600
Trockensubstanz	90	1830	4 400	3 000	1 500	6 320	4 920	3 420
Organische Substanz	50	1600	3 600	2 400	1 200	5 250	4 050	2 850
Kohlenstoff	20	740	1 950	1 300	650	2 710	2 060	1 410
Stickstoff	11	22	124,7	83,2	41,6	158	116	74,6
Phosphorsäure	—	10	77,5	51,6	25,8	87,5	61,6	35,8
Kali	26,6	8	53,5	35,6	17,8	89	71	52,8
C : N-Verhältnis im Mist						17 : 1	17,8 : 1	18,8 : 1

¹ Als Einstreu wurde das beim Dreschen mit den Blättern und Spelzen anfallende Kurzstroh («Ghüsel») verwendet.

b) Die Bedeutung des C:N-Verhältnisses.

Für die Wirkung des Stallmistes ist sowohl der absolute Gehalt an Pflanzennährstoffen als auch das Verhältnis Kohlenstoff : Stickstoff maßgebend. Dieses regelt namentlich die Wirkung des Stickstoffes. Nach Untersuchungen von H. Engel (13), die sich mit den Beobachtungen der Praxis decken, führen organische Dünger mit einem weiteren C:N-Verhältnis als 20:1 zu Ertragsdepressionen. Es kommt dabei allerdings noch darauf an, wie groß der Anteil an leicht zersetzbarer Substanz ist. So würde Hochmoortorf, trotz seines weiten C:N-Verhältnisses von rund 50:1, nicht zu einer Herabsetzung der Stickstoffwirkung und damit einem Ertragsausfall führen, während dies beim wesentlich leichter zersetzbaren Stroh der Fall ist. Die Praxis hat dieses

Verhalten des Mistes schon lange erkannt und wenn immer möglich nur verrotteten Mist verwendet.

Der im untersuchten Betrieb anfallende Frischmist weist zufolge eines relativ engen C:N-Verhältnisses im Kot und dem gegenüber Stroh beachtlichen Stickstoffgehalt der Einstreue ein enges C:N-Verhältnis auf. Im Winter 1941 aus verschiedenen Schichten eines größeren Miststapels des Lehrgutes Roßberg untersuchte Proben zeigten das C:N-Verhältnis von 15,9—17,6:1, trotzdem der Mist wegen großer Kälte am Stock nur wenig verrotten konnte. Für die eben erwähnten Proben wurde ein entsprechend hoher Stickstoffgehalt gefunden, nämlich auf die Trockensubstanz bezogen 2,44—2,66 %, während er sich für den Kot allein auf 2,8 % berechnen läßt. Im Vergleich hierzu wurde in Kotproben aus andern Betrieben die folgenden Stickstoffwerte gefunden: 2,2 % und 2,5 % bei Sommerfütterung; 2,2—2,6 % bei Winterfütterung.

Die großangelegten Stallmistlagerungsversuche von Scheffer und Zöberlein (14), Maiwald und Siegel (15) zeigen deutlich, daß im lagernden Stallmist nur geringe Stickstoffverluste auftreten, solange das C:N-Verhältnis über oder nur wenig unter 20 liegt und der Stickstoffgehalt der Stallmist-Trockensubstanz 2 % nicht übersteigt. Es ergibt sich hieraus für den auf dem Lehrgut Roßberg anfallenden Mist die Notwendigkeit, dafür zu sorgen, daß er am Stock möglichst wenig verrottet. Stärkere Rotte würde zu nennenswerten Stickstoffverlusten führen und ist, weil vom unverrotteten Frischmist schon eine sehr gute Düngerwirkung erwartet werden darf, nicht nötig.

