

Lehr- und Versuchsanstalt des Landes Sachsen-Anhalt
(LVA)

Bernburger Agrarberichte

Heft 3 / 1996

Inhalt:	Seiten
Vorwort	
Der natürliche Humusbedarf in Abhängigkeit vom Standort KÖRSCHENS, M.	1 - 11
Humuswirtschaft in Marktfruchtbetrieben DEBRUCK, J.	11 - 18
Technische Erfordernisse einer sachgerechten Stroh- und Gründüngung SCHMIDT, D.	19 - 29
Der Praktiker im Umgang mit der organischen Düngung SCHMIDT, Chr.	30 - 41
Wirkung von Produkten der Gülleaufbereitung auf Pflanzenertrag, N-Aufnahme und Nmin-Gehalt im Boden NITSCHKE, A.	42 - 53

Redaktion: Dr. R. Richter
Frau S. Richter

technische
Bearbeitung: Frau A. Rossol

Herausgeber: Lehr- und Versuchsanstalt des Landes
Sachsen-Anhalt für Acker- und Pflanzenbau
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg

Die Beiträge geben die Auffassung der Verfasser wieder.

Bernburg, den 23.07.1996

Vorwort

Der Boden gehört zu den wichtigsten Existenzgrundlagen der Menschen. Voraussetzung für die Bodenbildung ist die organische Substanz. Sie ist ein wesentliches Merkmal seiner Fruchtbarkeit und bestimmt weitgehend die chemischen, biologischen und physikalischen Bodeneigenschaften, insbesondere die Stickstoffnachlieferung.

Die Sicherung einer nachhaltigen Bodennutzung und damit der Schutz des Bodens im weitesten Sinne unter gleichzeitiger Vermeidung von Umweltbelastungen ist für den Bestand zukünftiger Generationen unerlässlich.

Unter diesem aktuellen Anlaß führte die Lehr- und Versuchsanstalt in Bernburg im Dezember 1995 eine Vortragstagung durch.

Die Beiträge der Referenten zum Thema „Organische Düngung für erfolgreiches Wirtschaften“ beinhaltet das vorliegende Heft.

Die Redaktion

Der natürliche Humusbedarf in Abhängigkeit vom Standort

Martin Körschens

1. Einleitung

Der Boden ist die Grundlage der Nahrungsmittelproduktion. 98 % aller Nahrungsgüter werden über den Boden erzeugt. Die gegenwärtige Situation in der Welt ist durch krasse Gegensätze gekennzeichnet. Überproduktion auf der einen, Mangel und Hunger auf der anderen, weitaus größeren Seite. Folgende Fakten sind zu verzeichnen:

- 13 Millionen Menschen verhungern jährlich
- 800 Millionen Menschen leiden unter Hunger
- täglich sterben 25 000 Menschen an den Folgen unzureichender Trinkwasserversorgung
- etwa 14 Millionen Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche gehen jährlich verloren, das sind annähernd 1 %
- nach dem derzeitigen Erkenntnisstand werden die Kohlevorräte noch etwa 200 Jahre und die Vorräte an Erdöl und Erdgas noch einige Jahrzehnte reichen
- es ist unbestritten, daß die wachsenden CO₂-Emissionen einen anthropogenen Treibhauseffekt und damit eine globale Erwärmung der Erdatmosphäre zur Folge haben.

Es steht außer Zweifel, daß in den vergangenen Jahrzehnten mit zunehmendem Einsatz von Mineraldünger unter Mißachtung des Kenntnisstandes Umweltbelastungen verursacht worden sind. Die Probleme der Nitratbelastung des Grundwassers sind bekannt, ebenso die Tatsache, daß die Stickstoffverluste jährlich mehr als 100 kg je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche betragen. Hinzu kommt, gegenwärtig weitgehend unberücksichtigt, der N-Eintrag aus der Atmosphäre von mehr als 50 kg/ha.a.

Ein Ausweg aus dieser Misere wird heute vielfach im ökologischen Landbau gesehen in der Auffassung, damit im besonderen Maße umweltschonend zu wirtschaften. Man geht von einem Extrem in ein anderes. Es fehlt aber bisher jeder wissenschaftliche Beweis für die Vorteilswirkung des ökologischen Landbaus im Vergleich zum integrierten Pflanzenbau. Man kann dagegen nach übereinstimmenden Ergebnissen und Auffassungen davon ausgehen, daß die Erträge um mindestens 30 % zurückgehen.

Gefordert ist eine nachhaltige Bodennutzung (Entwicklung). Im Sinne der Definition, wie sie im Brundlandt-Bericht von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung gegeben ist, verlangt dies jedoch steigende Erträge. Sie sind notwendig, um die ständig zunehmende Bevölkerung dieser Erde zu ernähren. Im Jahresgutachten 1994 des wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung „Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden“ heißt es deshalb: „Wachsende Erträge pro Flächeneinheit sind daher unerlässlich, um die Ernährung der Menschheit langfristig zu sichern“.

Wir haben nicht, seit LIEBIG, über einen Zeitraum von rd. 100 Jahren daran gearbeitet, die Erträge über Düngung, Züchtung usw. zu steigern, um die Entwicklung der Nahrungsmittelproduktion der Bevölkerungsentwicklung anzupassen, um heute zu sagen: „Zurück zur Natur“. Alle wollen zurück zur Natur, aber keiner zu Fuß. Wir haben jahrzehntelang die Natur ausgebeutet und vergewaltigt und können sie heute unmöglich in diesem Zustand sich selbst überlassen. Wir werden auch in Zukunft, und zwar mehr denn je, im Einklang mit der Natur und von der Natur leben müssen.

Prof. Dr. habil. Martin Körschens, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung, Hallesche Straße 44, 06246 Bad Lauchstädt

LAMPE (1995) sagte auf der Konferenz der Allianz der international ausgerichteten Deutschen Agrarforschung im Februar dieses Jahres dazu: „Wenn es uns nicht gelingt, Veränderungen dort herbeizuführen, wo Armut unerträglich wird, dann werden wir morgen die Armut der 5 Milliarden Asiaten und einigen hundert Millionen Afrikaner teilen. Sie werden, eingeladen oder nicht, kommen und ihre Armut mit uns teilen.“

Deutschland hat gegenwärtig einen Selbstversorgungsgrad bei Nahrungsmitteln von rd. 90 %, d. h. wir importieren Nahrungsmittel zum Teil aus den Ländern, die selbst nicht genug davon haben und die auch nicht umweltschonend produzieren. Niemand kann so naiv sein zu glauben, daß wir uns auf die Dauer von den Problemen dieser Welt isolieren können.

Aus diesen genannten Gründen entspricht der ökologische Landbau nicht den Forderungen an eine nachhaltige Entwicklung, ebenso wie eine subventionierte Flächenstillegung weder politisch noch moralisch, ökologisch oder ökonomisch zu vertreten ist.

Die Ergebnisse des Statischen Düngungsversuches und zahlreicher anderer Dauerversuche zeigen eindeutig, daß eine dem gegenwärtigen Kenntnisstand entsprechende Mineraldüngung positiv auf Ertrag und Umwelt wirkt. Sowohl für Stickstoff als auch für Kohlenstoff werden die günstigsten Bilanzen mit ausschließlicher Mineraldüngung erreicht. Unsachgemäßer Umgang mit Agrochemikalien, und nur damit sind die Umweltbelastungen der vergangenen Jahrzehnte zu begründen, führt dagegen zu großen, jedoch durchaus vermeidbaren Belastungen.

2. Ableitung optimaler Humusgehalte in Ackerböden

Der Humusgehalt des Bodens ist ein wesentliches Merkmal seiner Fruchtbarkeit. Er bestimmt weitgehend die chemischen, biologischen und physikalischen Bodeneigenschaften, insbesondere die Stickstoffnachlieferung.

Die Begriffe „Organische Bodensubstanz“ (OBS) und „Humus“ werden überwiegend synonym verwendet, wenn es auch, streng genommen, nicht berechtigt ist. Die OBS schließt die gesamte lebende und abgestorbene organische Substanz im Boden ein, während der Humus nur den abgestorbenen Teil ausmacht.

Für die folgenden Ausführungen gilt entsprechend der allgemein üblichen Verfahrensweise:

$$\text{Organische Bodensubstanz} = \text{Humus} = C_{\text{org}} \text{ im Boden} \times 1,724$$

Die Frage nach optimalen Gehalten in Ackerböden bleibt heute, trotz intensiver „Humusforschung“ in den letzten Jahrzehnten, weitgehend unbeantwortet. Über die Notwendigkeit oberer Begrenzungen wird kontrovers diskutiert. Ursache für diesen Mangel ist die Tatsache, daß bei der Bearbeitung dieser Frage nahezu ausschließlich der Gesamtgehalt an organischer Bodensubstanz (bzw. Humus oder Kohlenstoff) betrachtet wird und damit a priori keine verwertbaren Ergebnisse zu erwarten sind.

Voraussetzung für alle weiteren Betrachtungen ist daher eine Differenzierung der OBS in zunächst zwei Fraktionen. Von diesen zwei Fraktionen ist die eine „inert“, d. h. an den Mineralisierungsvorgängen weitgehend unbeteiligt. Sie entspricht damit bisherigen Vorstellungen vom „Dauerhumus“. Die zweite Fraktion ist umsetzbar und mit dem „Nährhumus“ vergleichbar. SCHMALFUß (1966) definierte den „Nährhumus“ als den zersetzlichen Teil, der dem Abbau durch Mikroorganismen unterliegt, und den „Dauerhumus“ als den unzersetzlichen Rückstand. Zwischen dem inerten C-Gehalt (C_i) und der Textur bestehen enge, nahezu funktionale Beziehungen, die vielfach nachgewiesen wurden. Ein Beispiel ist in Abb. 1 gegeben.

Für die Beziehung zwischen C_i und Ton ergibt sich dabei ein Regressionskoeffizient von 0,072, berechnet aus den Ergebnissen der Kohlenstoffbestimmung in den Nullparzellen von Dauerversuchen. Dieser stimmt sehr gut mit dem von HEINONEN (1974) in einer Stichprobe von finnischen Ackerböden berechneten Regressionskoeffizienten von 0,069 überein.

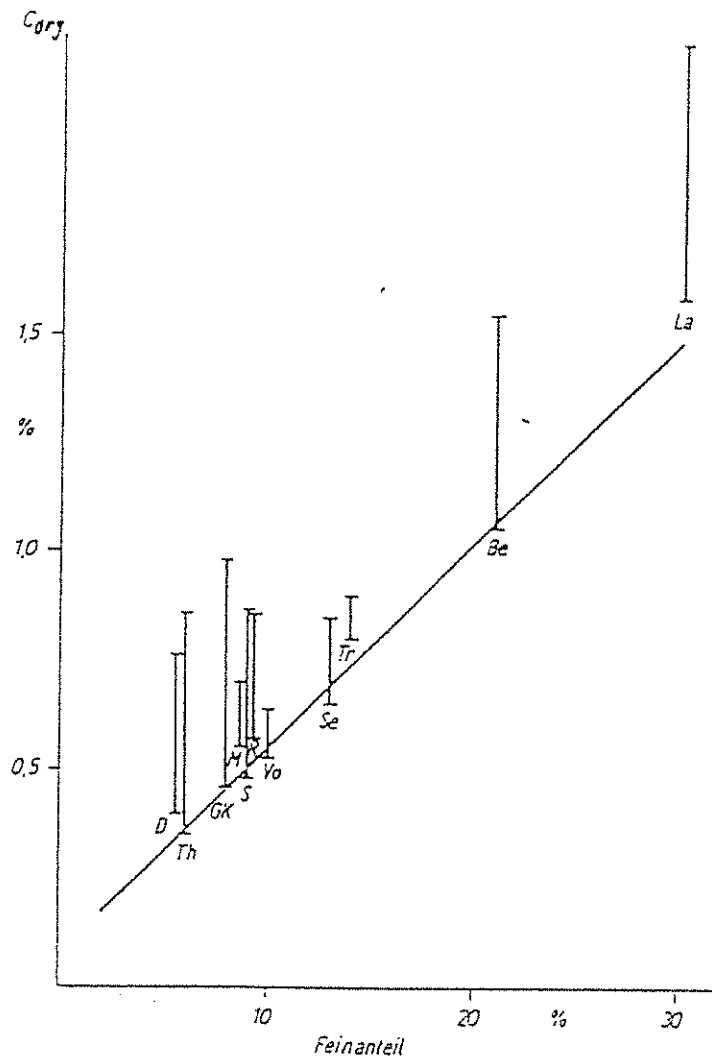


Abbildung 1: Einfache lineare Regression zwischen dem C_{org} und dem Feinanteil in der Krume der Nullvarianten ausgewählter Dauerversuche im Vergleich mit den Differenzen im C_{org} Gehalt zwischen den Null- und Volldüngungsvarianten

Für die praktische Handhabung wird der inerte C-Gehalt (C_i) definiert als „C-Gehalt, der unter natürlichen Bedingungen bei langjähriger Unterlassung jeglicher Düngung und Anbau humuszehrender Fruchtarten bzw. Schwarzbrache nicht unterschritten wird“. Als Indikator für C_i wird der Kohlenstoffgehalt der über Jahrzehnte ungedüngten Varianten von Dauerfeldversuchen verwendet. Ausgewählte Beispiele dafür sind in Abb. 2 gegeben.

Für die Betrachtungen zum optimalen Humusgehalt ist nur der umsetzbare Anteil von Bedeutung. Dieser ist in Abb. 3 als Differenz zwischen dem C- bzw. N-Gehalt der Nullparzelle und der Parzelle mit der jeweils höchsten organischen und mineralischen Düngung für langjährige Dauerdüngungsversuche angegeben.

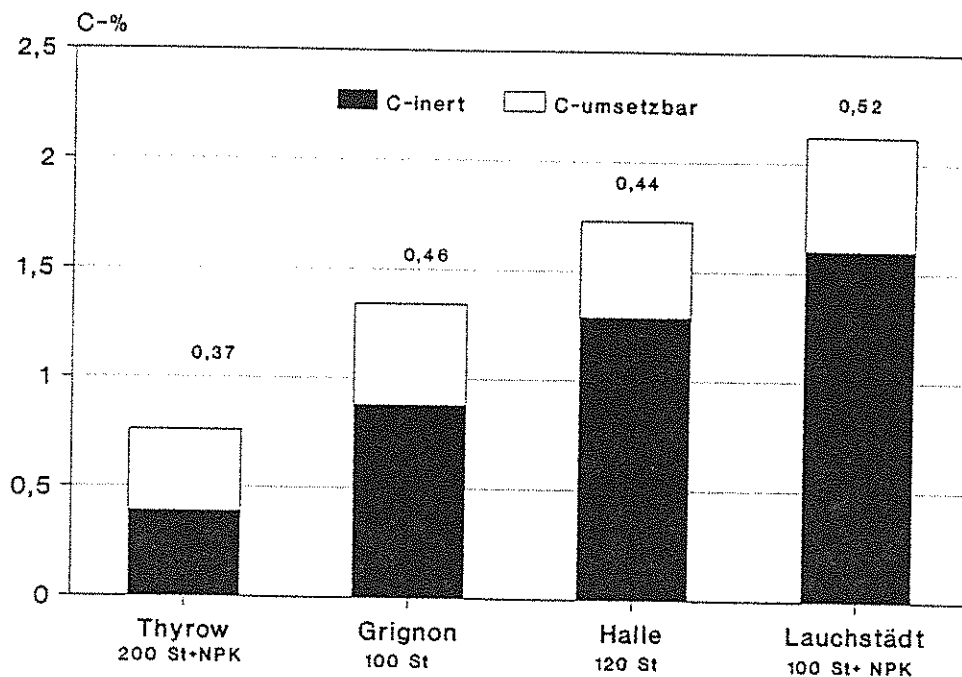


Abbildung 2: Gehalt an inertem und umsetzbarem C in ausgewählten Dauerversuchen

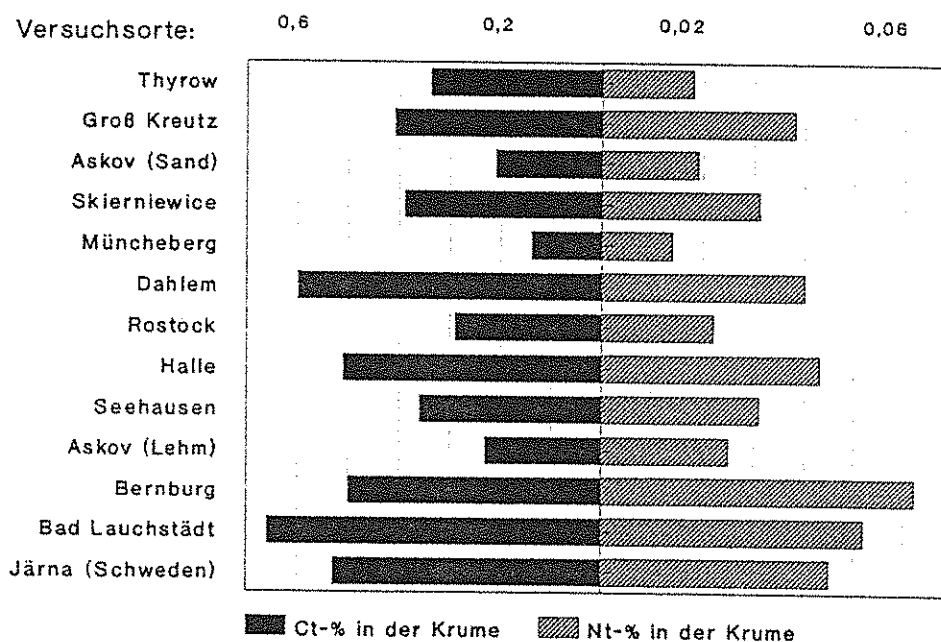


Abbildung 3: Differenz im C- und N-Gehalt zwischen „ohne Düngung“ und „organisch + NPK“ in ausgewählten Dauerversuchen

Beide haben einen relativ eng begrenzten ökologischen Optimalbereich, der unter den Bedingungen Mitteldeutschlands und vergleichbarer Standorte zwischen 0,2 und 0,6 % C bzw. 0,02 und 0,06 % N liegt. Unterhalb dieses Bereiches sind Bodenfruchtbarkeit, Ertrag und CO₂-Bindung unzureichend, oberhalb treten umweltbelastende Verluste an C und N auf.

So hat sich z. B. für den Standort Bad Lauchstädt, abgeleitet aus dem Statischen Düngungsversuch, ein optimaler Gehalt an umsetzbarem C von 0,5 % bei einem Aufwand von 100 dt/ha. a Stalldung + NPK ergeben. Dies entspricht etwa 200 dt C/ha bzw. 2000 kg N/ha im Bearbeitungshorizont. Bei einer durchschnittlichen, jährlichen Mineralisierungsrate von 4 % werden dabei 80 kg N/ha mineralisiert, zusätzlich stehen den Pflanzen rd. 50 kg N/ha aus der atmosphärischen N-Deposition zur Verfügung.

Da einerseits die Ansprüche der verschiedenen Fruchtarten sehr unterschiedlich sind und andererseits die Mineralisierungsbedingungen zwischen den Jahren große Differenzen aufweisen, ergeben sich auch entsprechend große Abweichungen in der N-Bereitstellung bzw. -Aufnahme, wie an dem in Abb. 4 dargestellten Beispiel zu sehen ist. Die N-Entzüge ohne Düngung schwanken in Abhängigkeit von Jahr und Fruchtart zwischen 391 kg/ha und 42 kg/ha und betragen im 10. Versuchsjahr ohne Düngung noch 236 kg/ha.

Aufschlußreich sind ebenfalls die N- und C-Bilanzen des Statischen Düngungsversuches. Mit ausschließlicher Mineraldüngung wird in der untersuchten Periode (Abb. 5) der N-Eintrag aus der Atmosphäre von den Pflanzen noch voll genutzt. Mit Stalldung bzw. Stalldung + NPK treten dem gegenüber deutliche N-Verluste auf.