Verschwiegen darf allerdings nicht werden, daß die meisten deutschen Versuche mit Mist durchgeführt wurden, dem bei viel Einstreue der größte Teil des Harnes beigemischt wurde. Es ist nicht ausgeschlossen, daß harnarmer Mist bei längerer Lagerungsdauer auch dann nur geringe Stickstoffverluste aufweist, wenn er schon von Anfang an ein unter dem Wert 20 liegendes C:N-Verhältnis aufweist, eine Frage, die erst noch durch Versuche abzuklären ist. Bei unseren Lagerungsversuchen mit Kot wurden aus diesem nur ganz geringe Ammoniakmengen gebildet, dabei lagen aber nicht Verhältnisse vor, wie sie sich in Stallmist finden, sondern sie entsprachen jenen der Gülle; der Kot wurde mit der 4fachen Menge Wasser verdünnt.

Über die Veränderung des Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnisses von Frischmist mit verschiedener Einstreuemenge geben die folgenden Darstellungen Auskunft, wobei Stroh als Einstreue in Rechnung gesetzt wurde. Sie geben die Verhältnisse an, wenn der Kot ein C:N-Verhältnis von 15:1 bzw. von 20:1 aufweist. Wir können daraus erkennen, daß bei durchschnittlicher Verdaulichkeit des Futterproteins der anfallende Stallmist mit $\frac{1}{10}$ der Harnmenge und bei 2 kg Einstreue nur dann eine stärkere Rotte benötigt, wenn nur $\frac{1}{3}$ des anfallenden Kotes auf den Miststock gebracht wird; wird aber mehr Kot auf den Mist gegeben,

Abbildung 4.

C:N-Verhältnis des Frischmistes

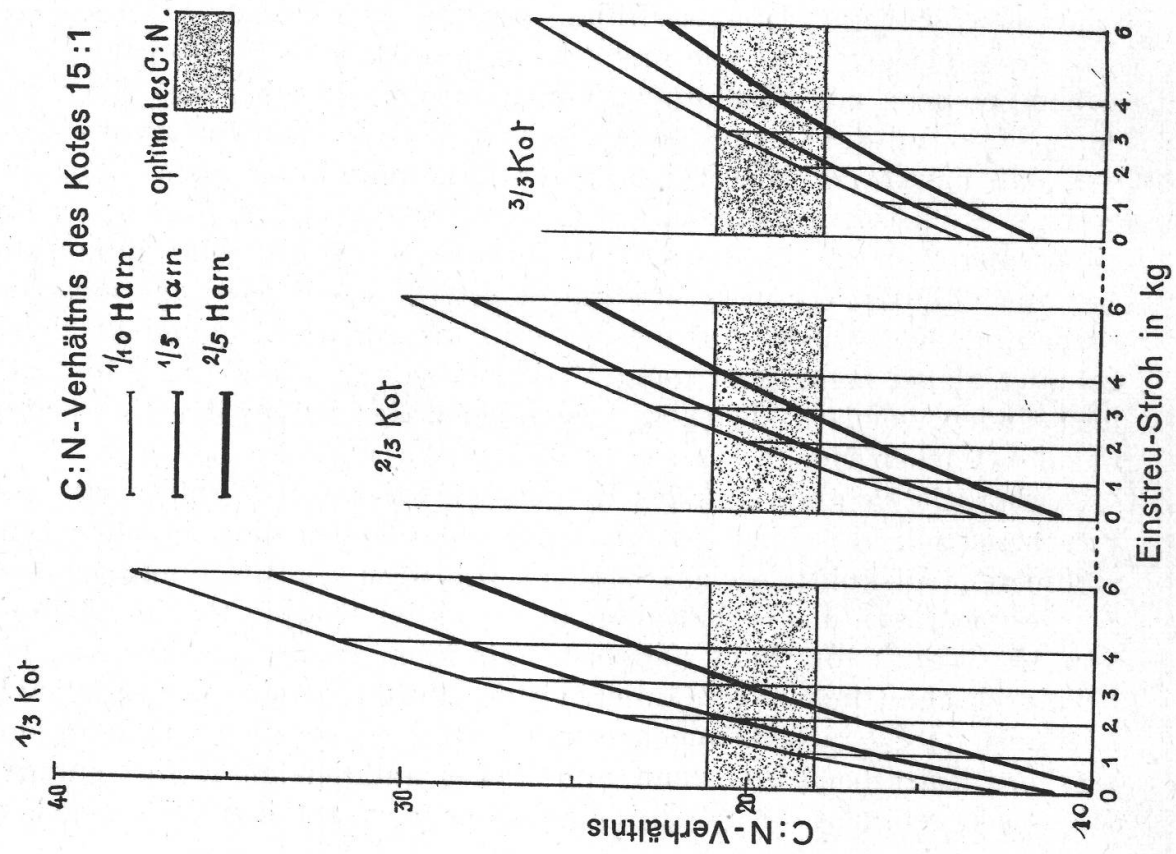
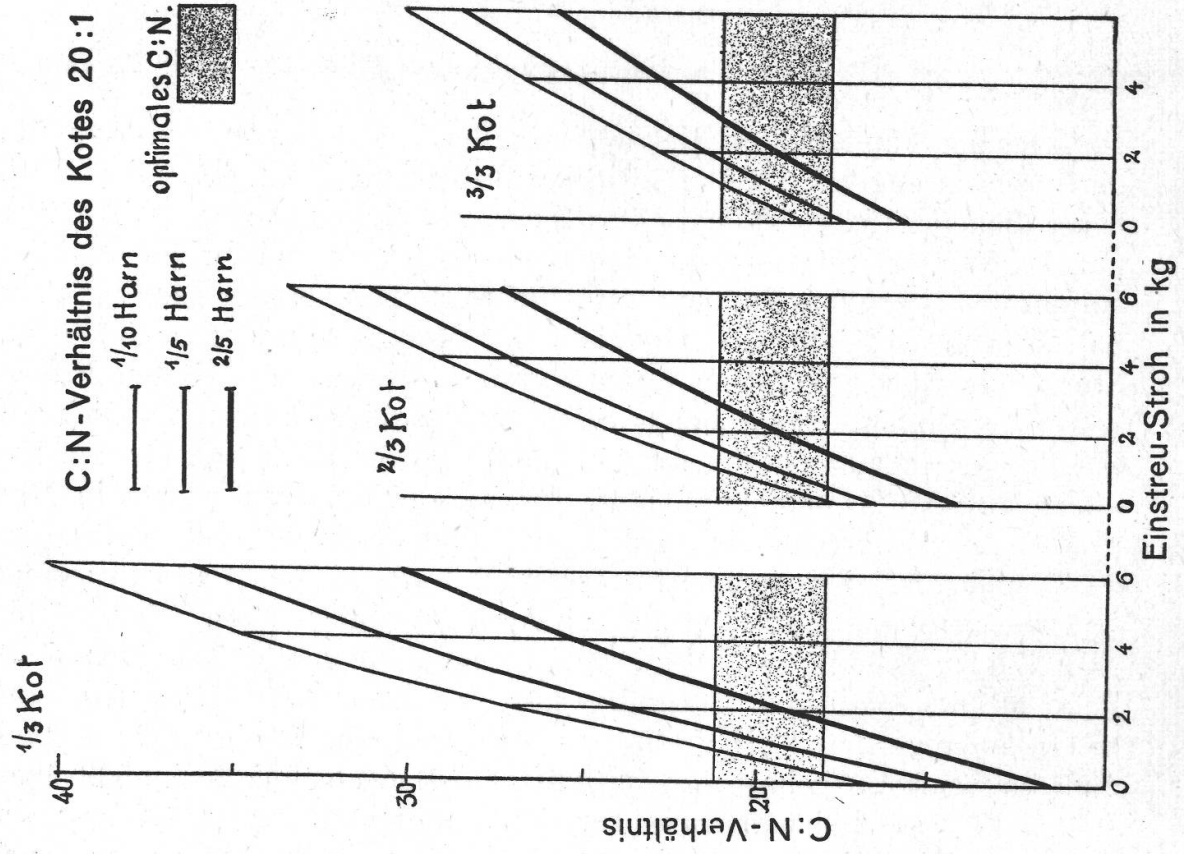


Abbildung 5.