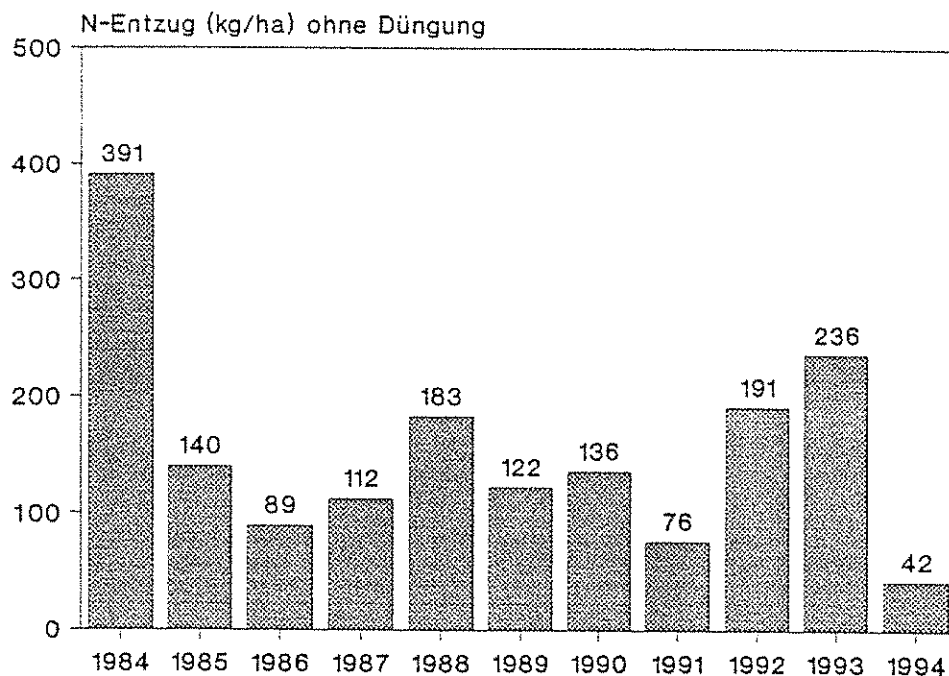


Abbildung 4: N-Entzüge von der Nullparzelle eines 1983 auf Löß-Schwarzerde in Bad Lauchstädt angelegten Dauerversuches

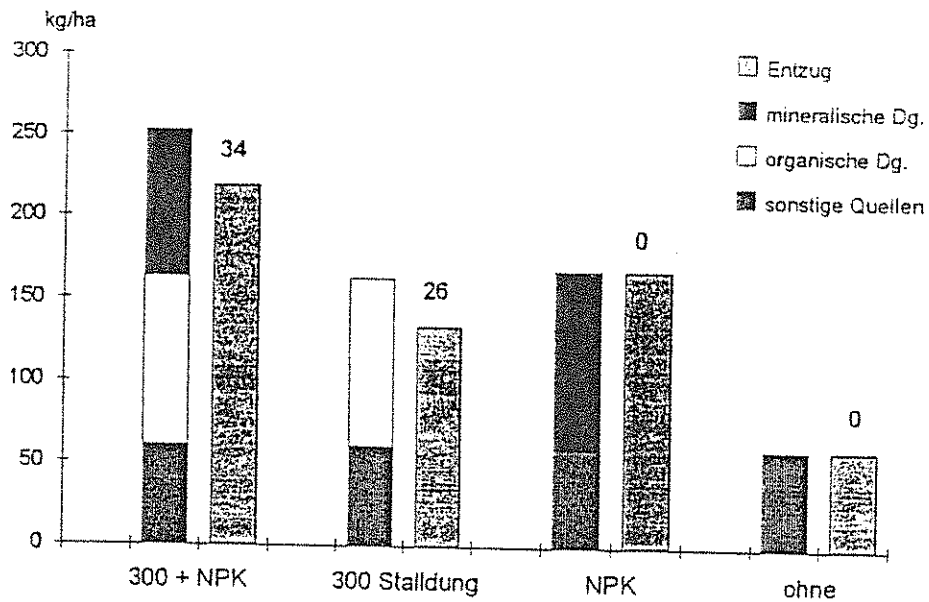


Abbildung 5: Stickstoffbilanzen des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt, \bar{x} 1981 - 1991 (Mittel der Fruchtarten und Schlaghälften 2, 3, 6 und 7)

Auch bei den C-Bilanzen ergibt sich unter den untersuchten Bedingungen der höchste C-Gewinn bei ausschließlicher Mineraldüngung (Abb. 6).

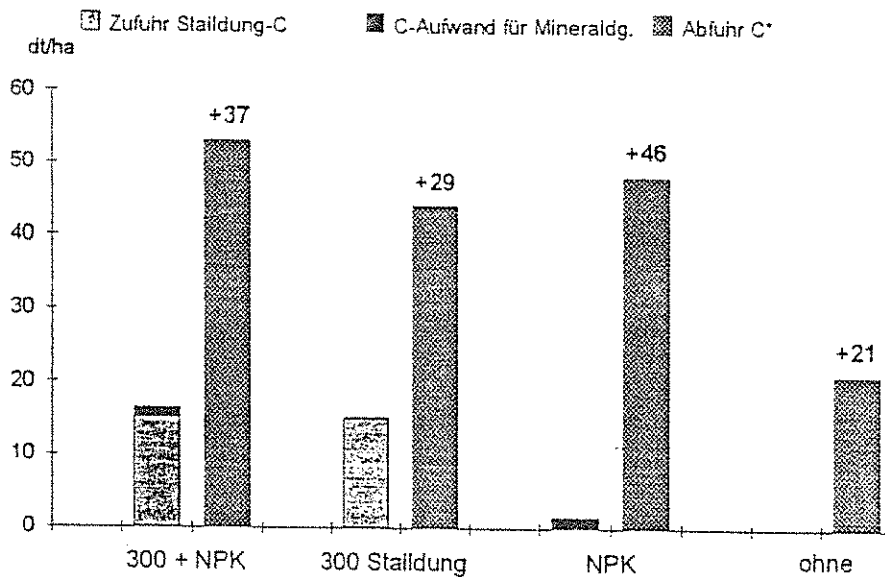


Abbildung 6: Kohlenstoffbilanzen des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt, \bar{x} 1981 - 1991 (Mittel der Fruchtarten und Schlaghälften 2, 3, 6 und 7)

Die Begrenzung auf 100 dt/ha Stalldung jährlich ergibt sich aber auch bei Berücksichtigung der anderen Nährstoffe. Mit 100 dt/ha Stalldung werden 50 - 80 kg/ha Stickstoff, 30 - 60 kg/ha Phosphor und 100 - 200 kg/ha Kalium ausgebracht. Damit wird der Boden mit P und K bereits ausreichend versorgt, höhere Mengen bedingen zwangsläufig Verluste an diesen Nährstoffen. Die Ergebnisse des Statischen Düngungsversuches (Tab. 1) weisen nach, daß die P- und K-Gehalte im Boden bei 200 dt/ha Stalldung jedes zweite Jahr + Mineral-N auch bei sehr guten Erträgen im Bereich hoher Versorgung liegen. Mit 300 dt/ha Stalldung jedes zweite Jahr werden bereits stark überhöhte P- und K-Gehalte im Boden erreicht, Luxus an diesen Nährstoffen betrieben und entsprechende Verluste induziert.

Tabelle 1: Einfluß unterschiedlicher Düngung auf den P- und K-Gehalt (laktatlöslich), Löß-Schwarzerde, Statischer Düngungsversuch Bad Lauchstädt, x 1989 - 1992 (mg/100 g Boden, 0 - 30 cm)

Mineraldüngung	P	K
300 dt/ha Stalldung jedes 2. Jahr		
NPK	36	48
N	15	28
ohne	19	31
200 dt/ha Stalldung jedes 2. Jahr		
NPK	22	33
N	9	18
ohne	14	24
seit 1902 ohne organische Düngung		
NPK	9	17
N	1	11
ohne	3	11

Für die Festlegung optimaler Humusgehalte ist jedoch noch ein zweiter Faktor von Bedeutung. Zwischen dem Kohlenstoffgehalt und den wichtigsten bodenphysikalischen Eigenschaften bestehen nahezu funktionale Zusammenhänge. Nach vorliegenden Ergebnissen (KÖRSCHENS u. WALDSCHMIDT, 1995) verändert sich mit einer Zunahme des C-Gehaltes von 0,1 %

die Hygroskopizität	um	+ 0,06	bis	+ 0,08 Masse-%
die Wasserkapazität	um	+ 0,4	bis	+ 0,6 Masse-%
die Trockensubstanzdichte	um	- 0,004	bis	- 0,005 g/cm ³
die Lagerungsdichte	um	- 0,006	bis	- 0,008 g/cm ³
die Sorptionskapazität	um	+ 0,5	bis	+ 0,7 mval

In Abb. 7 sind diese Beziehungen am Beispiel der Lagerungsdichte und der Wasserkapazität als Ergebnis der Untersuchungen in den Extremvarianten von Dauerversuchen unterschiedlicher Standorte dargestellt. Für leichte Sandböden spielt dabei der Humusgehalt, z. B. zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Wasser- und Sorptionskapazität, eine entscheidende Rolle. Auf einer ideal texturierten Lößschwarzerde ist diese Komponente von weitaus geringerer Bedeutung.

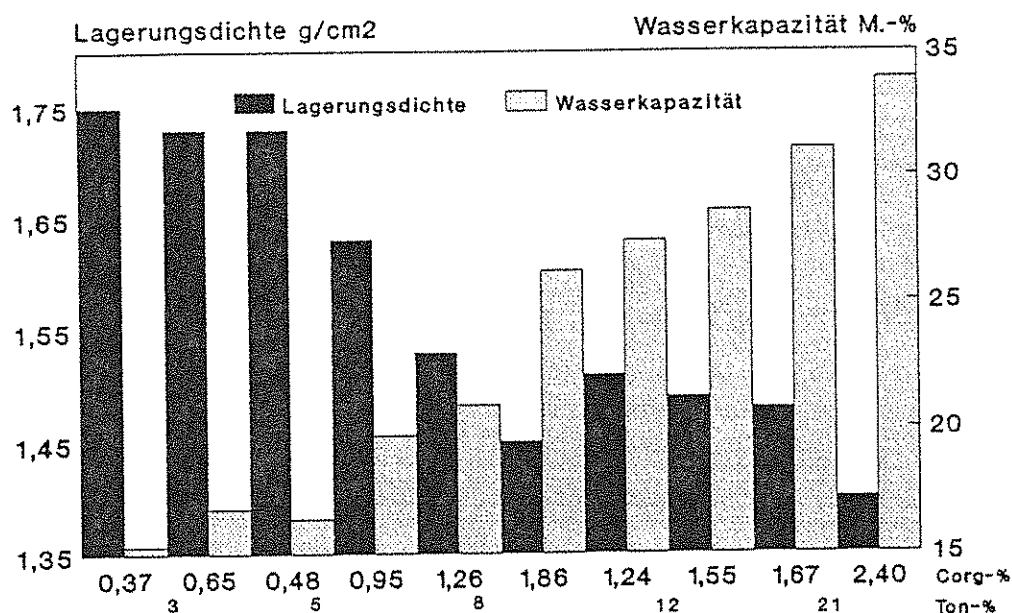


Abbildung 7: Einfluß unterschiedlicher Ton- und C-Gehalte auf die Lagerungsdichte und die Wasserkapazität in verschiedenen Dauerfeldversuchen

3. Bilanzierung der organischen Substanz der Mineralböden

Für die Bilanzierung der organischen Substanz wurde eine einfache Methode auf der Grundlage der Ergebnisse langjähriger Dauerfeldversuche auf unterschiedlichen Standorten, Anbauverhältnissen und unterschiedlicher organischer Düngung ausgewertet. (AUTORENKOLLEKTIV, 1977). Aus den Ergebnissen dieser Analyse wurden für die einzelnen Fruchtarten mit den dazugehörigen Produktionsverfahren Faktoren für die Ermittlung des Bedarfes an organischer Substanz abgeleitet (Tab. 2).

Tabelle 2: Faktoren für die Berechnung des Bedarfes an ROS in dt/ha (AUTORENKOLLEKTIV, 1977)

Fruchtart	S, SI	IS, sL	L, T	Schwarzerde
Zuckerrüben, Kartoffeln, Gemüse	- 36	- 40	- 44	- 29
Mais	- 27	- 30	- 33	- 22
Getreide, Ölfrüchte	- 14	- 15	- 16	- 11
Futterroggen	- 9	- 10	- 11	- 7
Stoppelfrüchte	+ 5	+ 5	+ 6	+ 6
Körnerleguminosen	+ 9	+ 10	+ 11	+ 11
Untersaaten (gut entwickelt)	+ 18	+ 20	+ 22	+ 22
mehrfährige Futterpflanzen ¹⁾ (Luzerne, Klee gras, Acker gras)	+ 27	+ 30	+ 33	+ 33

¹⁾ Werte gelten je Nutzungsjahr

Durch Multiplikation der Flächengröße mit den Faktoren der Tabelle 2 kann der Bedarf des Bodens an organischer Substanz berechnet werden.

Es kann davon ausgegangen werden, daß alle organischen Dünger für die Reproduktion der organischen Bodensubstanz geeignet sind, wenn eine qualitätsgerechte Aufbereitung und Ausbringung unter besonderer Berücksichtigung des C:N-Verhältnisses der organischen Dünger erfolgt.

Beim Einsatz der organischen Dünger zur Deckung des Bedarfs ist davon auszugehen, daß ihre Wirksamkeit in Abhängigkeit von der Zusammensetzung sowie den Einsatzterminen und dem Einbringungsverfahren verschieden ist. Dabei wird davon ausgegangen, daß 1 dt Bedarf an organischer Substanz (entsprechend Tab. 2) durch die in Tab. 3 aufgeführten Mengen an Frischmasse verschiedener organischer Dünger gedeckt werden kann. Daraus errechnen sich die Faktoren der Bedarfsdeckung.

Tabelle 3: Faktoren für die Umrechnung der organischen Dünger in ROS
(AUTORENKOLLEKTIV, 1977)

Organische Dünger	Bedarf an dt Frischmasse je dt ROS ¹⁾	Faktoren zur Umrechnung in ROS
Stalldung, Güllefeststoff	5	0,20
Gülle mit 8 % Trockenmasse	25	0,04
Gülle mit 4 % Trockenmasse	50	0,02
Stroh	1,5	0,68
Gründüngung (oberird. Masse)	25	0,04
Müllkompost	5,5	0,18
Faulschlamm	10	0,10
Torf, Torfkompost	4,5	0,22

¹⁾ entsprechend Tabelle 1

Tabelle 4 zeigt ein Beispiel für die Bilanzierung mit Hilfe der in Tabelle 2 und Tabelle 3 dargestellten Faktoren des Bedarfs und der Bedarfsdeckung. Diese Bilanzmethode, die bereits vor geraumer Zeit entwickelt wurde, kann nach wie vor Verwendung finden. Es ist jedoch dabei zu berücksichtigen, daß

- die in Tabelle 2 und 3 angegebenen Faktoren verwendet werden und nicht die 1981 veröffentlichten Faktoren für eine „erweiterte Reproduktion der organischen Substanz“
- die Bilanzmethode den Bedarf ausweist, der für die Erhaltung eines ausreichenden „Humusniveaus“ notwendig ist und damit nichts über den gegebenen Versorgungszustand des Bodens aussagt. Ist ein Boden „unterversorgt“, so muß vorübergehend mehr organische Substanz aufgewendet werden, ist der Humusgehalt bereits überhöht, kann vorübergehend der Aufwand an organischer Düngung verringert werden.

Tabelle 4: Beispiel für die Berechnung des Bedarfs an ROS für Lößschwarzerde

Fruchtart	1 100 ha (= %)	2 Bedarfsfaktor (lt. Tab. 2)	3 Bedarf dt ROS (1 x 2)
W.-Weizen	25	11	275
Z.-Rüben	25	29	725
S.-Gerste	25	11	275
Kartoffeln	25	29	725
			= 2000 dt ROS je 100 ha = 20 dt ROS/ha.a

Auf der Grundlage umfangreicher Untersuchungen wurden unter Berücksichtigung der von den Pflanzen noch verwertbaren N-Mengen aus der Mineralisierung der Organischen Bodensubstanz (OBS) und der bodenverbessernden Wirkung der OBS Orientierungswerte für den Kohlenstoffgehalt grundwasserferner Sand- und Lehm Böden in Abhängigkeit vom Gehalt des Bodens an Ton und Feinschluff (= Feinanteil) abgeleitet und in Abb. 8 dargestellt.

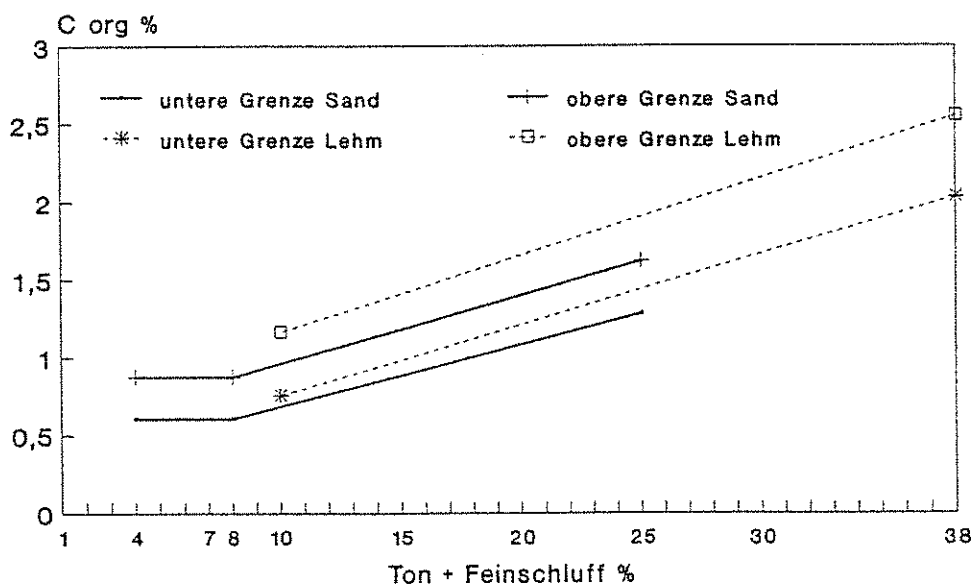


Abbildung 8: Orientierungsbereiche für den C-Gehalt grundwasserferner Sand- und Lehm Böden in Abhängigkeit vom Ton- und Feinschluffgehalt

4. Zusammenfassung

Die dargestellten Ergebnisse lassen sich in folgenden Thesen zusammenfassen:

1. Die Sicherung einer nachhaltigen Bodennutzung und damit der Schutz des Bodens im weitesten Sinne unter gleichzeitiger Vermeidung von Umweltbelastungen ist für den Bestand zukünftiger Generationen unerlässlich.
2. Alle Betrachtungen zur organischen Bodensubstanz erfordern ihre Differenzierung in einen inerten Anteil, der an den Mineralisierungsvorgängen weitgehend unbeteiligt und von den Standortbedingungen abhängig ist („Dauerhumus“), und einen umsetzbaren Anteil, der von den Bewirtschaftungsbedingungen bestimmt wird (Nährhumus“).
3. Kohlenstoff und Stickstoff haben im Boden einen relativ eng begrenzten ökologischen Optimalbereich, der unter den Bedingungen Mitteldeutschlands und vergleichbarer Standorte zwischen 0,2 % und 0,6 % umsetzbarem C bzw. 0,02 und 0,06 % N liegt. Unterhalb dieses Bereiches sind Bodenfruchtbarkeit, Ertrag und damit CO₂-Bindung durch die pflanzliche Biomasse unzureichend, oberhalb treten umweltbelastende Verluste auf.
4. Die N-Einträge aus der Atmosphäre betragen > 50 kg/ha.a. Diese Mengen müssen bei der Düngerbemessung sowie bei der Bilanzierung berücksichtigt werden.
5. Die Anwendung von Mineraldüngerstickstoff innerhalb der Grenzen des gegenwärtigen Erkenntnisstandes kann die C- und N-Bilanzen positiv beeinflussen, trägt über höhere Erträge und damit verbundene erhöhte CO₂-Bindung zur Entlastung der Atmosphäre bei und wirkt nicht umweltbelastend.
6. Flächenstillegung dient weder dem Umweltschutz noch der Nachhaltigkeit. Letztere fordert eine angemessene Produktion von Biomasse. Wird diese nicht als Nahrungsmittel benötigt, ist der Anbau nachwachsender Rohstoffe die einzige Alternative.
7. Das Streben nach nachhaltiger Bodennutzung darf sich nicht auf den ökologischen Landbau beschränken. Ziel muß es sein, die gesamte Landwirtschaft unter Einbeziehung von Aufgaben des Umwelt-, Natur- und Landschaftsschutzes ökologisch vertretbar, leistungsfähig und ökonomisch zu gestalten. Dafür muß ein Kompromiß zwischen dem für die Erhaltung günstiger bodenphysikalischer Bedingungen notwendigen Mindestgehalt an Kohlenstoff einerseits und einer für die Vermeidung von N-Verlusten und unnötigem C-Aufwand erforderlichen oberen Begrenzung andererseits gefunden werden.

(Die zitierte Literatur ist beim Autor einzusehen.)

Humuswirtschaft in Marktfruchtbetrieben

Priv.Dozent Dr. J. DEBRUCK

Denken und Handeln - in naturwissenschaftlichen Disziplinen eine unabdingbare und notwendige Abfolge. So auch in der Landwirtschaft. Immer dann, wenn der Landwirt sein Tun auf dem Acker selbst bestimmen konnte, folgte er natürlichen und organisch gewachsenen Gesetzmäßigkeiten. Sie bestimmten die Fruchtfolge und Humuswirtschaft in ganz besonderer Weise - mit positivem Langzeiteffekt, wer es richtig machte und sein Handwerk verstand.

Heute geht es anders! Wer alle Fördermöglichkeiten der Agrarpolitik ausschöpfen will - und das macht bestenfalls bis zu 50 % des Betriebseinkommens aus - muß das tun, was die Förderrichtlinien vorschreiben. Daraus resultieren zwangsläufig Fruchtfolgen, die vom pflanzlichen Ordnungsprinzip gar nicht schlecht sind: mehrfeldrig mit bis zu 65 % Getreide, je 1 x Rüben und Raps, eine Stilllegung und je nach Standort 1 x Kö-Leguminosen.

Tab. 4 enthält eine geläufige Fruchtfolge.

Da heute in Marktfruchtbetrieben alle Koppelprodukte auf dem Acker bleiben - von einzelnen Strohverkäufen abgesehen - wird dem Boden ein vielseitiger und zugleich reichhaltiger organischer Substanzteller angeboten. Aussagen zur Humussituation haben also nicht wie bisher gewohnt der Fragestellung nachzugehen, wieviel organische Substanz für eine ordnungsgemäße Humuswirtschaft zuzuführen ist, sondern wie die vorliegende Situation acker- und pflanzenbaulich zu bewerten ist. Auch diese Situation ist neu, weil sie vergleichbar mit der Fruchtfolge vom Landwirt weitgehend unbeeinflusst ist. - -

Die **Vergangenheit in der Humussituation** war zu lehrreich, um sie nicht zum Ausgangspunkt des heutigen Geschehens zu machen.

Wie jede Pflanzenbauepoche ihre Zeichen setzt, war die von 1850 - 1950 geprägt durch eine ausgewogene Humusversorgung der Böden: eine geordnete Stallmistwirtschaft, ausreichender Futterbau und die vermehrten Ernterückstände von nach LIEBIG mineralgedüngten Schlägen waren die Garanten.

Im mitteldeutschen Raum blieben die soliden Humusverhältnisse auch nach der Teilung weiterhin bestehen. Nachdem Größen wie RAUE, KÖRSCHENS, ASMUS und KORIATH immer wieder auf die Bedeutung ausreichender Humusversorgung hinwiesen, wurden 1977 durch ein Autorenkollektiv erstmals genaue Angaben zum Bedarf an reproduktiver organischer Substanz (ROS) in Abhängigkeit von Bodentyp, Frucht und Klimaraum gemacht. Die in den Tabellen 2 A und 3 genannten Zahlen sind ihnen unmittelbar angelehnt. Sie waren Direktive der Humuswirtschaft und es ist anzunehmen, daß sie von vielen Betriebsleitern auch noch heute zur Überprüfung ihrer Humuswirtschaft herangezogen werden.

Die frühzeitige Abdrift im westlichen Teil Deutschlands in die Rindviehhaltung einerseits und den reinen Ackerbaubetrieb mit spezieller, auf nur wenige Kulturen ausgerichteten Betriebsintensität blieb in der letztgenannten Betriebsgruppe für die Humuswirtschaft nicht ohne Folgen. Fruchtfolgen mit 75 % Getreide und mehr verhiessen ausreichende Wurzel- und Stoppelrückstände für die Humusversorgung. Stroh wurde aus Kostengründen bis Mitte der 70er Jahre rigoros verbrannt - 1 ha Stroh durfte nicht mehr als 1 Schachtel Streichhölzer kosten - und Gründüngung aus Gründen der Nematodengefährdung zu Rüben aus den Fruchtfolgen verbannt. Dann kamen die ersten Warnmeldungen auch aus der Praxis: nachlassende

Krümelstabilität, zunehmende Verschlämmung und Erosionsgefährdung als Folge eines stetig sinkenden Humusspiegels. Erst jetzt wurde die Mahnung der Agrikulturwissenschaft, insbesondere der Gießener Schule um Professor von BOGUSLAWSKI, nach ausreichenden Stroh-Gründungsmaßnahmen ernstgenommen. Viele Jahre einer konsequenten Stroh-Gründung waren notwendig, um die gefährdete Humussituation zu bereinigen und zusehends zu stabilisieren.

Zur Humussituation heute

Wenn sie auf die reinen Marktfruchtbetriebe lokalisiert wird, dann mag sie für den mitteldeutschen Raum aus vorgenannten Gründen neu sein, aber nicht beunruhigend, weil vorhandenes Wissen da ist. Ohne es über den Harz importieren zu wollen, führen die Forschungseinrichtungen beider ehemaligen Teile zu gleichlautenden Ergebnissen.

1. Der gemessene **Humusabbau** beträgt im Durchschnitt der Jahre und damit auch im Mittel einer Fruchtfolge ca. 20 dt/ha C. Das entspricht nach Tabelle 1 auf den Schwarzerden in Trockengebieten einer Mineralisationsrate von 2 %, auf den Parabraunerden im humiden Klimabereich Westdeutschlands von ca. 3 %. Ähnliche Verbrauchsangaben finden sich in den Fruchtfolgetypen der Tabelle 2 B, wenn die Humusdaten des bereits erwähnten Autorenkollektivs aus 2 A zugrundegelegt werden.

2. Im Rahmen einer **Humusersatzwirtschaft** ist der Verlust aufzufüllen, zu reproduzieren. Folglich spricht man im Fachjargon von reproduzierbarer organischer Substanz, abgekürzt ROS.

Nach den gleichen Humusspezialisten hat man Kenntnis darüber, wieviel eines organischen Düngers benötigt wird, um eine Humuseinheit zu ersetzen. In Tabelle 3, erste Zahlenspalte, sind die wesentlichsten Kenngrößen genannt.

Davon ausgehend ist es leicht, die erforderlichen Aufwandmengen pro Jahr und Fruchtfolgetyp abzuleiten. Hier findet man mit 100 dt/ha Stallmistbedarf pro Jahr bzw. 300 dt für 3 Jahre im übrigen jene magische Faustzahl wieder, nach der mehr als 100 Jahre erfolgreiche Acker- und Humuswirtschaft betrieben wurde. Es ist aber auch ablesbar, daß Stroh als Humusersatz nicht nur Stallmist ersetzen kann, sondern, bezogen auf die Trockenmasse, eine ähnliche Leistung vollbringt - und hinzu kommt: Stroh ist in jeder Fruchtfolge über den Körnerfruchtanteil (Getreide, Ölfrüchte und Kö-Leguminosen) und den Anfall (50 - 80 dt/ha) in ausreichenden Mengen vorhanden. Ebenso gravierend ist die Aussage zur Zwischenfrucht als Gründüngung: selbst gute Aufwüchse nach Raps und Wintergerste mit 150 - 200 dt/ha vermögen nur anteilig in die Humusbilanz einzuwirken. Nach wie vor sollten Stoppelsaaten als biologische Bodenaktivatoren eingestuft werden, die im Zusammenhang mit der Strohdüngung außerordentlich rottefördernd wirken.

3. Die **Humuswirtschaft in der Fruchtfolge** ist nach Tabelle 4 wie folgt zu charakterisieren:

- * Eine **Humusersatzwirtschaft**, also ein **Düngen auf Bilanz**, ist in Marktfruchtbetrieben mit welchen Fruchtfolgen auch immer, in jedem Falle gegeben. Hierbei muß in 3 Jahren 1 x das Stroh auf dem Acker bleiben und 1 x Gründüngung (RüBlattl, KartKraut, Aktivgrün auf Stillelegung oder Stoppelzwischenfrucht) angeboten werden. Wie auch immer man es macht: gewöhnlich wird zuviel auf dem Acker bleiben, weil keine anderweitigen kommerziellen Verwertungsmöglichkeiten für das Stroh zu finden sind.
- * Viel entscheidender heute ist das **Düngen auf Umsatz**. Gemeint ist, dem Boden mehr an organischer Substanz anzubieten, als zur Reproduktion des jährlichen Humusverlustes durch natürliche Mineralisation notwendig ist. Da die Ackerböden in unseren Breiten über den standörtlichen Humusspiegel hinaus kein Mehr an Bodenhumus zu speichern vermögen, bedeutet Mehrzufuhr erhöhten biologischen Abbau. Einher geht eine gleichsinnige Veränderung der Boden- und Nährstoffdynamik mit entsprechenden Auswirkungen auf Ertrag, Ertragssicherheit und Qualität. Es kann nicht Sinn sein, Humus zu speichern, sondern entspricht einer ackerbaulichen Forderung, ein Zuviel an Humus in pflanzenphysiologische Leistung umzusetzen.

Damit ist die **Humussituation in Marktfruchtbetrieben** ausreichend charakterisiert. Sie ist ausnahmslos positiv zu bewerten. Das betrifft nicht nur die hohen Rückstandsmengen, sondern auch die Vielfältigkeit des Angebotes an Ernteresten durch den vielfrüchtigen Anbau (= reichlich gedeckter Tisch) und letztlich die Vorteile arbeitswirtschaftlicher Erledigung. In dieser Situation ist es für den Landwirt auch beruhigend zu wissen, daß er Möglichkeiten einer anderweitigen, kommerziellen Strohverwertung durch Verkauf in erheblichem Umfange nachkommen kann, ohne daß sein Boden humusverlustig wird.

Die **Humussituation in rindviehhaltenden Betrieben** ist heute nahezu vergleichbar mit den viehlosen Marktfruchtbetrieben. Sofern noch eine Strohaufstallung erfolgt, ist die Viehhaltung, bezogen auf die Fläche, zumindest in den Neuen Bundesländern zu gering, um große Strohmengen zu binden.

Im Hinblick auf einen verstärkten Maisanbau bleibt für eine ordnungsgemäße Humuswirtschaft immer noch genügend Reststroh auf dem Acker. Stimulierend hinzu kommt das Rübenblatt und Aktiv-Grün der Stillelegung, u. U. Kartoffelkraut und Leguminosenstroh.

Sachgerechte Stroh- und Gründüngung

Mit der jährlichen Einarbeitung der Erntereste einschließlich Stroh und Gründüngung sind die Anforderungen an ihre Einarbeitung wesentlich größer geworden. Nur mittels einer sachgerechten Zerkleinerungs- und Einarbeitungstechnik sind die stets wiederkehrenden und teilweise beträchtlichen Strohernten (Korn/ Stroh-Verhältnis selbst bei Kurzspritzen ca. 1 : 1) bezüglich Rotte und störungsfreie Incorporation in den

Boden zu bewältigen. Die Trockengebiete stehen hier vor teilweise erheblichen Problemen, die nur mit viel Sachverstand zu lösen sind. Die Gründüngung hat in Marktbetrieben eine ausschließlich biologische Funktion: sie hilft Fruchtfolgen aufzulockern und die Rotteverhältnisse im Boden zu beschleunigen, ansonsten besitzt sie für beide Medien einen hygienisch-sanierenden Effekt. Von der Grünbrache wird sie dabei wirkungsvoll unterstützt.

Mineralisation im Boden

Bodentyp	Humus - G		C / N - Verh.	N kg/ha	Mineralisation / Jahr		
	%	dt/ha			kg/ha Hu-G kg/ha N	kg/ha Hu-G kg/ha N	kg/ha Hu-G kg/ha N
Braunerde i. humiden Klima	1	630	10:1	3650	630	< 40	1260 < 80
Schwarzerde i. Trockengebiet	1.8	1.100	10:1	6350	1.100	< 65	2200 < 130

Tab. 2

Der Humusbedarf der Böden (dt/ha ROS) in Abhängigkeit von Standort, Kultur und Fruchtfolge

Klimabereich	kontinental	humid
	trocken, warm < 500 - 550 mm	feucht, mäßig kühl > 600 mm
	Schwarzerde u. Übergänge	Parabraunerden u. Übergänge
Bedarf dt/ha ROS		
A der Einzelfrüchte		
Rüben, Kartoffeln, Gemüse	- 30	- 40
Körnerfrüchte	- 10	- 15
Kö-Leguminosen	+10	+10
Stoppelfrüchte	+ 5	+ 5
Untersaaten	+20	+20
B in der Fruchtfolge/Jahr		
50 % Körnerfrüchte	20	27.5
60 % Körnerfrüchte	18	25
70 % Körnerfrüchte	15	21

Tab. 3

Organische Dünger für den Humusersatz (ROS)

Organ. Dünger	Bedarf an dt Frischmasse		
	je dt ROS	je 20 dt ROS	je 25 dt ROS
Stallmist / Güllefeststoff	5	100	125
Gülle mit 8% TM	25	500	625
Stroh	1.5	30	37.5
Gründüngung -Aufw.	25	500	625
Müllkompost	5.5	110	138

Tab. 4

Humuswirtschaft in der Fruchtfolge

Fruchtfolge	organ. Düngung		auf BILANZ (+ 0 dt/ha ROS)		auf UMSATZ (> 0 dt/ha ROS)	
	ohne Vieh	mit Vieh	ohne Vieh	mit Vieh	ohne Vieh	mit Vieh
1. Blattfrucht	Blatt/Kraut	(- 25) Blatt/Kraut	(- 25) ^{xx}	Blatt/Kraut	(- 25) Blatt/Kraut	(- 25)
2. Weizen	Stroh	(+ 30) -	(- 15)	Stroh	(+ 30) Stroh	(+ 30)
3. Gerste	Gründüng. (GD)	(- 5) 300 dt StMist (+ 45) ^x	(+ 45) ^x	Stroh + GD	(+ 40) - GD	(- 5)
4. Kö-Leguminosen ^{xxx}	Stroh	(+ 15) Stroh	(+ 15)	Stroh	(+ 15) Stroh	(+ 15)
5. Weizen	-	(- 15) -	(- 15)	Stroh	(+ 30) Stroh	(+ 30)
6. Still. Grün-Aktiv	Mulch	(+ 20) Mulch	(+ 20)	Mulch	(+ 20) Mulch	(+ 20)
Humusbilanz		+20	+25		+110	+55

x) 1 GV/ha entspr. 100 dt Stallmist/Jahr

xx) Es wird unterstellt, daß das Rübenblatt auch bei Rindviehhaltung heute aus arbeitswirtschaftlichen Gründen auf dem Acker bleibt

xxx) den Kö-Leguminosen wird nach der Ernte ein Stoppelaufwuchs von 100dt (= 5 dt ROS) unterstellt

Technische Erfordernisse einer sachgerechten Stroh- und Gründüngung

Dr. D. SCHMIDT

Universität Gießen, Institut für Landtechnik

Strohdüngung

Nachdem aus Gründen des Umweltschutzes sowie der Belästigung der Bevölkerung die „warme Entsorgung“ des bei der Getreideernte auf dem Acker verbleibenden Strohes nur noch eine untergeordnete Rolle spielt, ist dieses in der überwiegenden Zahl der Fälle einer Rotte auf dem Acker zuzuführen. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind positive und negative Effekte von Stroh auf den Boden und die Folgekultur aufgeführt. Die negativen Effekte sind in der Regel ausschließlich einer unsachgemäßen Strohbehandlung und Strohdüngung zuzuschreiben.

Tabelle 1: Mögliche Effekte einer Strohdüngung

positive Effekte	negative Effekte
verbesserte Krümelstabilität	Behinderung des Feldaufganges
bessere Wasserführung	Behinderung des Wurzelwachstums
verminderte Wind- und Wassererosion	schlechtere Wasserführung
Erhöhung der Austauschkapazität	
Erhöhung der biologischen Aktivität	
Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit	

Stroh häckseln und verteilen

Die Ausgangsbedingungen für eine erfolgreiche Strohdüngung oder ein über die gesamte Bearbeitungs- und Bestellperiode reichendes Ärgernis werden mit dem Mähdrusch geschaffen. Die Kriterien Häcksellänge und Verteilung von Stroh und Spreu über die gesamte Arbeitsbreite werden zunächst allein vom Anbauhäcksler sowie vom Breitenverhältnis Schneidwerk : Siebkasten bestimmt. Ein optisch leicht erkennbares Maß für die Häcksellänge ist der Verbleib des Häcksels nach dem Aufbringen auf die Fläche. Liegt das gehäckselte Stroh auf der Stoppel auf, so ist die Häcksellänge zu groß. Korrekt gehäckseltes Stroh wird dagegen vom Häcksler in die Stoppel hinein geblasen, so daß auf der Stoppel keine losen Strohreste liegen.

Moderne Häcksler gewährleisten eine Häcksellänge von 5 bis 8 cm, was auch im Hinblick auf die Stroheinarbeitung (s. u.) wünschenswert ist. Die Verwendung zusätzlicher Reibböden führt in Kombination mit gezahnten Messern zu einem Aufspießen des Strohs in Längsrichtung. Dadurch können die zersetzenden Mikroorganismen die Substanz auch von der Halminnenseite her angreifen, welche nicht durch Fungizide über eine lange Zeitdauer vor jeglichem Pilz- und Mikroorganismenbesatz geschützt wurde. Somit kann die Rotte zügiger einsetzen und der Gesamtprozeß bis zur völligen Zersetzung beschleunigt werden.

Um das gehäckselte Material auch bei Seitenwind und bei Hangschrägfahrt gleichmäßig verteilen zu können, muß der Häcksler mit fernbedienbaren Leitschaukeln ausgerüstet sein. Die Fernbedienung ermöglicht dem Fahrer die genannten Effekte während der Arbeit ohne Einbußen in der Druschleistung auszugleichen. Allerdings steigen damit die Anforderungen an den Fahrer, denn nur wenn er nach jedem Wendevorgang die Einstellung erneut korrigiert, kann z.B. Seitenwind ausgeglichen werden. Unterbleibt dies, so summieren sich Windeffekt und Einstellung der Leitschaukeln zu einem extrem unbefriedigenden Ergebnis.

Mähdresch mit Arbeitsbreite über 3,5 m sind darüber hinaus mit Spreuverteilscheiben auszurüsten um die aus dem Siebkasten herauslaufende Spreu ebenfalls über die gesamte Arbeitsbreite zu

verteilen. Ansonsten wird die Spreu von bis zu 8 m Arbeitsbreite auf 2 - 2,5 m Breite angehäuft und damit bereits die Ausgangsbedingung für Probleme in der Folgekultur geschaffen.

Ab etwa 6,5 m Arbeitsbreite sind jedoch die meisten derzeitigen Verteilorgane überfordert, in diesen Fällen bleibt immer ein mehr oder weniger breiter Streifen völlig unbedeckt. Abhilfe verspricht hier eine Neuentwicklung im Bereich der Häckslertechnik. Dabei wird von einem auf die Häckslerwelle geflanschten Gebläse ein starker Luftstrom erzeugt, welcher nach Firmenangaben Verteilbreiten bis zu 10 m gewährleisten soll.

Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung der Strohverteilung ist die Verwendung eines Ährenstrippers oder extrem hohe Schneidwerksführung, um nur die Ähre abzuschneiden. Die Anforderungen an die Verteilung beschränken sich dadurch auf die Spreuverteilung, da die Halme komplett als Stoppel zurück bleiben. Das Häckseln muß bei diesem Verfahren derzeit noch in einem zusätzlichen Arbeitsgang nach der Ernte erfolgen. Nachteilig ist hierbei, daß die durch Überrollung bei der Ernte und durch den Traktor beim Häckseln niedergedrückten Halme vom Häcklser nicht mehr richtig erfaßt werden und somit keine ausreichende Häckselqualität erreicht werden kann. Für alle nachfolgenden Einarbeitungsmaßnahmen ist aber die Einhaltung bestimmter Häcksellängen von erheblicher Bedeutung (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Vertikale Strohverteilung (in v. H.) nach Fräseinarbeitung bei verschiedenen Häcksellängen (nach BAUSCH)

	Häcksellängen		
	4 cm	8 cm	16 cm
Oberfläche	10	15	20
0 - 5 cm	40	50	60
5 - 10 cm	50	35	20

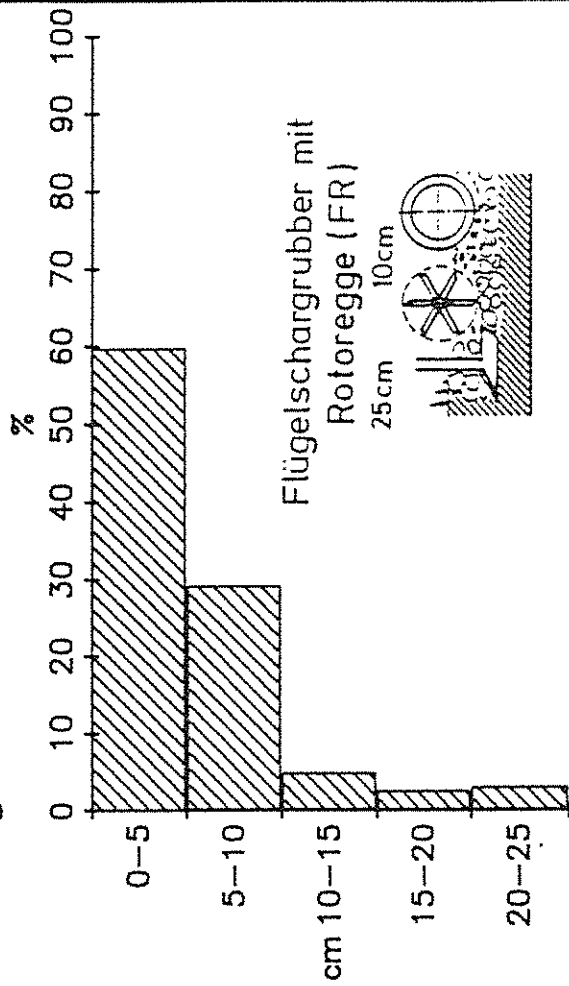
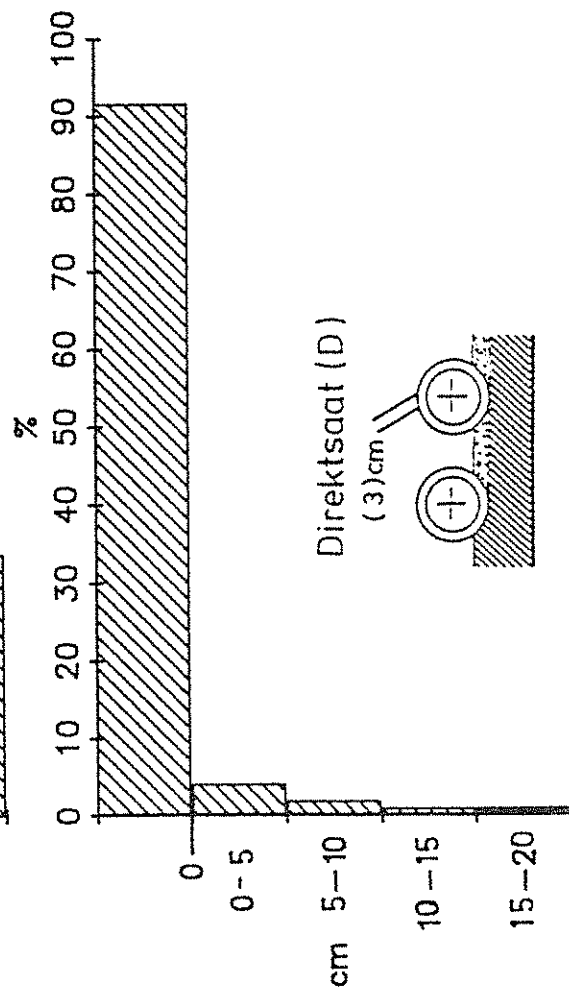
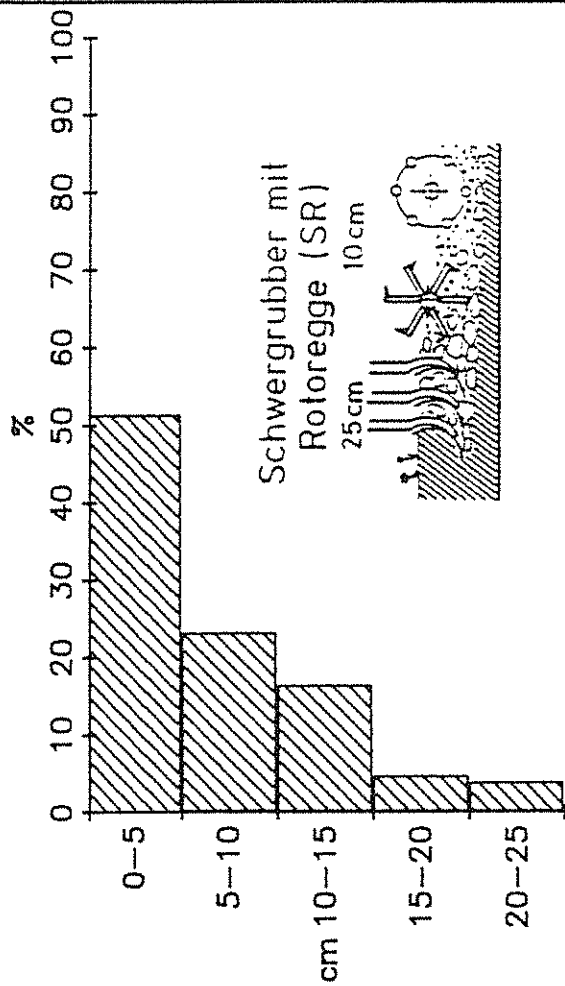
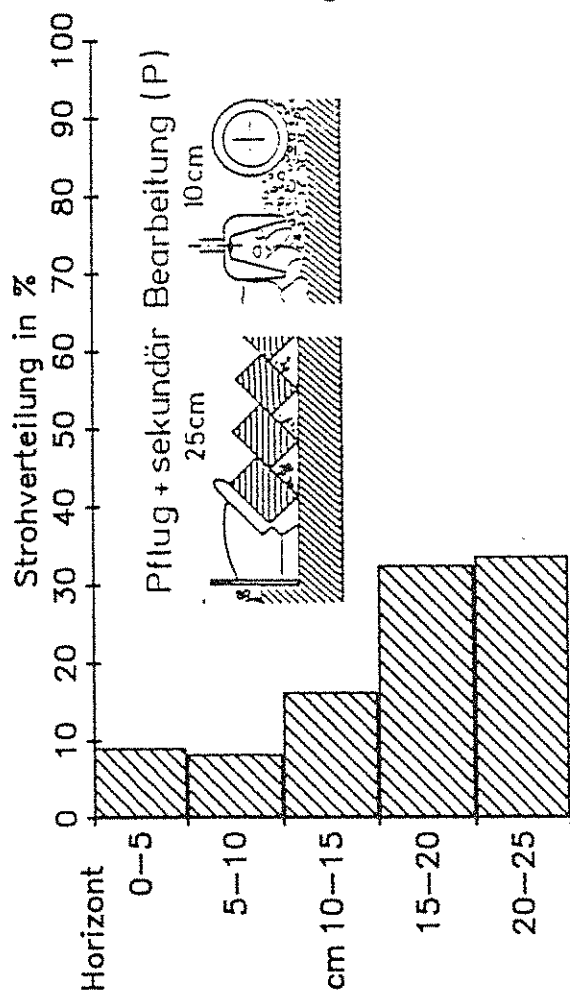
Wird vom Mädescher, aus welchen Gründen auch immer, nur eine ungenügende Strohverteilung auf der Fläche zurück gelassen, so sind zusätzliche Verteilmaßnahmen unumgänglich. Soll mit der Verteilung keine gleichzeitige Bodenbearbeitung erfolgen, so kann mit dem Einsatz eines Hackstriegels mit bis zu 24 m Arbeitsbreite schräg zur Druschrichtung die Verteilung korrigiert werden. Wird an diesen noch eine Walze angehängt, so reicht dies vor allem nach Raps meist aus, um den Ausfallraps zügig und vollständig zum Auflaufen zu bringen. In Direktsaatbetrieben ist dies oft die einzige Maßnahme außer der Saat selbst.

Einarbeitung und Strohrotte

Zieht man einen Holzpflugh nach mehreren Jahren aus dem Boden, so ist dieser immer im Bereich von der Bodenoberfläche bis etwa 10 cm Bodentiefe am meisten verwittert. Dies ist eine Anzeige für die Bodenzone mit der größten biologischen Aktivität und den größten Ab- und Umbauraten organischer Substanz. Somit ist dies auch die Zone in welcher Stroh am schnellsten abgebaut wird.

Die dem Praktiker verfügbaren Werkzeuge und Geräte arbeiten das Stroh auf sehr unterschiedliche Weise in den Boden ein. Abbildung 1 zeigt die Einarbeitungsqualität 4 verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte, ermittelt in einer Versuchsanstellung des Instituts für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität Gießen. Mit dem Pflug werden danach bis zu 70 % des Strohs in Bodenschichten unterhalb von 15 cm eingearbeitet, also in eine Zone mit bereits verminderter Strohabbaurrate. Nahezu optimal angeglichen an den Verlauf der biologischen Aktivität in Abhängigkeit von der Bodentiefe wird das Stroh von einem dreibalkigen Schwergrubber mit angebauten Mulchrotor eingearbeitet. Der in den Gießener Untersuchungen verwendete Flügelschargrubber mit integriertem Zinkenrotor vermischt den Boden bereits erheblich weniger, lediglich im Bereich des Zinkenrotors wird Stroh eingemischt. Bei der extremsten Variante, der Direktsaat, bleibt das Stroh dagegen vollständig auf der Bodenoberfläche. Einmischungseffekte ergeben sich lediglich durch biologische Aktivität (Bioturbation) vor allem der Regenwürmer. Deren Besatz sowie die auf Regenwürmer zurück zu führende Abbauleistung ist auf Parzellen ohne jegliche Bodenbearbeitung am höchsten (s. Abb. 2).

Abb. 1



JLU GIESSEN
LANDTECHNIK

Strohverteilung in % über die Bodenhorizonte
in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung

1.89.035/Ben.

Schmidt/
Tebrügge

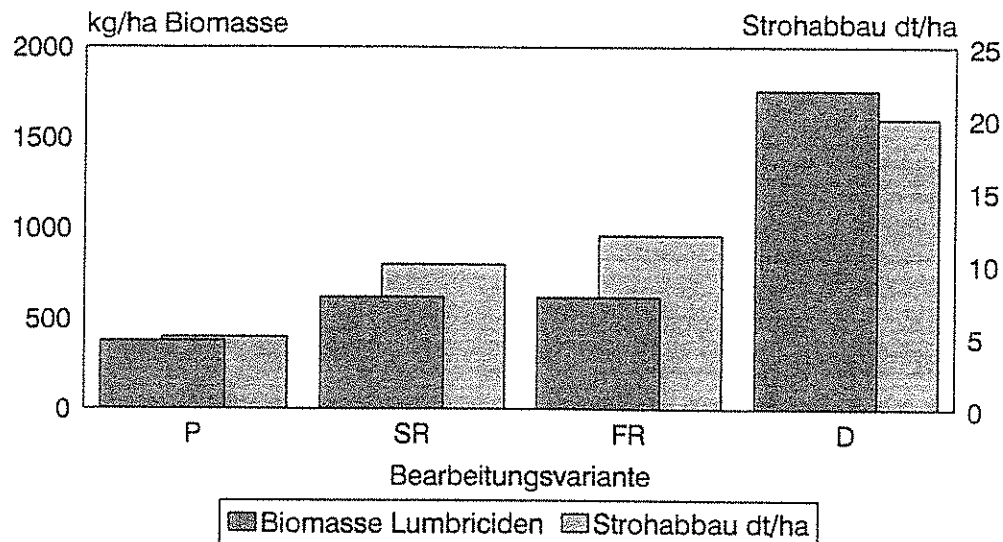


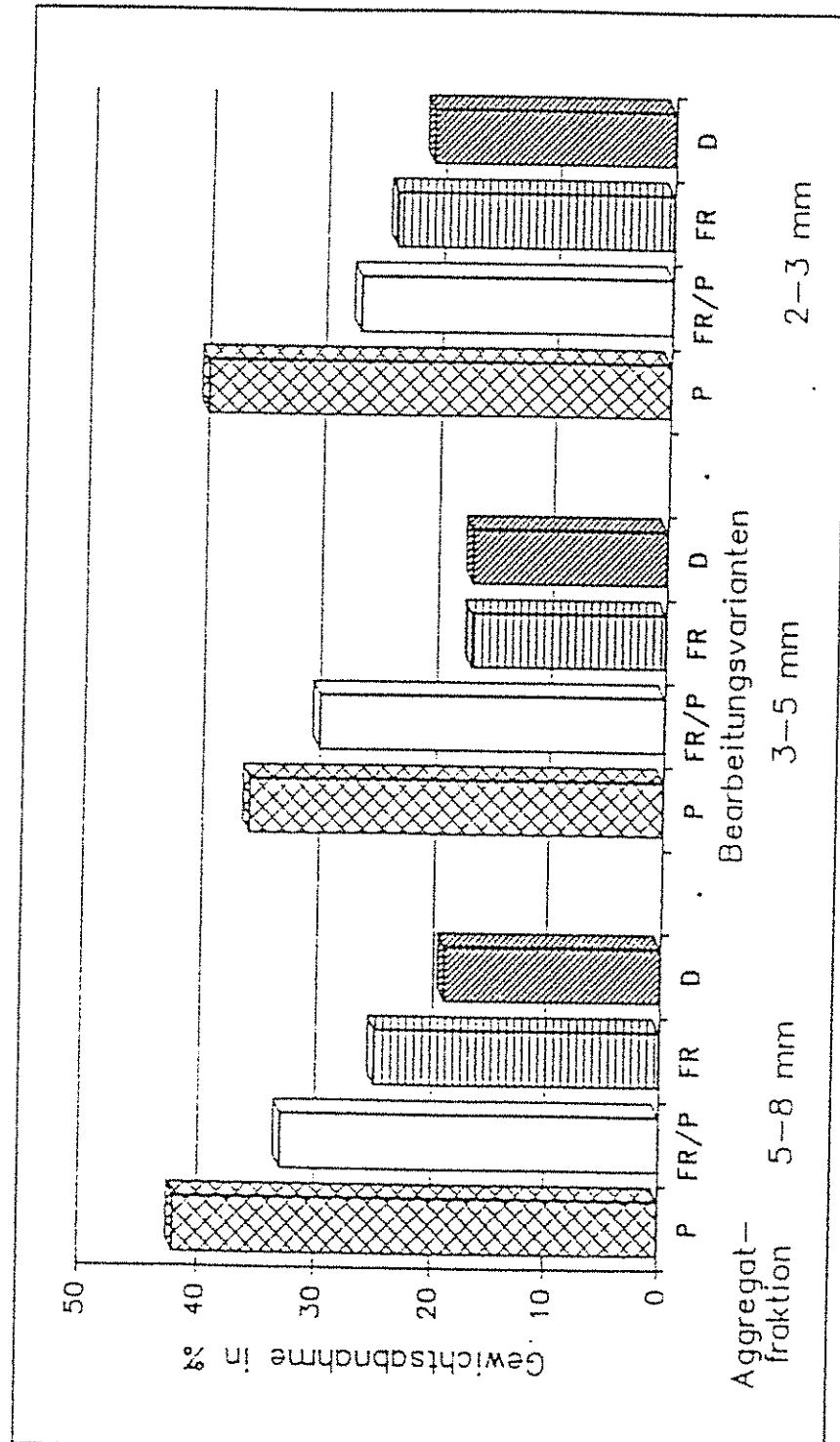
Abbildung 2: Strohabbau durch Regenwürmer (Lumbriciden) bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung (nach HENKE)

Einer der positivsten Effekte der oberflächennahen Stroheinarbeitung, speziell als Vorbereitung für Sommerungen, ist der Schutz vor Verschlämmung und Erosion. Auch wenn der Bodenabtrag durch Wassererosion im mitteldeutschen Trockenraum weniger von Bedeutung ist, so können doch Verschlämmungen infolge von Starkregen im Frühjahr, insbesondere in Reihenkulturen, den Feldaufgang und die Jugendentwicklung erheblich behindern. Abbildung 3 zeigt die Aggregatstabilität unterschiedlich bearbeiteter Böden als Maß für die Verschlammungsneigung. Die oberflächliche Einarbeitung von Stroh hat darüber hinaus einen erheblichen Umwelteffekt. Dieser besteht in der Bindung und vorübergehenden Festlegung von Rest-N im Oberboden. Die Folge dieser Festlegung für die Herbstbestellung ist die Empfehlung etwa 1 kg N je dt Stroh als N-Ausgleich zuzudüngen. Geschieht dies nicht, so kann mit einer N-Festlegung etwa in gleicher Höhe gerechnet werden, welche so vor der Auswaschung im Spätherbst und Winter geschützt und im Frühjahr zur Sommerung wieder freigesetzt werden kann.

Techniken der Stroheinarbeitung

Wie oben beschrieben, kann die Stroheinarbeitung auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen. Entscheidend für die Wahl der Einarbeitungswerkzeuge ist das im Betrieb eingesetzte Primärbodenbearbeitungsverfahren. Die Unterteilung kann erfolgen in konventionelle Verfahren mit Pflug, in nichtwendende Bodenbearbeitungsverfahren (Mulchsaat mit Bodenbearbeitung) und Direktsaatverfahren. Da bei Direktsaatverfahren keinerlei Bodenbearbeitung erfolgt, brauchen diese bei den hier zu beschreibenden Techniken nicht berücksichtigt zu werden. Abbildung 4 zeigt 2 Beispiele für die Einarbeitung von Stroh vor einer Pflugfurche und in einem nichtwendenden Verfahren mit gleichzeitiger Grundbodenbearbeitung.