darf er schon nach kurzer Lagerungsdauer auch unmittelbar vor dem Anpflanzen ausgebracht werden, ohne befürchten zu müssen, es könnten infolge starker Bakterienentwicklung Ertragsdepressionen auftreten. Wird $\frac{1}{3}$ des Harnes vom Mist zurückbehalten, wie dies namentlich in Ställen mit gewöhnlichen Schorrgraben der Fall ist, dann weist der Frischmist ein C:N-Verhältnis auf, das auch nur mit $\frac{1}{3}$ Kot ganz wenig über 20 liegt. Wesentlich ungünstiger liegen die Ausgangsbedingungen dann, wenn der Kot ein C:N-Verhältnis von 20:1 aufweist. Hier ist eine mäßige Rotte des Mistes auch dann noch erwünscht, wenn er den fünften Teil des anfallenden Harnes enthält.

Mit steigender Einstreuemenge nimmt das C:N-Verhältnis rasch zu, selbstverständlich steigt damit auch der Gehalt an leicht zersetzbaren Stoffen. Es ist zu erwarten, daß ein strohreicher Mist auch dann noch ertragsschädigend wirken würde, wenn sein C:N-Verhältnis wenig unter dem Wert 20:1 liegt. Von einem solchen Mist muß eine stärkere Rotte verlangt werden als von stroharmem Mist. Sie ergibt sich übrigens sozusagen ohne weiteres infolge der Lagerungsbedingungen. Der strohreiche Mist enthält viel Luft, er läßt sich durch Treten nicht so dicht pressen, und die Organismen finden sehr günstige Lebensbedingungen. Immerhin kann auch hier durch rasches Hochschichten der Eigendruck des Mistes gut in den Dienst einer Herabsetzung der Rotte gestellt werden.

c) Der Nährstoffgehalt des Frischmistes.

Ist es wichtig, für die Berechnung des jährlichen Anfalles die absoluten Mengen zu wissen, so lassen sich für Vergleiche hinsichtlich der Düngerqualität besser die prozentualen Gehaltszahlen verwenden. In der folgenden Tabelle sind diese für Frischmist unter der Annahme berechnet, daß nur $\frac{1}{3}$ bzw. $\frac{2}{3}$ und aller Kot verwendet werde; diesen Werten werden die Analysen von Stallmistuntersuchungen vom Roßberg bzw. einer Stallmistenquête aus der ganzen Schweiz, über 300 Proben umfassend, gegenübergestellt.

Tabelle 13.

Zusammensetzung des Frischmistes vom Lehrgut Roßberg.

	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$ Kot	Zum Vergleich, Gehalt des Mistes beim Ausbringen	
				Roßberg 3 Proben	In der Schweiz 326 Proben
Trockensubstanz	18,8	20,8	25	20,6	23
Organische Substanz . .	15,6	17,2	21	16,7	17,2
Kohlenstoff	8,1	8,7	10,4	8,4	9,0
Stickstoff	0,47	0,49	0,55	0,52	0,51
Phosphorsäure	0,26	0,26	0,26	0,27	0,31
Kali	0,265	0,30	0,39	0,41	0,59

Da im Stallmist außer der Kotmenge auch die von der Einstreue zurückgehaltene Menge Harn wechseln kann, können auf Grund der Zusammensetzung des Stallmistes nur unter Vorbehalt Schlüsse über die mengenmäßige Verwendung der verschiedenen Ausgangsprodukte gezogen werden. Eindeutig ist zu entnehmen, daß der kotreiche Frischmist wasserreicher ist als kotarmer Mist. Während der Phosphorsäuregehalt des Mistes für die drei verschiedenen Kotmengen praktisch gar nicht ändert, zeigen der Stickstoff eine unwesentliche und das Kali eine beachtliche Zunahme. Verglichen mit den schweizerischen Gesamtmitteln ist der Stallmist vom Roßberg naß, phosphorsäure- und kaliarm, aber stickstoffreich; auf 23 % Trockensubstanz umgerechnet enthält er 0,58 % Stickstoff. Der tiefe Gehalt des Frischmistes an Phosphorsäure läßt sich durch den tiefen Gehalt des Rauhfutters erklären. Wohl erwies sich dieses auch nicht als kalireich, es scheint aber, daß während der Untersuchungsperiode ein übermäßiger Anteil des Kalis im Harn und ein zu geringer Anteil im Kot ausgeschieden wurde. Bei den vorliegenden Kotuntersuchungen wurden nur 0,14—0,2 %, für die Hauptmenge 0,18 % Kali ermittelt, während die Kotproben, unter ähnlichen Fütterungsbedingungen erhalten, ein Jahr früher 0,32 % Kali enthielten. Sehr wahrscheinlich wird andererseits der hohe Kaliwert für das schweizerische Mittel durch größere Harnzusätze zum Stallmist erreicht, wie dies namentlich für die Berggegenden statistisch eindeutig nachgewiesen werden kann (16).