Abb. 3



Gewichtsabnahme der Aggregatfraktionen in % (Tauchsiebmethode) Ossenheim (uL) 1987 (nach HENKE)

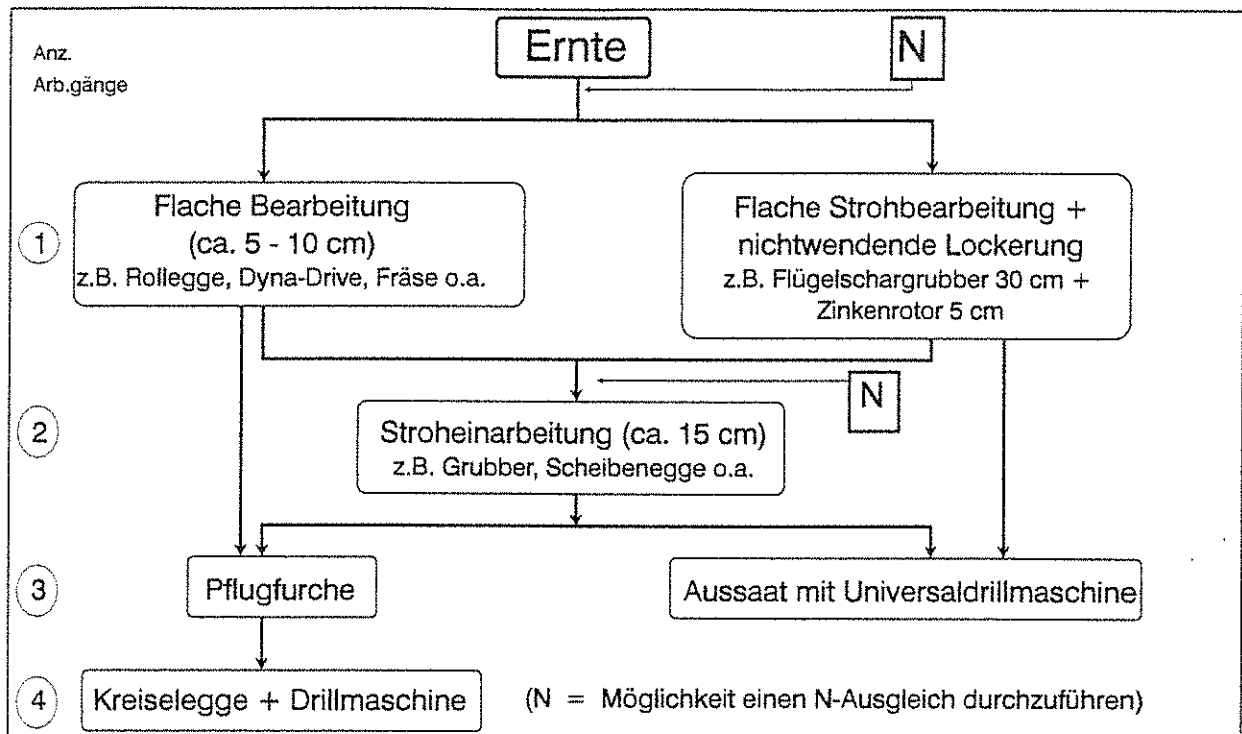


Abbildung 4: Abläufe für Stroheinarbeitung und Bestellung bei unterschiedlichen Bestellsystemen

Für eine Herbstsaat kann der N-Ausgleich (etwa 1 kg N/dt Stroh) in Form von Gülle oder AHL vor der ersten Beareitung erfolgen. Soll der Stickstoff tiefer eingearbeitet werden, z. B. um Verdunstungsverlusten bei großer Hitze vorzubeugen, so kann der N-Ausgleich auch unmittelbar vor der zweiten Bearbeitung erfolgen.

Bei der ersten, flachen Bodenbearbeitung steht die Saatbettbereitung für Ausfallgetreide und Unkraut im Vordergrund, die Stroheinarbeitung ist bei diesem Arbeitsgang von untergeordneter Bedeutung. Um dem Anspruch der Saatbettbereitung bei gleichzeitiger Vermeidung unproduktiver Wasserverluste gerecht zu werden, ist der Boden sehr feinkrümelig und gut rückverfestigt zu hinterlassen. Das noch auf der Bodenoberfläche liegende Stroh reflektiert einen Teil der Einstrahlung und vermindert die Luftbewegung unmittelbar über der Bodenoberfläche. Beide Effekte dienen als Schutz vor Verdunstungsverlusten. Soll im nichtwendenden System bereits nach diesem ersten Arbeitsgang gesät werden, so darf das Stroh nicht tiefer als 3 - 4 cm eingearbeitet werden. Nur dann ist es möglich, das Saatkorn mit geeigneten Werkzeugen unter der Strohmulchschicht, im festen und wasserführenden Boden zu platzieren. Wird das Saatkorn in der Stroheinarbeitungszone platziert, so sind bei Trockenheit erhebliche Feldaufgangsverluste durch mangelnde Keimwasseraufnahme zu erwarten.

Für den ersten Arbeitsgang bieten sich alle drehenden, stark krümelnden Werkzeuge an. Auch der Einsatz von Zapfwellenkombinationen kann sinnvoll sein, wenn dadurch mehrere Arbeitsgänge in einer Überfahrt ausgeführt werden können.

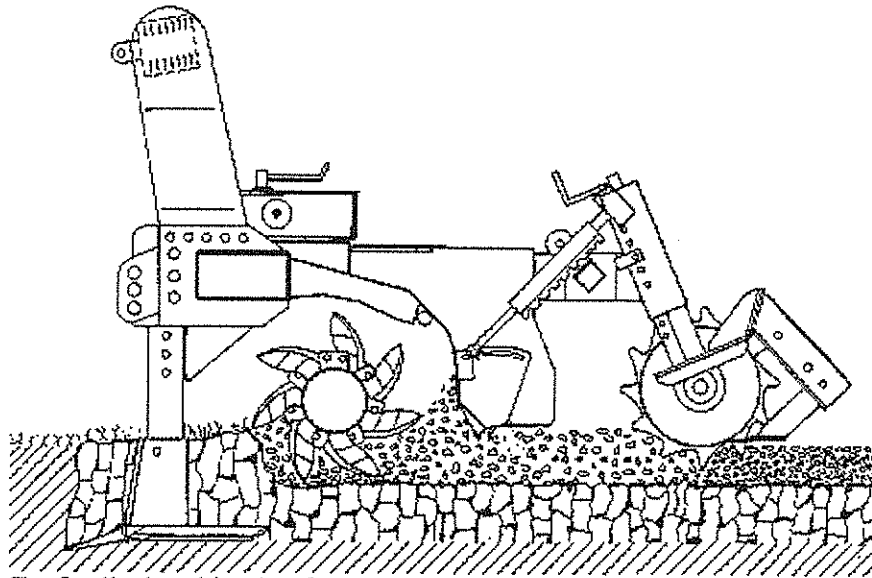


Abbildung 5: Zapfwellenkombination für Grundboden- und flache Stoppelbearbeitung in einer Überfahrt.

Die Arbeit der in Abbildung 5 gezeigten Maschine ist, bezogen auf ein konventionelles Mechanisierungssystem, mit der flachen Stoppelbearbeitung eines bodengetriebenen Doppelzinkenrotors oder einer Spatenrollegge und der Lockerung eines Pfluges gleichzusetzen. Da im Falle der Kombinationsmaschine die Lockerung bereits bei der ersten Bearbeitung erfolgt, steht bis zur Saat auch ausreichend Zeit für eine natürliche Rückverfestigung zur Verfügung, so daß auf den Einsatz schwerer Packer zur Saat verzichtet werden kann. Die Notwendigkeit für ein zapfwellengetriebenes Gerät entfällt, wenn im nichtwendenden System bewußt auf eine krumentiefe Bodenlockerung verzichtet wird. In diesem Fall kann die erste Bearbeitung mit wesentlich größerer Arbeitsbreite und höherer Fahrgeschwindigkeit ausgeführt werden. Für die flache (ca. 5 cm) und feinkrümelige Stoppelbearbeitung eignen sich dann vor allem leichte Scheibeneggen mit Nachläufern und Tiefenführungseinrichtung, Spatenrolleggen, bodengetriebene Doppelzinkenrotoren und Federzinkengrubber mit Nachläufern.

Sowohl im Pflugsystem als auch im nichtwendenden System dient der zweite Arbeitsgang der Einmischung der organischen Substanz. Im Pflugsystem wird mit diesem Arbeitsgang die Gewähr für eine störungsfreie Pflugarbeit und eine möglichst gleichmäßige Einmischung des Stroh in die unteren 15 cm der Krume geschaffen. Im nichtwendenden Bestellsystem muß dieser Arbeitsgang unmittelbar vor der Aussaat erfolgen, da nur dann die Saat in den nach oben gebrachten, frischen Boden abgelegt werden kann. Vor allem im Trockengebiet ist dieser Ablauf von entscheidender Bedeutung. Werden Kombinationen aus Zapfwellengeräten und Drillmaschinen eingesetzt, so bietet sich die Verwendung von Frontgrubbern an. Diese mischen das Stroh ein, bringen frischen Boden nach oben und bereiten den Boden somit für die Aussaat vor. Wird dagegen in einem absetzigen Verfahren vorgearbeitet, so können, wie auch im Pflugsystem, alle stark mischenden Werkzeuge eingesetzt werden. Schwere Scheibeneggen und Schwergrubber bieten sich hier aufgrund der erforderlichen Einarbeitungstiefe bis etwa 15 cm besonders an. Besonders geeignet sind Schwergrubber mit mehr als 2 Zinken je m Arbeitsbreite, 3-balkiger Anordnung der Zinken und einer Bestückung mit Doppelherzscharen. Die häufig verwendeten, bis 45 cm breit schneidenden Flügelschare mit aufgesetzten Doppelherzscharen mischen nur im Bereich des Doppelherzschares ausreichend ein. Im Bereich der Flügel ist deren Wirkung nur ungenügend, sofern diese Flügel nur einen flachen Anstellwinkel haben. Steilere Flügel verbessern die Einmischung, erhöhen aber auch den Zugleistungsbedarf der Geräte erheblich.

Im Trockengebiet ist der Boden auch nach der Stroheinarbeitung in jedem Fall eingeebnet und feinkrümelig zu hinterlassen, möglichst noch mit einer geringen Reststrohaufgabe um unproduktive Wasserverdunstungen zu vermeiden. Die Forderung nach einer Einebnung und Krümelung bei der

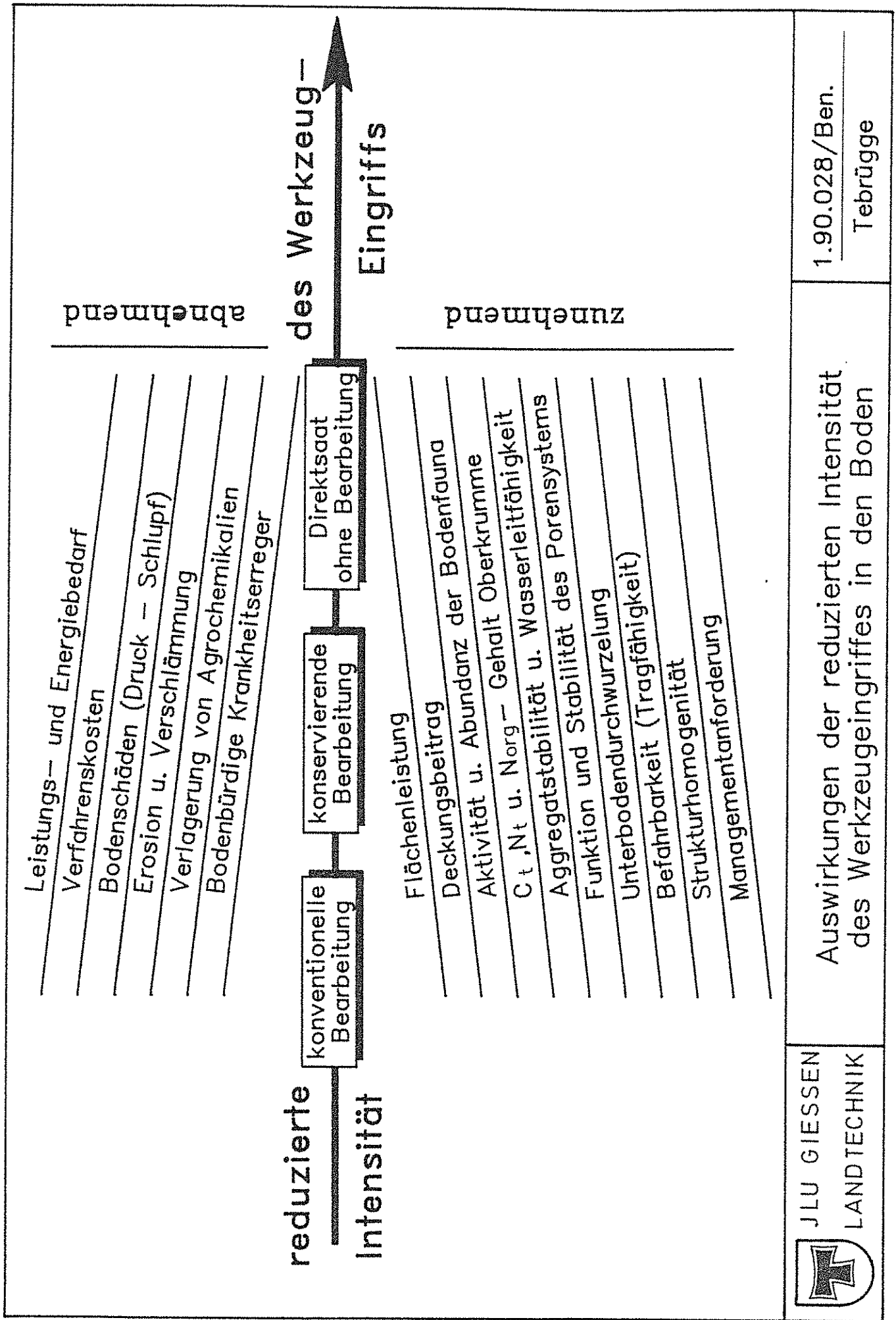
Stroheinarbeitung setzt die Verwendung geeigneter Nachläufer voraus. Im Falle des Grubbers können dies Scheiben- oder Spatenrolleggenachläufer sein, für schwere Scheibeneggen bieten sich in erster Linie 2-achsige Rolleggen als Nachläufer an. Krümel- und Rückverfestigungswalzen, welche auch der Tiefenführung dienen können, ergänzen und vervollständigen sowohl Scheibeneggen als auch Grubber.

Bei pflugloser Bestellung ist direkt anschließend oder parallel zur Stroheinarbeitung zu bestellen. Bei der Bestellung mit Pflug ist die Forderung nach einer direkt anschließenden oder parallelen Bestellung auf die Pflugfurche und die nachfolgende Saatbettbereitung und Saat zu übertragen. Wird im Großbetrieb auf Vorrat gepflügt, wie häufig üblich, so kann diese scheinbar kostenminimierende Maßnahme nur mit erheblichen Verdunstungsverlusten erkaufte werden. Verminderte Feldaufgänge und lückige Bestände sind in Trockenperioden die unausweichliche Folge dieser „Optimierungsmaßnahmen“.

Einer Optimierung der Strohbearbeitung im Sinne einer Verbesserung der Abbauleistungen der Böden sind im Pflugsystem Grenzen gesetzt. Bei großen Mengen ($> 60 \text{ dt/ha}$) eingepflügten Strohes, tiefer Pflugfurche ($> 25 \text{ cm}$) und ungleichmäßiger Strohverteilung über den Bearbeitungshorizont (s. Abb. 2) ist eine ungenügende Strohrotte die zwangsläufige Folge. Diese Effekte sind auch für den Laien sehr leicht an den im Herbst immer wieder herauf gepflügten Strohresten aus dem Vorjahr erkennbar. Dieses Stroh wurde nicht abgebaut sondern regelrecht im Boden konserviert und ist damit eine Behinderung für das Wurzelwachstum der Kulturpflanzen allgemein, die Ursache für die Beinigkeit von Rüben sowie eine Barriere sowohl für die kapillare Wassernachlieferung von unten nach oben als auch für die Infiltration von Niederschlagswasser von oben nach unten. Langjährig pfluglos bewirtschaftete Böden zeigen dagegen eine Vielzahl positiver Effekte, wie sie in Abbildung 6 andeutungsweise beschrieben werden.

Gründüngung

Von praktischer Bedeutung sind im reinen Ackerbaubetrieb ausschließlich Verfahren mit Zwischenfrüchten vor einer Sommerung, lediglich auf diese beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen. Zur Auflockerung von getreidereichen Fruchtfolgen, zur Vermeidung von Wind- und Wassererosion sowie zur Verbesserung der Humusversorgung kann der Anbau von Zwischenfrüchten sehr hilfreich sein. Auch die Erhaltung der Schattengare sowie die Speicherung von auswaschungsgefährdeten Nährstoffen als Vorbereitung einer Sommerung sind positive Effekte eines Zwischenfruchtanbaus.



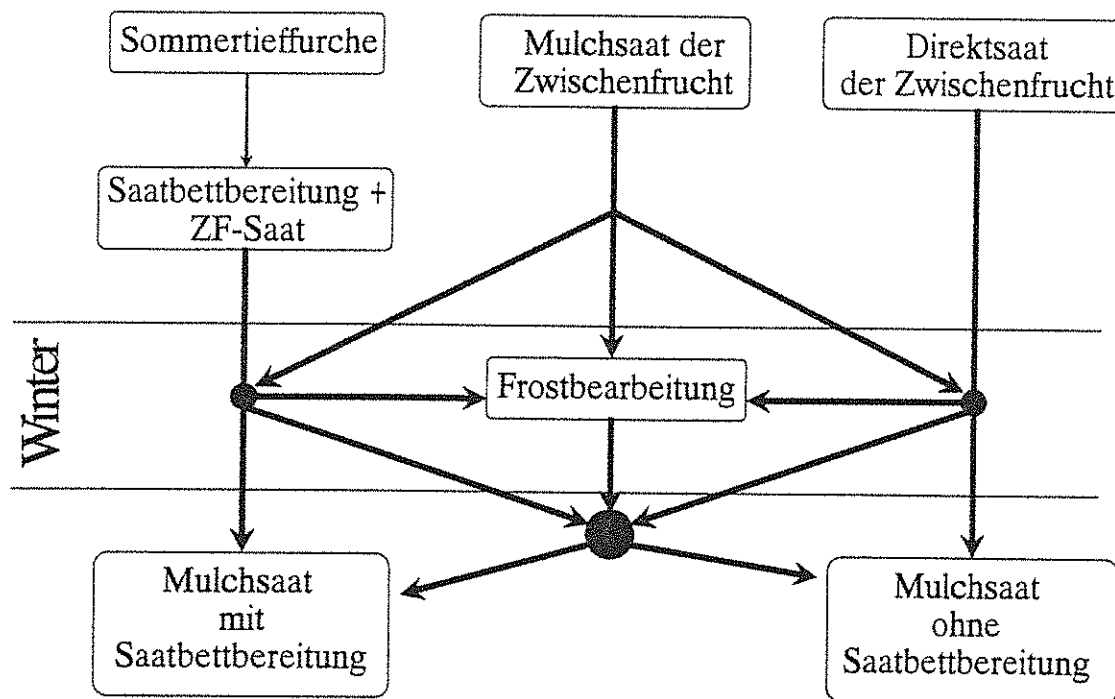


Abbildung 7: Verfahrensalternativen beim Zwischenfruchtanbau (Stoppelpbearbeitung wurde nicht berücksichtigt)

Als Zwischenfrüchte für die Gründung kommen in erster Linie abfrierende Arten wie Phacelia, Gelbsenf oder, mit Einschränkungen, Ölrettich in Frage. Die Zwischenfrucht muß den Boden möglichst rasch ganzflächig beschatten, da nur dann eine wirkungsvolle Unterdrückung von Ausfallgetreide und Unkraut möglich ist. Darüber hinaus müssen Phacelia und Gelbsenf ausreichend stark entwickelt sein, um sicher abzufrieren (ab etwa 50 cm Wuchshöhe). Ölrettich dagegen darf im Herbst nicht zu stark werden, da er ansonsten Speichergewebe (Rettiche) bildet, aus denen er auch nach Abfrieren der oberirdischen Masse wieder austreiben kann. Aus diesen Eigenarten ergeben sich auch die Anforderungen bezüglich der Saatzeit. Phacelia und Gelbsenf sind möglichst zeitig auszudrillen (noch im August), während Ölrettich auch noch in den ersten beiden Septemberwochen gedrillt werden kann.

In Pflugbetrieben hat sich die Sommertieffurche mit direkt anschließender Saatbettbereitung und Saat (s. Abb. 7) zur Etablierung eines kräftigen und vollständig deckenden ZF-Bestandes bewährt. Wird ein Mulchsaatverfahren gewählt, sollte im Trockengebiet vor der Saat ausschließlich extrem flach gearbeitet werden, um die Saat unter die Mulchdecke plazieren zu können (s. o.). Seit einiger Zeit werden auch Verfahren mit breitwürfigem Ausstreuen (Düngerstreuer oder Schneckenkornstreuer) und anschließendem oder gleichzeitigem flachen Einarbeiten der Zwischenfrucht erfolgreich angewendet. Moderne Kreiselstreuer eignen sich für Ausbringmengen ab 5 kg/ha und Verteilbreiten bis etwa 15 m (Gelbsenf). Schneckenkornstreuer können durch höhere Anbringung noch erheblich breiter verteilen oder direkt auf einem Bodenbearbeitungsgerät montiert werden. Von entscheidender Bedeutung ist bei diesen Verfahren die Krümelung und die Rückverfestigung des Bodens sowie eine gleichmäßige Strohverteilung als Vorbedingung.

Grundsätzlich bietet sich auch die Direktsaat (ohne jegliche Bodenbearbeitung) zur Zwischenfruchtaussaat an. Dem Vorteil des Säens auf bzw. in einen noch wasserführenden Horizont (sofern überhaupt noch Wasser in der Krume vorhanden ist) stehen allerdings die Probleme mit dem bei früher Saat noch frischen, unverrotteten Stroh sowie der späte Reihenschluß aufgrund der meist recht großen Drillreihenabstände dieser Maschinen (15 - 19 cm) gegenüber. Erfolgversprechender scheinen hier Verfahren der Saat während bzw. vor der Ernte. Bei der Saat während der Ernte wird das Saatgut direkt hinter dem Mähdescherschneidwerk auf den dann nicht bedeckten Boden breitwürfig

ausgestreut und anschließend durch eine Hackstriegel-Walzen-Kombination flach eingearbeitet. Versuche mit dem flachen Eindrillen in den Boden unter bzw. hinter dem Schneidwerk stehen derzeit noch am Anfang, darüberhinaus ist die zunehmende Belastung des Mähdrescherfahrers bei gleichzeitiger Verminderung der Ernteleistung zu beachten. Erfolgversprechender erscheinen Versuche der Vorerntesaat (Untersaat) in stehende Bestände. Frühestens mit der Spätdüngung wird die Zwischenfrucht mit dem Pneumatikstreuer ausgebracht. Auch eine zusätzliche Durchfahrt durch die Fahrgassen etwa 3 bis 4 Wochen vor der Ernte ist denkbar. Im Idealfall ist die Keimung der Zwischenfrucht mit Wurzelbildung im ungestörten, garen Boden zur Ernte bereits erfolgt und die Pflanze braucht lediglich die Strohaufgabe zu durchstoßen. Auch dieses Verfahren befindet sich noch im Versuchsstadium, insbesondere Fragen der Saatzeit und Saatmenge sind hierbei noch zu klären. Für Mulchsaat und Direktsaatbetriebe bieten sich durch diese Verfahren weitere Einsparungsmöglichkeiten an.

Je nach Bodenzustand und Entwicklung der Zwischenfrucht bzw. von Unkraut und Ausfallgetreide kann bei Frosttrockenheit im Winter eine flache Bearbeitung erfolgen, welche die abgefrorenen Reste einmulcht und die Oberfläche etwas aufräut. Abtrocknung und Erwärmung im Frühjahr werden dadurch etwas rascher ablaufen und in der Regel kann eine weitere Saatbettbereitung im Frühjahr unterbleiben. Zur Saat ist die Entscheidung zu treffen zwischen Mulchsaat ohne und mit Saatbettbereitung. Für die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung müssen geeignete Schneid- und Räumvorrichtungen an den Einzelkorndrillmaschinen vorhanden sein. Wird auch auf die Frostbearbeitung verzichtet, kann die Bodenoberfläche sehr fest und der Eindringwiderstand für die derzeitigen, meist zu leichten Einzelkornsäaggregate zu hoch sein. Allerdings wird bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung das Korn nicht so tief abgelegt wie bei Verfahren mit vorheriger Bodenbearbeitung und die Bedeckung mit losem Boden braucht nicht so hoch zu sein wie bei Verfahren mit Saatbettbereitung. Die bessere Wasserführung und die etwas zögerliche Bodenerwärmung im Frühjahr sind die Gründe für diese Forderungen. Technisch einfacher gestaltet sich die Mulchsaat mit Saatbettbereitung. Durch Wahl der Bearbeitungsintensität (zapfwellengetrieben oder gezogen) kann auch die Beschaffenheit des Saatbettes beeinflusst und auf die Erfordernisse der vorhandenen Drilltechnik abgestimmt werden.

Abfrierende Zwischenfrüchte sterben bei den ersten Frösten im Spätherbst bereits ab und nehmen ab diesem Zeitpunkt auch kein Wasser mehr auf. Spätestens von diesem Termin an wirken sie aufgrund der durch sie verbesserten Bodengare sowie der Oberflächenbedeckung durch Pflanzenmulch eher wasserkonservierend als -verbrauchend. Das größte Problem ist im Tockengebiet die Etablierung eines gleichmäßigen und kräftigen Bestandes im Herbst. Sofern dies gelingt, müssen die Zwischenfrüchte die Wasserbilanz des Standortes bzw. die nutzbare Feldkapazität im Frühjahr nicht unbedingt verschlechtern. Durch die meist verbesserte Wasserführung der von den Wurzeln erschlossenen Böden und die Möglichkeit in ein gut abgesetztes und gares Saatbett zu drillen überwiegen oft auch im Trockengebiet die Vorteile der Zwischenfrucht.

Der Praktiker im Umgang mit der organischen Düngung

Dipl.-Ldw. Chr. SCHMIDT, Hof Pfaffendorf GbR

Hof Pfaffendorf bewirtschaftet 4.125 ha, davon 410 ha in Lohnarbeit, betreibt eine Schweinemastanlage mit 6.500 Mastplätzen, hält eine Milchviehherde von z. Z. 615 Tieren in einer umgebauten Laufhofanlage mit eigener Nachzucht von ca. 520 Jungrindern. Das Spektrum der angebauten Kulturarten ist vielschichtig, wie folgende Tabelle zeigt:

Tabelle 1

Anbauverhältnis 1995 mit ausgewählten Kulturen und voraussichtlichen Erträgen und Aufwendungen an PS-Mitteln

Fruchtart	ha	%	Erträge	PSM/DM/ha
bearbeitete Fläche	4.125			176,50
dav. Getreide	1.730	42,0	64,5	156,50
CCM + K.-Mais	475	11,5	60,0	118,00
Z-Rüben	500	12,0	420,0	449,50
Raps einschl. NWRo	360	8,7	40,5	202,00
Erbsen einschl. NWRo	180	4,3	34,6	143,00
Zwiebeln	45	1,0	420,0	757,00
Hopfen	30	0,7	8,1	1.080,00
Stillegungsfl. o. NWRo	457	11,0		
Grünland	140	3,4		

PS-Mittel o. Hopfen	170,00
---------------------	--------

Resümee dieser Tabelle, man könnte sagen, bis auf die Erträge ist die Anbaustruktur in Ordnung, und der sinnvolle Aufwand an Pflanzenschutzmitteln weist auf eine ausgewogene Fruchtartenfolge hin.

Tabelle 2

An strukturbestimmender Technik wurden eingesetzt:

8	190-PS-Traktoren Deutz-Allis
11	75-100-PS-Traktoren Deutz und ZT 303
1	160-PS-Traktor Fendt
3	MAN-LKW
4	Mähdrescher Claas 228 mit zwei 6reihigen Pflückvorsätzen
4	Beetpflüge
3	Drillmaschinen
je 1	Spezialdrillmaschine für Mais, Zwiebeln und Z-Rüben
1	6reihig geschobener Rübenroder und selbstfahrender Gilles-Sammelroder
3	24 m-Anhängespritze

Zur Tierproduktion

Analog dem Pflanzenbau macht Tierproduktion nur einen Sinn, wenn die Leistungen gesteigert, die Ökonomie verbessert und im Produktionsprozeß der Personalaufwand deutlich verringert wird.

Tabelle 3

Schweinemastproduktion	nach Veränderung	vor Veränderung	vor der Wende
Mastplätze	6.500	6.200	6.200
Zunahme g/Tag/Tier	680		ca. 500
beschäftigtes Personal	3	4	9
Gülleanfall/Jahr ca.	13.500 m ³	21.000 m ³	21.000 m ³
Fütterung	Flüssig- fütterung auf Basis CCM-Mais	eigene Misch- futter- trocken- fütterung	Misch- futter- trocken- fütterung
=====			

Tabelle 4

Milchproduktion	nach Laufstall- umbau	vor Laufstall- umbau	vor der Wende
Milchkühe	614	960	1.700
vorauss. Endbestand	730		
Quotenerfüllung	72 %		
Leistung/Kuh	7.550	6.200	4.150
kg Eiweiß u. Fett	560	464	./.
AK	15	21	pro Schicht 14 AK
Melkzeiten/Tag	3 - 2 x	2 x	2 x
Anfall Gülle/m ³	30.000	40 - 50.000	60.000
=====			
Gülleanfall gesamt			
(einschl. Hirschmann)	34.000		110.000
m ³ /ha	8,2		20,7
=====			

Tabelle 5

Kriterien, um eine Milchviehhaltung erfolgreich zu betreiben:

1. über 7.000 l Milch/Kuh/Jahr
2. Kuhplatzum- oder -neubau nicht über 4.000,00 DM
3. Kosten/kg Milch unter 0,50 DM
4. 1 AK über 100 Kühe
5. Futterkostenanteil ca. 0,20 DM/l
6. Kostenanteil für Lohn, Energie und Wasser sollte ca. 15 %
des erzielten Milchpreises betragen

=====

Noch gravierender machen sich die veränderten Verhältnisse in der AK-Struktur bemerkbar.

Vorbildfunktion fängt, unabhängig von der Rechtsform, mit der Geschäftsführung an.

Tabelle 6

Arbeitskräfte-Übersicht

Bereich	ges.	Zentr.- erwält.	PP	MP	SP	Bau
Leitg. u. Verwalt.	8,7	4,7	3	1		
Feldbau	13		13			
Hopfen	1		1			
Zwiebeln	1		1			
Schlosser	6		3	3		
Biogasanlage	2		2			
Milchprodukt.	16			16		
Schweineprod.	3				3	
Bau	3					3
ganzjähr. Beschäft.	53,7	4,7	23	20	3	3
AK/100 ha LN	48,7	4,7	21	23		
ohne Biogasanl.u.Bau	1,18	0,11	0,51	0,56		
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
dazu Hopfen 50 Tg.	1,0		8			
" Zwiebelsort. 6 Mon.	1,0		2			
" Vorruheständl. 30 T/J.	0,6		4	1		
" zeitweil. AK 9 Mon.	2,2					3
AK ges.	58,5					
AK / 100 ha LN	1,42					
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====

Durch Lohnunternehmen werden nur die Gülleausbringung und die CC-Mais Produktion getätigt. Sämtliche Bauarbeiten erfolgen in eigener Regie.

Nun zum Thema:

Ich möchte Sie eingangs mit ein paar Zitaten konfrontieren, formuliert von Berufskollegen, die, wie ich meine, die ganze Bandbreite der Thematik widerspiegeln.

Tabelle 7

Zitate von Berufskollegen

- In den Gemischtbetrieben ist, bezogen auf den Pflanzenbau, die Welt noch in Ordnung.
- In reinen Marktfruchtbetrieben ist nicht die Frau, sondern die Spritze des Bauern liebstes Kind.
- Hier gehören nur Raps, Wintergerste und Kartoffeln angebaut, aber keine Rüben.
- Wenn ich könnte, würde ich Raps und Rüben auf über 50 % der Fläche anbauen.
- Wintergerste und Raps sind das einzige, wofür die Winterfeuchtigkeit reicht und hier etwas bringt.
- Man muß das hier anbauen, was das Meiste bringt, und wenn es Wintergerste nach Wintergerste ist.
- Einseitige Anbaumaßnahmen erfordern besondere Maßnahmen.
- Ein Spritzvorgang kostet bald 1 dt Getreide.
- Die Düngerpreise steigen deshalb ins Unermeßliche, um nach Inkrafttreten der Düngemittelverordnung den gleichen finanziellen Abschöpfungsgrad zu haben wie 1995.

Unverkennbar aktuell sind aus diesen Zitaten die Probleme des Trockengebietes Bernburg - Köthen herauszulesen.

Ich möchte aber auch, um keine Irrtümer aufkommen zu lassen, darauf hinweisen, daß es der Bauer war und ist, der über Generationen und auch jetzt den engsten Kontakt zur Natur und zum Naturschutz hat und appelliere daher an alle dieser Zunft, daß es so bleiben möge. Wir sind, und da glaube ich die Zustimmung aller Anwesenden zu haben, dialog- und lernfähig.

Daher sollte kein Schematismus beim Umgang mit Spritzmitteln Anwendung finden, sondern erst vor Ort geprüft werden, ob die ermittelten Daten einen Spritzmitteleinsatz rechtfertigen.

Alle Kollegen der ehemaligen DDR-Landwirtschaft, und nur diese, begreifen erst jetzt, welcher Raubbau an der Fruchtbarkeit des Bodens mit der Aberntung sämtlicher organischer Masse in der Vorwendelandwirtschaft getätigt wurde.

Dafür gab es natürlich einen Hintergrund, daß flächendeckend - insbesondere im Raum Halle-Magdeburg - bei ca. 80 % Futterabsicherung --> 100 % Produktion zu erbringen war.

Welcher Wirtschaftszweig mußte noch dieses Kunststück vollbringen - keiner! Und heute kenne ich nur eine Kultur, die das vollbringt - der CCM-Mais - aus 100 % Kornertrag mache ich 110 % Ertrag ohne Konservierungsverluste.

Ohne zu rechnen, weiß man, daß mit hiesiger Anbauweise dem Problem Mehrung der Bodenfruchtbarkeit genüge getan wird.

Die Frage ist eigentlich nur:

1. mit welchem Verfahren bzw. Methode komme ich wie schnell zum Ziel und
2. in oder mit welcher Qualität passiert dies?

1. Fruchtartenwahl und Fruchtartenfolge

Als Auswahlkriterien für die Entscheidung der Fruchtartenwahl gelten:

1. der Deckungsbeitrag bzw. die Gewinnabschöpfung der Kultur,
2. die spezifischen Standortfaktoren und
3. das verfolgte Betriebskonzept.

Die Fruchtartenfolge kann erfolgen auf der Basis

1. von Fruchtfolgen,
2. von Fruchtfolgegliedern und
3. von der gegenwärtigen Marktsituation beeinflusst.

Die Richtigkeit einer Entscheidung drückt sich im Entwicklungs- und Gesundheitszustand der Pflanzen aus und hat Auswirkungen auf

1. die Höhe der Pflanzen und die Düngemittelkosten/ha,
2. die Umweltbelastung und
3. auf das Ertragsniveau.

Daher meine ich, ich kann natürlich völlig danebenliegen, aber ich lasse mich gern eines besseren belehren, ist in reinen Marktfruchtbetrieben

- bei langfristiger Strategie --> die Anwendung von Fruchtfolgen unabdingbar,
- sollte die
 - . Rotationsbrache mit gezielter Begrünung ein fester Bestandteil in der Strategie sein,
 - . der Triticale- und Roggenanbau - als Phyto-Sanitargetreideart und Trockenresistenzpflanze als eine wertvolle Ergänzungs-

Fruchtart und ein vertretbarer K-Maisanbau bei vorhandener Trocknungskapazität als zusätzliche Regulativkultur genutzt werden.

Daß Leguminosen angebaut werden, setze ich voraus.

In Gemischtbetrieben, die auf Grund des Hauptfutterflächenanteils vom Ansatz her einen geringeren Getreideanteil haben, sollten angestammte und praxisbewährte Fruchtfolgeglieder zum festen Bestandteil der Anbauplanung gehören.

Die Flexibilität dieses Systems gestattet daher die günstigste Nutzung des besonderen Effekts der Futterpflanzen auf den Boden.

In diesen Betrieben müßte es das Ziel sein, durch bewußte Fruchtartenfolge - bis auf zu Raps - ohne eine zusätzliche N-Behandlung der zurückgebliebenen organischen Masse den N-Bedarf für die Nitrifikation zu sichern.

2. Humusfaktor - organische Rückstände

Das A und O in diesem System ist in unserem Trockengebiet die Umsetzung der auf dem Feld zurückgelassenen organischen Masse. Daher sollte die Fruchtartenwahl keinen unerheblichen Einfluß auf die Auswahl der Techniksysteme haben.

Je trockener und je schlechter die Strohverteilung, umso öfter eine flache Bearbeitung zur Anregung der Mikroorganismen-Tätigkeit und zur Verteilung der organischen Masse (z. B. war 1995 die Strohverteilung wesentlich schlechter als 1994). Extensivität führt zu inhomogenen Saatbettzonen und zu Wasserverlust.

Ein gezielter CCM- und Körnermaisanbau kann, unterstützt durch eine gezielte Begrünung auf Stilllegungsfläche, auf humusarmen Böden überdurchschnittliche Mengen an organischer Masse zuführen.

3. Organische Düngung

An Hand meiner Ausführungen zur Tierproduktion war erkennbar, daß mit der Konstruktion von Tierproduktionsstätten die Wertigkeit der anfallenden organischen Masse zu verbessern und das Einsatzmaterial zu verringern ist.

Die Produktion von organischen Dungstoffen ist immer mit einer Kostenfrage verbunden.

Daher sind Wasser in der Gülle und Strohmenen in den Stallanlagen auf ein Minimum zu beschränken.

Da der Viehbesatz in allen Betrieben deutlich unter dem bundesdeutschen Normativ liegt, dürften die Ausbringungskosten sich noch in vertretbaren Größenordnungen bewegen.

(Z. B. Gülleausbringung 3,60 DM/m³ bis 5 km oder > 5,00 DM/m³)

4. Gründüngung

In Rotationsbrachen, aber auch in der einfachen Stillegung, bedeutet aktive Flächenbegrünung bei ordentlicher Pflege einen in seiner Wirkung nicht zu unterschätzenden Gewinn für den Boden und seine Fruchtbarkeit. In diesem Trockengebiet machen Gründung als Zwischenfrüchte wegen des Wasserentzugs auf die Folgekultur kaum Sinn, hingegen gezielt genutzter Anbau in reinen Marktfruchtbetrieben mit Rotationsbrache schon.

5. Einfluß der Technik auf die Bodenstruktur

Dieses Feld zu beackern, ist nicht ganz einfach, denn wenn es so einfach wäre und es die Allroundmaschine gäbe, würde die Zahl der Hersteller von landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsgeräten sich auf ganz wenige reduzieren lassen.

Es ist aber nicht an dem, und die Vielfalt der Aggregate deutet auf unterschiedliche funktionelle Arbeitsweisen der Geräte hin.

Trotzdem sage ich, sind für reine Marktfruchtbetriebe gegenüber Gemischtbetrieben und einzelbäuerlichen Betrieben und Betrieben mit Arbeitnehmern tendenzielle Unterschiede in den Maschinensystemen auszumachen, und diese sollten auch

bewußt genutzt werden.

Bei allen Argumenten, die als das Für oder Wider beim Kauf der Technik ins Feld geführt werden, sollte oberstes Prinzip bleiben: Qualität der Arbeit und Beherrschbarkeit der Technik.

Abschließend noch einen persönlichen Kommentar zur Hannover-Messe: Wer die Entwicklung von der Nachwendeausstellung zur Diesjährigen verfolgte, mußte feststellen, daß der Gigantismus rasant zugenommen hat, und besonders die Berufskollegen aus den alten Bundesländern mußten sich sehr verloren vorgekommen sein.

Die Landtechnikindustrie hat schnell begriffen.

Ob diese Entwicklung richtig ist, ich weiß es nicht, aber ich, und andere bestimmt auch, wir würden uns freuen, wenn unabhängige Institute diese Entwicklung auf dem Gebiet Kosten-Nutzen-Denken kritisch begleiten würden.

Hier besteht nach meiner Auffassung Nachholebedarf.