VI. Die Stalldünger des ganzen Betriebes.

Berechnen wir für 14 Großtiereinheiten den Düngieranfall für ein Jahr, dann ergeben sich ungefähr die in Tabelle 14 angegebenen Verhältnisse :

Tabelle 14.

Stalldüngermenge eines 11,5-Hektaren-Betriebes mit 33 % Ackerland.

	Harngülle	Stallmist		Total	Düngermenge pro Hektare
		frisch	verrottet		
Gesamtmenge	650 hl	1700	1400	2350	
(5fach verdünnt)	3250 hl				
Organische Substanz q	20	270	220	240	ca. 20
Stickstoff kg	500	800		1300	110
Phosphorsäure kg	2	450		450	40
Kali kg	1200	450		1650	145

Gewiß sind die Tiere nicht während des ganzen Jahres im Stall, auch ist die Verteilung der Exkremeute auf Gülle und Mist nicht für alle Tierarten gleich. So wird namentlich der Schweinemist sehr oft ausschließlich in die Gülle gegeben. Für die Nährstoffversorgung des ganzen Betriebes sind diese Verhältnisse vorerst von untergeordneter Bedeutung. Wichtig ist es zu wissen, welche Nährstoffmengen in den Stalldüngern zur Verfügung stehen.

Wird für den Stalldüngerstickstoff mit einem Verlust von rund 10 % gerechnet, dann entfallen auf die Fläche von einer Hektare im Jahresmittel 40 kg Phosphorsäure, 100 kg Stickstoff und 145 kg Kali. Es sind dies Nährstoffmengen, die eine rasche Verarmung des Bodens verhindern und ihrer günstigen Wirkung entsprechend sehr viel zur Ertragssicherung der Böden beitragen. Der durchschnittliche Nährstoffentzug ist aber größer, und eine Ergänzung durch Handelsdünger ist nötig, diese wird steigen, je mehr die Feldfrüchte direkt auf den Markt gelangen.

VII. Die Bedeutung der organischen Substanz.

Vorausgesetzt, daß von der organischen Substanz der Dünger $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ beim Rotteprozeß verloren gehe — wo kotreiche Gülle hergestellt wird, ist der Rotteverlust kleiner — dann gelangen noch rund 20 q pro Hektare auf das Feld. Davon ist aber der größte Teil zersetzbar. Nach Untersuchungen von Scheffer und Zöberlein (14) sind im Stallmist 25—30 % Rohlignine enthalten, die nur schwach abbaubar sind, während der Rest aus Hemizellulose, Zellulose, wasser- und ätherlöslichen Stoffen besteht. Nach dem Verhalten der verschiedenen Stoffgruppen im Boden muß mit einem weitgehenden Abbau der organischen Substanz der Stalldünger gerechnet werden, so daß innerhalb eines Jahres über $\frac{2}{3}$ davon verschwinden. Es stimmt diese Schlußfolgerung sehr gut mit unsern Befunden eines Zersetzungsversuches in Vegetationsgefäßen überein, wobei für die Bestimmung des Zersetzungsgrades auf den Gesamtkohlenstoffgehalt des vorher gedüngten Bodens abgestellt wurde. Untersucht wurden drei verschiedene Torfarten, Weizenstroh, Kuhkot, Trockengras und Buchenholzsägespäne. Über die Zusammensetzung der verwendeten Materialien gibt die Tabelle 15 und über die Zersetzung die Tabelle 16 Auskunft.

Nach den Angaben der beiden Tabellen ist eine deutliche Abhängigkeit der Zersetzbarkeit der Materialien vom Ligningehalt der organischen Substanz zu erkennen. Die Zersetzung ist um so stärker, je ligninärmer die organische Substanz ist. Diese Feststellung läßt sich sogar an den verschiedenen Torfproben machen. Es scheinen aber auch noch andere Momente und Stoffgruppen von Einfluß zu sein. Nur so erklärt es sich, daß der Kuhkot mit 23,3 % Lignin stärker abgebaut wird als Stroh mit 17,1 % und Buchenholz mit 15,1 % Lignin.

Tabelle 15.
Zusammensetzung nach Stoffgruppen verschiedener Materialien (lufttrocken).

	Torf			Buchenholz	Weizenstroh	Kuhkot	Trockengras
	Übergangsmoor	Hochmoor Rothen- thurm	Hochmoor (holländ.)				
Asche	37,2	1,95	1,6	0,55	5,6	18,1	13,7
Organische Substanz	48,8	95,6	94,2	92,3	85,7	75,5	78,0
Kohlenstoff = C Total	28,1	51,6	48,4	42,4	41,5	39,6	38,1
Stickstoff = N	1,28	1,1	0,9	0,16	0,34	2,2	3,2
C : N	21,9	47,7	53,2	265	12,2	17,7	12,0
C in organischer Substanz	57,6	54,0	51,4	45,9	48,5	51,6	48,8
Äther-Extrakt	0,7	3,3	3,0	0,9	1,1	3,2	5,0
Alkohol-Extrakt	1,2	3,3	2,9	0,5	0,5	—	1,9
H ₂ O-Extrakt (org. Substanz)	0,7	0,6	8,5	7,0	4,1	5,8	19,2
Hemizellulose	8,8	7,2	17,8	9,2	22,5	15,5	12,85
Zellulose	1,6	18,0	16,5	36,5	45,6	15,9	18,7
Lignin (Rohlignin)	25,3	41,3	30,1	14,0	14,6	17,6	3,15
Lignin in der organischen Substanz	52,0	43	32,0	15,1	17,1	23,3	4,1

Tabelle 16.

Abbau verschiedener Materialien im Boden.

	Monate nach dem Versuchsbeginn			
	4	9	12	17
	Zersetzung gemessen am C-Gehalt			
	%	%	%	%
Übergangsmoortorf	+0	+0	+0	+0
Hochmoortorf Rothenthurm	+0	2	—	3
Hochmoortorf holländisch	+0	6	4	12
Buchenholz (Sägespäne)	17	22	38	54
Weizenstroh	29	55	55	69
Kuhkot	50	60	59	65
Trockengras	72	78	77	79

Für die Beantwortung der Frage, wie der Humusgehalt eines Betriebes durch die sorgfältige Gewinnung und Verteilung der Stalldünger im Durchschnitt der Jahre beeinflußt wird, können wir aus dieser Untersuchung entnehmen, daß in aktivem Boden rund $\frac{2}{3}$ der organischen Substanz des Stallmistes schon innerhalb eines Jahres abgebaut und verflüchtigt werden können, sofern Stroh und nicht Torf als Einstreue verwendet wird.

Siegel (18) schließt aus vergleichenden Versuchen sogar, daß nach Jahren nur noch 3,3—4,6 % der organischen Substanz des zugeführten Stallmistes im Boden als Humus erhalten bleiben. Nach Untersuchungen der bayerischen Landesanstalt (19) konnte gegenüber ungedüngten Parzellen nach 10 Jahren regelmäßiger Stallmistdüngung von 200 q pro Hektare keine Humusanreicherung des Bodens festgestellt werden. Unter humiden Bedingungen und in schwerem Boden vollzieht sich der Humusabbau oft sehr langsam, nicht selten kann nach Ablauf eines Anbaujahres der Stallmist scheinbar nur wenig vermodert wieder heraufgepflügt werden.