Wirkung von Produkten der GÜlleaufbereitung auf Pflanzenertrag, N-Aufnahme und N_{min}-Gehalt im Boden

A. Nitschke; Fachhochschule Anhalt Bernburg

Einleitung

Gülleaufbereitungsprodukte (Separierung, anaerobe GÜlleaufbereitung) sind nährstoffreiche Wirtschaftsdünger mit einem hohen Anteil an organischer Substanz, die aus ökonomischen und ökologischen Gründen im landwirtschaftlichen Stoffkreislauf wiederverwertet werden sollten. Die positive Wirkung dieser Produkte beruht einerseits auf den verabreichten Pflanzennährstoffen und andererseits auf der organischen Substanz. Die Nährstoffwirkung ist über Mineraldüngeräquivalente mit der Mineraldüngung vergleichbar.

Material und Methoden

Geprüft wurden GÜlleaufbereitungsprodukte aus den Anlagen Pfaffendorf, Nordhausen, GÖritz, Surwold-Börgermoor, Brögborn und Merbitz sowie ein Tiefstreusubstrat aus der Schweinehaltung (Tab. 1). Diese Produkte unterschieden sich in der Art der Aufbereitung und der verarbeiteten GÜlle.

Tabelle 1 Herkunft und Art der GÜlleverarbeitungsprodukte, einschließlich Tiefstreu

Produktbezeichnung	Herkunft	GÜlleart
Separierungsprodukte aus RohgÜlle		
Feststoff NH	Nordhausen (Thüringen)	Schwein
Grobstoff PFA	Pfaffendorf (Sachsen-Anhalt)	Rind + Schwein
BiogasgÜlle (Fest-Flüssig-Trennung im Ausgleichsbecken)		
Faulschlamm NH	Nordhausen (Thüringen)	Schwein
BiogasgÜlle mit Fest-Flüssig-Trennung (mit Dekanter)		
Feststoff PZ	GÖritz (Mecklenburg-Vorpommern)	Rind
Feststoff PFA	Pfaffendorf (Sachsen-Anhalt)	Rind + Schwein
BiogasgÜlle mit Fest-Flüssig-Trennung u. Kompostierung		
Feststoff SW	Surwold-Börgermoor (Niedersachsen)	Rind + Schwein
Feststoff BG	Brögborn (Niedersachsen)	Rind + Schwein + Panseninhalt
Tiefstreusubstrate		
Tiefstreu 1	Holzschnitzel + Envirozyme	Schwein (2 Haltungsdurchg.)
Fermentierte GeflügelgÜlle (Aerobe Fermentation)		
FMP 1	Merbitz (Sachsen-Anhalt)	GeflügelgÜlle + Stroh
FMP 2	Merbitz (Sachsen-Anhalt)	GeflügelgÜlle + Putentiefstreu

Vor Beginn der Versuche wurden die Produkte auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. Die Feldversuche kamen am Standort Bernburg-Strenzfeld (x Jahrestemperatur 8,9 °C; x Niederschlag 483,4 mm) auf LÖß-Schwarzerdeböden zur Anlage. Die Produktausbringung in zwei verschiedenen Aufwandmengen (160 bzw. 320 kg N/ha) mit und ohne N-Mineralergänzungsdüngung (0 bzw. 40 kg/ha) zur Hauptfrucht mit anschließender flacher Einarbeitung erfolgte 1994 jeweils im Frühjahr vor der Saat zu Silomais und Kartoffeln. Der Silomais-Versuch wurde 1995 mit Winterweizen und einer erneuten Produktaus-

bringung im Frühjahr als Kopfdüngung fortgesetzt. Zur Prüfung der Nachfruchtwirkung nach einer einmaligen Produktausbringung zu Kartoffeln (1994) wurde als Folgefrucht Winterweizen angebaut.

Nährstoffgehalte

Gülleaufbereitungsprodukte eignen sich aufgrund ihres Gehaltes an organischer Substanz, Nährstoffen und basisch wirkender Bestandteile sowohl als Pflanzendünger als auch als Bodenverbesserungsmittel (Tabelle 2). Die Nährstoffgehalte bewegen sich zwischen 1,77 - 5,82 % Stickstoff, 0,75 - 3,83 % Phosphor und 0,25 - 1,99 % Kalium in der Trockensubstanz. Die Qualität der Produkte unterliegt jedoch wie bei Rohgülle größeren Schwankungen, so daß bei der Düngungsbemessung stets vom ermittelten Nährstoffgehalt ausgegangen werden sollte. In Abhängigkeit von den Nährstoffgehalten ist bei gleichem Stickstoffeinsatz die Zufuhr an P und K unterschiedlich hoch. Phosphor und Kalium sind bei der Düngungsplanung ähnlich wie Mineraldünger voll zu berücksichtigen; anders bei Stickstoff. Dieser liegt in den Gülleaufbereitungsprodukten im Vergleich zur Rohgülle nur zu 7 bis 49 % in löslicher, pflanzenverfügbarer Form vor. Der geringe Anteil an $\text{NH}_4\text{-/NO}_3\text{-N}$ und das zum Teil deutlich weitere C:N-Verhältnis der Gülleaufbereitungsprodukte läßt eine verminderte N-Wirkung vermuten.

Tabelle 2 Charakterisierung der Produkte

Produkte	TS %	org. Subst. %	pH	% i. d. Trockensubstanz							
				N_t	$\text{NH}_4\text{+NO}_3$	$\text{NH}_4\text{+NO}_3$ an N_t %	C : N	P	K	Ca	Mg
Schweinegülle	3,1	2,3	6,8	16,29	13,26	81	2,4 : 1	1,97	5,10	1,52	0,58
Rindergülle	7,4	6,0	6,7	4,04	1,81	45	10,2 : 1	1,01	2,91	0,95	0,55
Faulschlamm NH	10,7	7,3	7,2	5,82	2,51	43	5,9 : 1	3,83	1,41	2,32	0,70
Feststoff PZ	20,7	16,5	8,8	3,27	1,19	36	12,2 : 1	1,38	1,08	1,56	0,65
Feststoff SW	30,7	21,7	8,9	2,63	0,19	7	13,9 : 1	2,26	1,99	1,07	0,49
Feststoff BG	64,3	44,7	8,9	3,35	0,83	25	10,3 : 1	1,59	0,25	0,98	0,22
Feststoff PFA	25,4	17,1	8,3	3,93	1,93	49	8,2 : 1	3,25	0,76	3,34	0,79
Feststoff NH	27,0	23,8	8,7	2,23	0,81	36	19,3 : 1	1,32	0,41	0,98	0,51
Grobstoff PFA	26,5	24,2	8,4	1,77	0,63	36	23,8 : 1	0,75	0,63	1,44	0,23
Rottemist	21,1	17,2	8,8	3,37	0,41	12	11,2 : 1	0,94	1,55	1,26	0,40
Tiefstreu 1	34,8	29,6	9,0	1,55	0,39	25	26,5 : 1	1,24	1,93	1,53	0,40
FMP 1	67,1	29,1	8,1	2,54	0,25	10	9,5 : 1	0,23	2,74	2,43	0,27
FMP 2	60,5	36,1	7,2	2,93	0,37	13	10,4 : 1	1,64	3,64	1,99	0,32

Wirkung auf den Pflanzenertrag

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen sind die festen Gülleaufbereitungsprodukte ähnlich wie Stallmist einzusetzen. Die beste Wirkung auf den Pflanzenertrag im Vergleich zur reinen N-Mineraldüngung wurde bei Kartoffeln und Silomais erzielt; weniger bei Winterweizen. Trotz Unterschiede im Anteil an pflanzenverfügbarem Stickstoff und im

C:N-Verhältnis wurde die Höhe des Ertrages bei allen Produkten durch die Aufwandmenge bzw. durch die mineralische N-Düngung bestimmt (Tabellen 3-5).

Tabelle 3 **Einfluß organischer Produkte ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung auf den Gesamt-TM-Ertrag (dt/ha) von Silomais zu DC 84 (1994)**

N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)										
Aufwandmenge kg N _p /ha (B)/ organische Produkte (C)	0		40		GD _{Tu} 5%	MW		GD _{Tu} 5%	MW	
	160	320	160	320		160	320		(BC)	(C)
	0	40	80	120						
1. ohne	114,8	124,7	134,5	137,9	4,3					
2. Schweinegülle	122,9	139,3	128,5	139,4		125,7	139,4		132,5	
3. Rindergülle	124,6	136,1	129,1	132,3		126,8	134,2		130,5	
4. Rottemist	128,9	136,3	128,3	138,3		128,6	137,3		133,0	
5. Feststoff NH	127,3	134,3	129,0	137,7	ABC-C	128,1	136,0	BC-C	132,0	
6. Feststoff PZ	129,6	135,6	128,5	135,0	13,6	129,1	135,3	8,1	132,2	
7. Feststoff SW	130,5	135,0	130,2	137,7		130,3	136,4		133,3	
8. Grobstoff PFA	126,6	130,0	129,9	128,6		128,2	129,3		128,8	
9. Feststoff PFA	125,9	133,4	134,1	132,5		130,0	132,9		131,5	
10. Tiefstreu 1	133,3	134,1	133,1	132,7		133,2	133,4		133,3	
11. FMP 1	123,8	135,4	125,6	139,0		124,7	137,2		131,0	
12. FMP 2	137,2	137,3	131,9	132,5		134,6	134,9		134,7	
GD _{Tu} 5%	ABC-AB		13,0			BC-B		10,7		n.s.
MW (2.-12.)	128,2	135,2	129,8	135,1		129,0	135,1		132,1	
GD _{Tu} 5%	AB-A 6,2/ AB-B 4,7/ AB-bel.		10,3			5,6				

Wechselwirkungen AxBxC, AxB nicht signifikant, * Schweine-/ Rindergülle 80 kg N_p/ha; 160 kg N_p/ha

Tabelle 4 **Einfluß organischer Produkte ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung auf den Knollenertrag (dt/ha) von Kartoffeln zu DC 95**

N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)										
Aufwandmenge kg N _p /ha (B)/ organische Produkte (C) 0 40 80 120	0		40		GD _{Tu} 5%	MW		GD _{Tu} 5%	MW	
	160	320	160	320		160	320		(BC)	(C)
1. ohne	244,5	289,6	296,9	297,5	46,6					
2. Feststoff NH	275,2	341,4	294,4	344,2	ABC-C	284,8	342,8	BC-C	313,8	
3. Feststoff PZ	269,4	277,5	302,1	330,8	43,9	285,7	304,2	23,9	295,0	
4. Feststoff SW	298,7	312,9	323,8	336,4		311,3	324,7		318,0	
5. Grobstoff PFA	284,9	274,1	304,8	322,5		294,8	298,3		296,6	
6. Feststoff PFA	274,3	288,0	284,0	324,4		279,1	306,2		292,7	
GD _{Tu} 5%	ABC-AB	35,3					BC-B	26,8	19,0	
MW (2.-6.)	280,5	298,8	301,8	331,7		291,2	315,2		303,2	
GD _{Tu} 5%	AB-A 25,1/ AB-B 23,1/ AB-bel. 34,7					17,7				

Wechselwirkung AxBxC, AxB nicht signifikant

Tabelle 5 Einfluß organischer Produkte ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung auf den Korn-TM-Ertrag (dt/ha) von Winterweizen zu DC 91

		N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)									
		0		40		GD _{Tu} 5%	MW		GD _{Tu} 5%	MW	
Aufwandmenge kg N _i /ha (B)/ organische Produkte (C)		160	320	160	320		0	40			
	0 40 80 120									(AC)	(C)
1. ohne	60,1 69,3 83,0 76,6					9,1					
2. Schweinegülle		72,6	83,3	77,2	79,8		78,0	78,5			78,2
3. Rindergülle		64,1	74,9	73,4	80,2		69,5	76,8			73,1
4. Rottemist		66,2	75,0	72,6	76,8		70,6	74,7			72,6
5. Feststoff NH		69,6	80,8	81,6	76,5	ABC-C	75,2	79,0	AC-C		77,1
6. Feststoff PZ		63,7	74,3	77,9	77,4	18,5	69,0	77,6	2,8		73,3
7. Feststoff SW		65,0	76,7	80,3	77,9		70,9	79,1			75,0
8. Grobstoff PFA		66,9	78,0	77,9	78,7		72,5	78,3			75,4
9. Feststoff PFA		66,2	75,1	79,9	79,2		70,7	79,5			75,1
10. Tiefstreu 1		63,0	74,8	73,8	78,3		68,9	76,0			72,4
11. FMP 1		62,0	68,0	75,2	77,4		65,0	76,2			70,6
12. FMP 2		69,2	79,9	79,2	80,5		74,5	79,8			77,2
GD _{Tu} 5%	ABC-AB	6,7					AC-A	4,7			3,7
MW (2.-12.)		66,2	76,4	77,2	78,4		71,3	77,8			74,6
GD _{Tu} 5%	AB-A 12,0/ AB-B 1,7/ AB-bel. 18,2						1,5				

* Schweine-/ Rindergülle 80 kg N_i/ha; 160 kg N_i/ha

Die doppelte Aufwandmenge an Produkten wirkte bei allen Fruchtarten ertragserhöhend.

Im Vergleich zur reinen N-Mineraldüngung erzielten bei Silomais und Kartoffeln die Produkte im Mittel bei 160 kg/ha Produkt-N und ohne zusätzlichen Mineral-N gleiche Erträge wie ca. 40 kg/ha Mineral-N (errechnet nach der 3. Annäherung an das Ertragsgesetz von Boguslawski und Schneider 1964). Bei doppelter Aufwandmenge lag das Ertragsniveau im Bereich 80 bis 120 kg/ha Mineral-N. Bei Winterweizen war die Produktwirkung gemessen am Kornertag geringer und entsprach im Mittel bei einfacher Aufwandmenge und ohne Mineral-N der von ca. 20 bis 25 kg/ha Mineral-N, bei allen anderen Varianten der von 50 bis 65 kg Mineral-N. Bezogen auf den eingesetzten Produkt-N wurde dieser aus Gülle besser genutzt als der aus den Gülleaufbereitungsprodukten. Bei Silomais und Kartoffeln kamen ca. 25 bis 37,5 % des Stickstoffs der Gülleaufbereitungsprodukte bzw. 50 bis 75 % des Gülle-N zur Ertragswirkung. Bei Winterweizen wurden lediglich 12,5 bis 20 % des Stickstoffs der Gülleaufbereitungsprodukte und 25 bis 40,6 % des Gülle-N ausgenutzt. Diese Werte sind dem Mineraldüngeräquivalent gleichzusetzen (z.B. MDÄ 25 bedeutet: 100 kg/ha Produkt-N wirken wie 25 kg/ha Mineral-N).

Die Zugabe von 40 kg/ha Mineral-N blieb bei Silomais ohne zusätzlichen Effekt auf den TM-Ertrag. Bei Kartoffeln hingegen führte die Kombination zwischen organischer und mineralischer Düngung zu einem Mehrertrag an Kartoffeln von 2 bis 16 % gegenüber der höchsten Mineral-N-Gabe (N120). Winterweizen reagierte bei organisch-mineralischer Düngung in Abhängigkeit vom Produkt mit Kornträgen, die im Optimal- bis Höchstertragsbereich lagen.

Ein Vergleich der Produkte ergab, daß Schweinegülle, Feststoff NH und FMP 2 die höchsten Korn-TM-Erträge bei Winterweizen erzielten, Feststoff SW, Grobstoff PFA und Feststoff PFA sich im Ertrag jedoch nicht signifikant von den erst genannten unterschieden. Rottemist, Tiefstreu, Feststoff PZ, FMP 1 sowie Rindergülle waren in der Ertragswirkung etwas schlechter zu bewerten. Auch im Kartoffelanbau bewiesen Feststoff SW und NH eine sehr gute Ertragsleistung. Bei Silomais zeichneten sich derartige produktspezifische Ertragsdifferenzen nicht ab.

Im **Nachfruchtversuch** (Hauptfrucht 1994: Kartoffeln) mit Winterweizen hinterließ die doppelte Produktmenge unabhängig von einer zusätzlichen Mineral-N-Gabe zur Vorfrucht eine stärkere Nachwirkung auf den Gesamt-TM-Ertrag als 160 kg N_i/ha und entsprach im Mittel der Nachwirkung von 80 bzw. 120 kg/ha Mineral-N (Tabelle 6). Bei einfacher Aufwandmenge lag die Nachwirkung der Produkte zwischen der von 40 und 80 kg/ha Mineral-N. Die doppelte Produktmenge brachte einen um 12,5 dt/ha höheren Gesamt-TM-Ertrag, der sich auch in einer höheren Ährenzahl/m² niederschlug. Im Versuch wurden im Mittel der Produkte 118,4 dt/ha Gesamt-TM geerntet, davon 51,1 dt/ha Korn- und 67,3 dt/ha Stroh-TM. Feststoff NH, Grobstoff PFA und Feststoff PFA zeigten die höchste Nachwirkung, die sich auch im Korn-TM-Ertrag äußerte (53,9 / 52,3 / 51,8 dt/ha).

Tabelle 6 Nachwirkung organischer Produkte ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung zur Vorfrucht auf den Gesamt-TM-Ertrag (dt/ha) von Winterweizen zu DC 91 (FVS 6.7/95)

N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)										
					0	40		MW		MW
Aufwandmenge kg N _i /ha (B)/ organische Produkte (C)					160	320	160	320	GD _{Tu} 5%	160 320 GD _{Tu} 5% MW
0 40 80 120					(BC)					(C)
1. ohne	105,0	104,4	121,8	121,3	12,4					
2. Feststoff NH					116,6	135,1	115,7	133,4		116,2 134,2 125,2
3. Feststoff PZ					105,0	122,6	110,5	123,8	ABC-C	107,8 123,2 BC-C 115,5
4. Feststoff SW					106,0	118,4	107,3	116,7	23,2	106,6 117,6 8,7 112,1
5. Grobstoff PFA					120,9	122,9	116,7	122,9		118,8 122,9 120,9
6. Feststoff PFA					106,7	128,9	115,8	121,2		111,2 125,0 118,1
GD _{Tu} 5%					ABC-AB 14,2		BC-B 10,8		7,6	
MW (2.-6.)					111,0 125,6 113,2 123,6		112,1 124,6		118,4	
GD _{Tu} 5%					AB-A 6,5/ AB-B 12,9/ AB-bel. 20,9		5,7			

Wechselwirkungen AxBxC, AxB, BxC nicht signifikant

N-Aufnahme und Ausnutzung des Produkt-N

Die N-Entzüge durch Silomais, Kartoffeln und Winterweizen (Hauptfrucht) folgten weitgehend den Ertragsdifferenzierungen (Tabellen 7-9). Im Mittel der Produkte stieg der N-Entzug sowohl durch Zugabe von 40 kg/ha Mineral-N als auch bei doppelter Aufwandmenge an. In der N-Aufnahme zeigte sich die reine N-Mineraldüngung (N120) den Produktvarianten überlegen, mit Ausnahme von Feststoff NH und PFA (Kartoffeln) sowie Schweinegülle und FMP 2 (Winterweizen) bei doppelter Aufwandmenge plus 40 kg/ha Mineral-N.