Mittlere Bedingungen vorausgesetzt, darf angenommen werden, daß von den durchschnittlich 20 q organischer Substanz, die im untersuchten Betriebe pro Hektare und Jahr anfällt, nach einem Jahr nur noch 6—8 q im Boden vorhanden sind, was einer Humusanreicherung von 0,02 % entspricht. Auf diese Feststellung wird deshalb hingewiesen, weil heute noch in Praktikerkreisen und auch in der Fachliteratur die Meinung anzutreffen ist, die hauptsächlichste Aufgabe des Stallmistes bestehe darin, das Humuskapital des Bodens zu vermehren (20).

VIII. Zusammenfassung.

Zusammenfassend ergibt sich aus der vorstehenden Untersuchung folgendes :

1. Bei Knappheit der Düngerversorgung und für äußerst zweckmäßige Anwendung der Dünger ist die genaue Kenntnis der anfallenden Hofdünger und die Nährstoffverteilung auf Stallmist und Gülle unerlässlich.
2. Im Vergleich zu Mittelwerten zeigte das Futter des untersuchten Betriebes unterdurchschnittlichen Phosphorsäure- und Kaligehalt.
3. Vom aufgenommenen Futter gingen in die Exkreme als Düngstoffe über :
 - 33 % der organischen Substanz mit 40 % des Kohlenstoffes,
 - 95 % der Asche,
 - je rund 80 % des Stickstoffes und der Phosphorsäure und über 95 % des Kalis.
4. Die Nährstoffe der Exkreme verteilten sich auf *Kot und Harn* im Verhältnis von :
 - 53 : 47 beim Stickstoff (es kann das umgekehrte Verhältnis eintreten),
 - 99 : 1 bei der Phosphorsäure und
 - 17 : 83 beim Kali (der Kotanteil ist als tief zu taxieren).
5. Reiner Harn vergärt zum Teil sehr langsam, Zusatz von Urease vermochte die Umwandlung des Harnstoffes nicht stark zu fördern. Die Gärung wird durch Beschmutzung oder Zusatz von Kot stark beschleunigt; in der Güllegrube ist der Harn innert 2—3 Tagen vollständig vergoren. Eine Ausnahme kann nur bei ganz tiefer Temperatur entstehen. Der Kot wird in der Gülle nicht merkbar zersetzt.
6. Kotzusatz zur Gülle erhöht die Menge und wirkt ausgleichend auf das Nährstoffverhältnis. Kotreiche Gülle muß bei gleicher Stickstoffmenge weniger triebig sein als Harngülle.
7. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Gülle zum Zwecke der ungefähren Ermittlung des Nährstoffgehaltes kann zu starken Fehlschlüssen führen; sie gibt aber einen sehr guten Anhaltspunkt über den Verdünnungsgrad der Gülle.
8. Die täglich von einer Kuh anfallende Gülle vermag 10—17 Säureeinheiten (Äquivalente) zu neutralisieren.
9. Der im Lehrgut Roßberg anfallende Frischmist weist ein enges C : N-Verhältnis auf; um die Stickstoffverluste dieses Stallmistes während dem Lagern klein zu halten, ist er rasch hoch zu stapeln, wodurch die Rotte herabgesetzt wird. (Der Einfluß der Einstreu auf das C : N-Verhältnis wird durch zwei Darstellungen gezeigt.)

10. Der Stallmist zeigt, selbst unter Berücksichtigung des Rotteeinflusses, normalen Stickstoff-, aber unterdurchschnittlichen Gehalt an Phosphorsäure und Kali.
11. Stroh, Sägemehl und Kot zeigen im Boden ähnlich rasche Zersetzung; sehr gering ist sie im Hochmoortorf, während Übergangsmoortorf fast nicht zersetzt wird; Mist mit Torfeinstreu würde zu einer rascheren Anreicherung des Humusgehaltes der Böden führen als Mist mit Stroh oder Sägespänen als Einstreu. Durch die Stalldünger darf jährlich mit einer durchschnittlichen Anreicherung des Humusgehaltes einer Bodenschicht von 20 cm von maximal 0,02 % gerechnet werden. In dieser Hinsicht wird die momentane Wirkung der Stalldünger meistens stark überschätzt.
12. Für einen 11-Hektaren-Betrieb mit $\frac{1}{3}$ offenem Ackerland und nur mäßig mit Nährstoffen versehenem Boden kann mit folgendem Nährstoffumlauf gerechnet werden :

	Total	pro Hektare
Stalldünger ohne Wasserzusatz	2350 q	ca. 200 q
Organische Substanz	290 q unverrottet	
(» »	240 q verrottet)	ca. 20 q
Stickstoff	1300 kg	ca. 100 kg
Phosphorsäure	450 kg	40 kg
Kali	1650 kg	145 kg

Literatur.

1. Stettbacher, A.: Kolorimetrische Borbestimmung in Düngern und Böden. Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene **29**, 201 (1938).
2. Bertrand, G.: Recherches sur la teneur comparat. en bore de plantes. Annales agronomiques **6**, 537 (1936).
3. Liechti, P. und Moser, W.: Beitrag zur Chemie des Kuhharnes und der Gülle. Landw. Jahrbuch der Schweiz **20**, 580 (1906).
4. Geering, J.: Übergärung und Dürrfutterwert. Schweiz. Landw. Monatshefte **17**, 39 (1939).
5. Kellner, O. und Köhler, A.: Nahrungs- und Energiebedarf volljähriger gemästeter Ochsen. Landw. Versuchsstationen **50**, 245 (1898).
6. Der große Duden. Rechtschreibung der deutschen Sprache. Leipzig 1941.
7. Schwerz, J. N. V.: Anleitung zum praktischen Ackerbau. 2. Aufl. Tübingen (1837).
8. Sauerlandt, W.: Neue Aufgaben in der Güllewirtschaft. Sonderheft 17 des Forschungsdienstes, S. 117 (1941). S. vertritt die Auffassung, die Dünngülle (verdünnte Gülle) sei ein einseitiges Stickstoff-Kali-Düngemittel.
9. Liechti, P. und Truninger, E.: Zur Frage des Gehaltes der Gülle an Pflanzennährstoffen. Landw. Jahrbuch der Schweiz **27**, 459 (1913).
10. Truninger, E.: Muß die Gülle vor dem Ausbringen vergoren sein oder nicht? Schweiz. Landw. Monatshefte **5**, 73 (1927).

11. Pfenninger, U.: Beziehungen zwischen spez. Gewicht, Stickstoff- und Kaligehalt der Gülle. Landw. Jahrbuch der Schweiz **41**, 325 (1927).
 12. Vergl. Menge, Gehalt und Verwendung des Silosaftes. Schweiz. landw. Zeitschrift **70**, 410 (1942).
 13. Engel, H.: Über die Zersetzung und Wirkung der Strohdünger im Boden. Z. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde A **20**, 43 (1931).
 14. Scheffer, F. und Zöberlein, H.: Untersuchungen über die zweckmäßigste Gewinnung und Behandlung des Stallmistes. Bodenkunde und Pflanzenernährung **50**, 47 (1937).
 15. Maiwald, K. und Siegel, O.: Untersuchung über Lagerung und Wirkung von Stalldünger. Bodenkunde u. Pflanzenernährung **50**, 70 (1937).
 16. Gisiger, L. und Werner, F.: Untersuchungen über den Stallmist. Landw. Jahrbuch der Schweiz **54**, 142 (1940).
 17. Siegel, O.: Humusanreicherung durch Stallmistzufuhr. Sonderheft 17 des Forschungsdienstes 119 (1941).
 18. Cit. n. Springer, U.: Bodenkunde u. Pflanzenernährung **21/22**, 501 (1940).
 19. Springer, U.: Humifizierung und Zersetzung und ihre Bestimmung in Torfen, Stallmisten und andern org. Bildungen. Bodenkunde und Pflanzenernährung **18**, 129 (1940).
-