Tabelle 7 Einfluß organischer Produkte nach einmaliger Applikation ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung auf den N-Entzug durch die oberirdische Gesamt-TM (kg/ha) und die Ausnutzung des Produkt-N (%) durch Silomais zu DC 84

Aufwandmenge kg N _i /ha (B)/ organische Produkte (C)	N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)								N- Ausnutz. % Produkt
	0		40		GD _{Tu} 5%	MW		GD _{Tu} 5%	MW (C)
	160	320	160	320		160	320		
	0	40	80	120					
1. ohne	169,6	189,4	202,4	216,1	14,6				
2. Schweinegülle		174,7	196,8	199,9	207,3	187,3	202,0		194,7
3. Rindergülle		170,5	194,3	196,5	202,0	183,5	198,2		190,8
4. Rottemist		174,3	183,7	186,6	197,2	180,4	190,5		185,4
5. Feststoff NH		170,8	194,7	194,8	206,8	ABC-C	182,8	200,7	BC-C
6. Feststoff PZ		176,1	199,1	190,3	200,8	15,2	183,2	200,0	7,1
7. Feststoff SW		179,9	192,9	194,1	204,4		187,0	198,6	
8. Grobstoff PFA		175,8	188,1	186,3	180,5		181,0	184,3	
9. Feststoff PFA		178,6	192,1	202,9	191,4		190,8	191,7	
10. Tiefstreu 1		187,6	186,5	193,9	189,1		190,8	187,8	
11. FMP 1		174,8	198,9	192,1	205,3		183,5	202,1	
12. FMP 2		188,2	195,0	193,7	200,8		191,0	197,9	
GD _{Tu} 5%		ABC-AB	18,0				BC-B	11,7	8,3
MW (2.-12.)		177,4	192,9	193,7	198,7		185,6	195,8	190,7
GD _{Tu} 5%		AB-A 3,1/	AB-B 4,8/	AB-bel. 7,6			2,5		
N-Ausnutz. %: (MW 4.-12.)		5,5	7,1	2,1	2,5		3,8	4,8	4,3
Produkt (MW 2.-3.)		3,8	16,2	11,0	9,6		7,4	12,9	10,1

Wechselwirkung AxBxC nicht signifikant; * Schweine-/Rindergülle 80 kg N_i/ha; 160 kg N_i/ha

Verglichen mit der reinen N-Mineraldüngung wurde der Produkt-N durch Kartoffeln besser ausgenutzt als durch Silomais und Winterweizen, obgleich bei Kartoffeln der N-Entzug um ca. die Hälfte geringer war. Die Ausnutzung des Stickstoffs aus den Gülleaufbereitungsprodukten betrug bei Kartoffeln im Mittel 8,0 %, bei Silomais einschließlich Rottemist und Tiefstreu 4,3 %, der Gülle-N wurde zu 10,1 % ausgenutzt.

Tabelle 8 Einfluß organischer Produkte ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung auf den N-Entzug durch die Knollen-TM (kg/ha) zu DC 95

		N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)						
		0		40			MW	MW
Aufwandmenge kg N _t /ha (B)/	organische Produkte (C)	160	320	160	320	GD _{Tu}	(C)	N-
0	40	80	120			5%		Ausnutzung %
								Produkt
1. ohne	64,1 86,5 97,9 116,0					14,6		
2. Feststoff NH		81,3	94,5	93,1	121,7	ABC-C	97,6	8,9
3. Feststoff PZ		76,6	74,1	97,8	102,2	13,4	87,7	5,8
4. Feststoff SW		86,8	85,1	111,6	109,2		98,2	11,0
5. Grobstoff PFA		80,4	72,3	97,3	101,3		87,8	6,1
6. Feststoff PFA		80,0	93,3	94,0	114,9		95,5	8,2
GD _{Tu} 5%		ABC-AB	12,1				5,8	
MW (2.-6.)		81,0	83,9	98,8	109,9		93,0	
GD _{Tu} 5%		AB-A	8,4/ AB-B	6,7/ AB-bel.	9,5			
N-Ausnutz. %: MW (2.-6.)		10,6	6,2	7,7	7,3			8,0
Produkt								
Wechselwirkung AxBxC, AxB nicht signifikant								

Wechselwirkung AxBxC, AxB nicht signifikant

Tabelle 9 Einfluß organischer Produkte nach zweimaliger Applikation ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung auf den N-Entzug durch die oberirdische Gesamt-TM (kg/ha) und die Ausnutzung des Produkt-N (%) durch Winterweizen zu DC 91

N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)										GD _{Tu} 5%	MW (C)	MW N- Ausnutz. % Produkt	
Aufwandmenge kg N _t /ha (B)/ organische Produkte (C)	0				40								
	160		320		160		320						
	0	40	80	120									
1. ohne	155,0	182,1	230,0	248,2						27,5			
2. Schweinegülle				185,8	242,3	222,7	263,9				228,7	48,8	
3. Rindergülle				162,5	202,0	187,8	221,6				193,5	17,6	
4. Rottemist				173,0	193,4	193,3	217,2				194,2	10,3	
5. Feststoff NH				184,1	220,3	219,2	230,4	ABC-C 49,6			213,5	19,2	
6. Feststoff PZ				163,8	193,7	204,9	218,6				195,2	10,8	
7. Feststoff SW				175,7	210,5	226,3	231,2				210,9	18,3	
8. Grobstoff PFA				175,1	209,1	211,4	230,5				206,5	15,7	
9. Feststoff PFA				172,4	198,6	224,3	234,1				207,4	16,8	
10. Tiefstreu 1				163,3	197,3	189,7	216,0				191,6	8,5	
11. FMP 1				160,7	173,3	204,6	218,2				189,2	8,6	
12. FMP 2				183,5	221,2	213,5	249,0				216,8	19,8	
GD _{Tu} 5%				ABC-AB		32,0		17,5					
MW (2.-12.)				172,7		205,6		208,9		230,1		204,3	
GD _{Tu} 5%				n.s.									
N-Ausnutzung %: (MW 4.-12.)				10,9		14,7		17,2		14,1		14,2	
Produkt (MW 2.- 3.)				23,9		42,0		28,9		37,9		33,2	

Wechselwirkung AxBxC nicht signifikant; * Schweine- /Rindergülle 80 kg N_t/ha; 160 kg N_t/ha

Im zweiten Versuchsjahr - Winterweizen nach Silomais - lag die Ausnutzung des Produkt-N höher (Differenzmethode). Sie betrug bei Winterweizen im Mittel der Gülleaufbereitungsprodukte einschließlich Rottemist und Tiefstreu 14,2 %, bei Rohgülle 33,2 %.

Die höchsten N-Entzüge im Kartoffelversuch wurden auf den mit Feststoff NH, SW und PFA gedüngten Parzellen ermittelt, die hinsichtlich des angebotenen Produkt-N eine bessere Ausnutzung von durchschnittlich 8,2 bis 11,0 % aufwiesen. Bei Winterweizen erzielten die mit Schweinegülle, Feststoff NH, SW und FMP 2 gedüngten Parzellen die höchsten N-Entzüge und -Ausnutzungskoeffizienten (18,3 - 48,8 %). Die schlechteste N-Aufnahme verbunden mit einer geringen N-Ausnutzung lag bei Rottemist, Tiefstreu und FMP 1 vor. Bei Silomais waren die Unterschiede in der N-Ausnutzung zwischen den Gülleaufbereitungsprodukten außer bei Grobstoff PFA gering. Durch Zugabe von 40 kg/ha Mineral-N verringerte sich die Ausnutzung des Produkt-N bei Silomais, bei Winterweizen hingegen führte die N-Gabe bei einfacher Produktmenge zu einer erhöhten Ausnutzung. Bei Kartoffeln traf dieses Ergebnis für 320 kg/ha Produkt-N zu.

Im **Nachfruchtversuch** (Hauptfrucht 1994: Kartoffeln) wurde durch Winterweizen bei doppelter Produktmenge mehr N entzogen als bei einfacher Aufwandmenge (Tab. 10). Die N-Ausnutzungsrate betrug 4,9 bis 8 %. Bezogen auf den eingesetzten Produkt-N wurden im Nachbaujahr ca. 8 bis 26 kg/ha N freigesetzt.

Tabelle 10 **Nachwirkung organischer Produkte ohne und in Kombination mit einer N-Mineraldüngung zur Vorfrucht auf den N-Entzug durch die oberirdische Gesamt-TM (kg/ha) und die Ausnutzung des Produkt-N (%) durch Winterweizen zu DC 91**

		N-Mineraldüngung (kg/ha) (A)				GD _{Tu} 5%	MW (C)	MW N- Ausnutzung % Produkt
Aufwandmenge kg N _p /ha (B)/ organische Produkte (C)		0	320	40	320			
0	40	80	120					
1. ohne	93,7	94,0	116,3	118,2		n.s.		
2. Feststoff NH			106,9	129,0	104,8	128,2	117,2	9,2
3. Feststoff PZ			91,3	115,4	99,8	125,9	108,1	4,8
4. Feststoff SW			92,1	110,9	96,0	111,0	n.s.	2,7
5. Grobstoff PFA			116,9	117,3	106,7	116,1	114,2	9,2
6. Feststoff PFA			100,3	124,2	114,8	117,3	114,1	8,5
GD _{Tu} 5%		ABC-AB		n.s.			11,0	
MW (2.-6.)		101,5		119,3			111,2	
N-Ausnutzung %: MW (2.-6.) Produkt		4,9		8,0				6,9

Die Mineral-N-Düngung zur Vorfrucht hinterließ keinen zusätzlichen Effekt. Im Mittel der Düngungsvarianten zeichneten sich auf den mit Feststoff NH, Grobstoff PFA und Feststoff PFA gedüngten Parzellen die höchsten N-Entzüge ab, die auch hinsichtlich der Ausnutzung

des Produkt-N besser waren. Die geringsten N-Entzüge und N-Ausnutzungsraten lagen bei Feststoff SW vor.

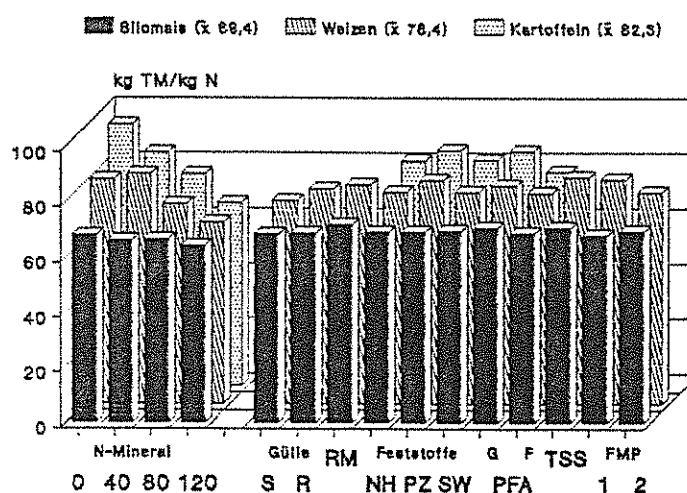
N-Verwertung

Von den untersuchten Kulturarten wurde der Produkt-N analog zum Mineral-N am besten durch Kartoffeln und am geringsten durch Silomais verwertet - kg gebildete TM je kg aufgenommenen N - (Abb. 1).

Unterschiede zwischen den Produkten in der N-Verwertung zeichneten sich bei Kartoffeln und Winterweizen ab. Produktspezifisch höhere N-Entzüge führten nicht zu einem äquivalenten Anstieg im Pflanzenertrag, so daß diese Produkte hinsichtlich der N-Verwertung schlechter waren, wie z.B. Schweinegülle, Feststoff NH, SW; die mit Feststoff PZ und Rottemist, Tiefstreu und FMP 1 gedüngten Pflanzen verwerteten den Produkt-N besser.

Abbildung 1

N-VERWERTUNG (kg TM/ kg N) in Abhängigkeit der Produkte und der Kulturpflanzenart



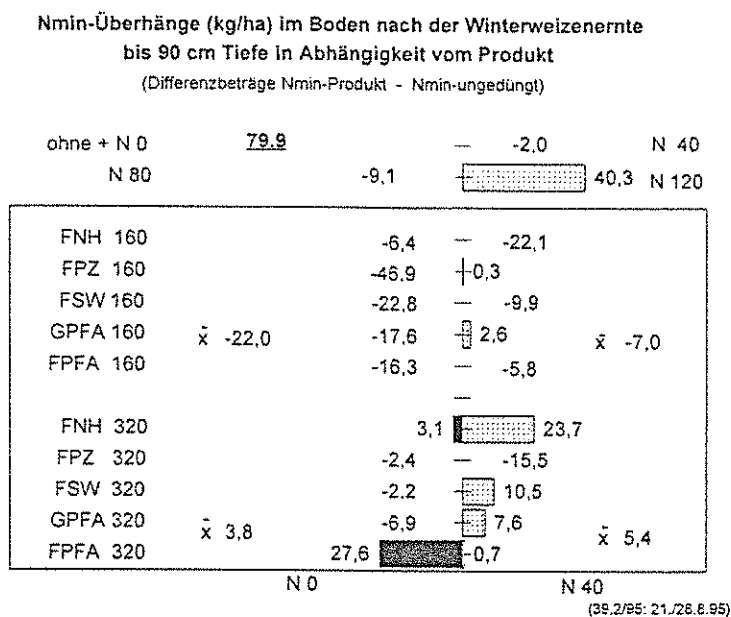
Auswirkung organischer Düngung auf den N_{\min} -Gehalt im Boden

In Abhängigkeit von der eingesetzten N-Menge, dem Probenahmetermin und der angebauten Kulturpflanzenart zeichneten sich auf den Produktparzellen unterschiedliche N_{\min} -Überhänge ab.

Nach der Ernte von Silomais und Winterweizen wurden auf der ungedüngten Parzelle jeweils 80 kg/ha N_{\min} bis 90 cm Tiefe gemessen. Während Silomais auf den Produktparzellen weniger N_{\min} hinterließ als auf der ungedüngten Variante (bis 35 kg/ha weniger, Ergebnisse nicht dargestellt), traten nach Winterweizen bei doppelter Aufwandmenge plus 40 kg/ha

Mineral-N produktspezifisch höhere Restmengen auf (Feststoff NH 23,7; Feststoff PFA 27,6 kg/ha; Abb. 2).

Abbildung 2



Wärmere Witterungsbedingungen im Herbst und Winter könnten bei höheren Düngungsmengen zu einem stärkeren N_{min} -Auftreten und somit zu einem erhöhten -Auswaschungspotential im Boden führen (Winterweizen 1994; Abb. 3). Andererseits begünstigen jedoch derartige Bedingungen das Pflanzenwachstum und somit eine erhöhte N-Aufnahme, wie die N_{min} -Werte unter Wintergerste im Herbst 1995 bestätigten. Dabei erwies sich die organisch-mineralische Düngung als besonders günstig (Abb. 4).

Abbildung 3

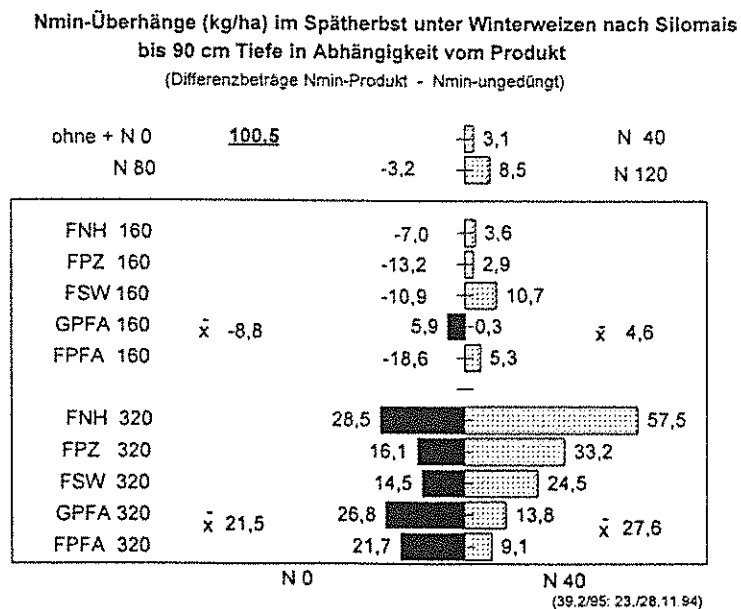
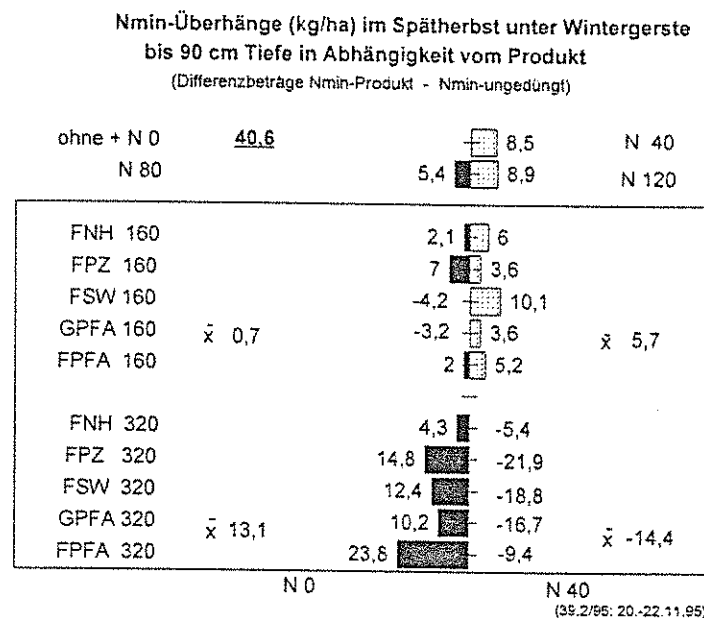


Abbildung 4



Schlußfolgerungen

Aus den bisherigen Untersuchungen lassen sich folgende Aussagen ableiten:

1. Gülleaufbereitungsprodukte besitzen insgesamt eine gute Ertragswirkung. Durch den geringeren Anteil an löslichem, pflanzenverfügbarem Stickstoff und dem z. T. weiteren C:N-Verhältnis ist die Wirkung geringer als bei Rohgülle, aber gegenüber Rottemist gleich bzw. besser. Je nach Kulturart und Ausbringungsmenge ist im Jahr der Anwendung der Stickstoff auf Basis der Mineraldüngeräquivalente bei der Düngungsplanung zu berücksichtigen. Aufgrund des hohen Anteils an organisch gebundenem Stickstoffs sollten Gülleaufbereitungsprodukte im Frühjahr vorrangig zu Kulturpflanzen mit relativ später N-Aufnahme ausgebracht werden.
2. Die kombinierte organisch-mineralische Düngung führte bei Kartoffeln zu Mehrerträgen von bis zu 16 % gegenüber der reinen N-Mineraldüngung (N120). Dieses Ergebnis ist vermutlich auf „produktspezifische“ Effekte zurückzuführen, da mit Ausnahme der Feststoffe NH und PFA die Produktvarianten im N-Entzug der höchsten N-Mineralstufe unterlegen waren. Die mineralische N-Ergänzungsdüngung blieb bei Silomais im Vergleich zu Kartoffeln und Winterweizen ohne Einfluß auf den Pflanzenertrag.
3. Der Produkt-N wurde je nach Kulturart in den einzelnen Jahren unterschiedlich ausgenutzt. Generell ließen sich im ersten Anwendungsjahr, infolge des hohen N-Sorptions- und -Nachlieferungsvermögen der Löß-Schwarzerde, geringere N-Ausnutzungsraten errechnen. Erst im zweiten Anwendungsjahr, wenn die N-Nachlieferung auf der ungedüngten Parzelle geringer wird, erhöhte sich die Ausnutzung des Produkt-N, wobei nach zweimaliger Applikation zwischen einer direkten und einer Nachwirkung nicht unterschieden werden

kann. Eine zusätzliche N-Mineraldüngung wirkte sich bei Silomais negativ, bei Winterweizen und Kartoffeln zum Teil fördernd auf die N-Ausnutzungsrate der Gülleaufbereitungsprodukte aus. Bei Gülle-N (80 kg N/ha) führte die N-Mineraldüngung generell zu einer besseren N-Ausnutzung. Die Nachwirkung des Produkt-N betrug im folgenden Jahr je nach Aufwandmenge 4,9 bis 8,0 %.

4. Der Gülle-N wurde von allen Kulturarten am besten ausgenutzt. Die Gülleaufbereitungsprodukte waren schlechter zu bewerten, aber im Vergleich zu Rottemist wurde mehr N entzogen und insgesamt eine bessere N-Ausnutzung erzielt.

5. Die Erhöhung der organischen und mineralischen N-Düngung führte zu einer verstärkten N-Aufnahme durch die Kulturpflanzen. Dabei zeigte sich jedoch die reine N-Mineraldüngung in den meisten Fällen den Produktvarianten überlegen.

6. Die Gülleaufbereitungsprodukte hinterließen in Abhängigkeit von der Aufwandmenge, der angebauten Kulturpflanzenart und dem Probenahmetermin unterschiedliche N_{\min} -Gehalte bis 90 cm Tiefe. Unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte ist die Düngung von 320 kg/ha Produkt-N mit der Gefahr einer erhöhten N-Freisetzung in den Herbst- und Wintermonaten verbunden, wobei die Gefahr der N-Verlagerung in untere Bodenschichten unter den gegebenen Niederschlagsbedingungen gering ist.