

*Aus dem Institut für Pflanzenernährung
der Technischen Universität München-Weihenstephan*

Zur Wirkung einer kombinierten „Stroh-Gründung“ mit Kalkstickstoff in langjährigen Feldversuchen

Von

A. AMBERGER und P. SCHWEIGER

Eingegangen am 29. November 1971

I. Einleitung

Die Strohdüngung stellt heute in vielen landwirtschaftlichen Betrieben die einzige Form des Humusersatzes dar. Meist haben arbeits- und betriebswirtschaftliche Überlegungen zu dieser Form der organischen Düngung geführt. Die dabei auftauchenden Probleme pflanzenbaulicher Art sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen geworden. SCHMIDT (9), BARBIER (2), v. BOGUSLAWSKI (3) und SANDHOFF (7) haben in umfassenden Zusammenstellungen viele Fragen der Strohdüngung bzw. einer sinnvollen Strohverwertung angesprochen.

Mehr denn je ist heute eine kombinierte „Stroh-Gründung“ Gegenstand der Diskussion. Vor allem in Fruchtfolgen mit hohem Getreideanteil soll durch Einschaltung einer „Begrünung“ die häufige Aufeinanderfolge von Strohdüngung aufgelockert und dadurch die Strohverrottung gefördert werden. Verschiedene Autoren (8) befürworten die zusätzliche Gründüngung zur Strohdüngung. Es ist aber nicht zu übersehen, daß den angeführten Vorteilen — zusätzliche Humus- und gegebenenfalls N-Quelle (Leguminosen), verbesserte Strohrotte, Schutz des Stickstoffs vor Auswaschung durch biologische Konservierung — auch einige Nachteile gegenüberstehen. Darunter fallen z. B. zusätzliche Kosten für Saatgut und Arbeitslohn; ferner sind in den Monaten August, September und Oktober entsprechende Niederschläge unbedingt erforderlich, um einen lohnenden Gründüngungsaufwuchs zu bekommen, während im Falle einer Kleeuntersaat die Gefahr der Vermehrung von Unkräutern und Feldschädlingen (Mäusen) nicht unerwähnt bleiben darf.

Zur Frage der Wirkung einer kombinierten Stroh-Gründüngung hat unser Institut einige langjährige Versuche mit Kalkstickstoff durchgeführt, einem Düngemittel, das zur Strohrotte bekanntlich sehr geeignet ist (langsamere Umsetzung und damit geringere Gefahr der N-Auswaschung, Ammoniaklieferung für den Aufbau von echten Humusstoffen, Beschleunigung des Strohabbaues durch den hohen Kalkanteil).

II. Versuch A mit Ergebnissen

Fragestellung: Wirkung steigender Kalkstickstoffgaben als N-Ausgleichsdüngung zur Strohdüngung ohne und mit zusätzlicher Gründüngung.

A. Daten der Versuchsanstellung

| | | |
|---------------------------|--|--|
| Boden: | sandiger Lehm; schwach pseudovergleyte Parabraunerde | |
| Nährstoffversorgung (DL): | 15 mg P_2O_5 , 13 mg K_2O je 100 g Boden | |
| T-Wert: | 14 mval | |
| V %: | 87 % | |
| Ca-Sättigung: | 77 % | |
| Organische Substanz: | 1,40 % | |
| Gesamt-N: | 0,16 % | |
| C/N-Verhältnis: | 8 | |

| | | | | |
|--------------|------|--------------|------|--------------|
| Fruchtfolge: | 1959 | Kartoffeln | 1965 | Kartoffeln |
| | 1960 | Winterweizen | 1966 | Winterweizen |
| | 1961 | Kartoffeln | 1967 | Futtermühen |
| | 1962 | Wintergerste | 1968 | Sommergerste |
| | 1963 | Futtermühen | 1969 | Kartoffeln |
| | 1964 | Sommergerste | | |

Bearbeitungsmaßnahmen: Reihe I Strohdüngung: Das kurz gehäckselte Stroh wurde auf die Stoppel ausgebracht und mit der Fräse flach eingearbeitet,
 Reihe II Kombinierte „Stroh-Gründüngung“: Zusätzlich zu dem entsprechend Reihe I eingebrachten Stroh erfolgte eine breitwürfige Rapsansaat (etwa 25 kg/ha).

Düngungsplan: Grunddüngung:
 NPK optimal (für Blattfrüchte: reduzierte N-Gabe, um die Mobilität des zur Rotte gegebenen Stickstoffs besser erfassen zu können)
 Versuchsdüngung:
 1. ohne Stroh, ohne N
 2. ohne Stroh + 60 kg N/ha als Kalkstickstoff
 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N
 4. 50 dz Stroh + 60 kg N/ha als Kalkstickstoff
 5. 50 dz Stroh + 120 kg N/ha als Kalkstickstoff
 6. 300 dz Stallmist/ha
 Die Stallmist- bzw. Strohdüngung erfolgte alle zwei Jahre; eine zusätzliche N-Gabe zur Rapsensaat (Reihe II) wurde nicht gegeben.

B. Ergebnisse

Die Blattfrüchte Kartoffeln bzw. Futtermühen zeigen die direkte Wirkung, das jeweils nachfolgende Getreide die Nachwirkung der Strohdüngung.

a) Direkte Wirkung der „Stroh-Gründüngung“ (Tabelle 1)

In der Reihe I „ohne Gründüngung“ bringt die zusätzliche N-Gabe, Düngungsart (DA) 2, meist einen gesicherten Mehrertrag gegenüber der Kontrolle. Die Strohdüngung ohne N-Ausgleich verursacht dagegen einen merklichen

Ertragsrückgang. Durch die einfache N-Gabe zum Stroh (DA 4) kann der Ertragsabfall der Kartoffeln (gegenüber DA 1) nur teilweise verhindert werden; die Futterrüben bringen aber einen gesicherten Zuwachs. Erhöhte N-Zusatzdüngung (120 kg/ha) führt in allen Fällen zu gut bis sehr gut gesicherten Mehrerträgen. Stallmist erzielt nur zu Futterrüben eine gesicherte Ertragssteigerung.

Die in jedem Falle günstige Wirkung der Strohdüngung + 60 bzw. 120 kg N/ha sowie des Stallmistes zu Futterrüben dürfte vor allem auf Strukturverbesserungen, längere Vegetationszeit und nicht zuletzt auf den Kalkeffekt des Kalkstickstoffes zurückzuführen sein.

Das Ertragsniveau der Reihe II „Strohdüngung mit Gründüngung“ ist gegenüber dem der Reihe I leicht erhöht. Die zusätzliche N-Gabe (DA 2) führt, wie oben, in der Regel zu einem deutlichen Mehrertrag. Ein Ertragsrückgang der Strohdüngung ohne N-Ausgleich ist nur zu Kartoffeln zu beobachten; die Futterrüben bringen sogar ohne zusätzliche N-Düngung einen gesicherten Mehrertrag. Düngungsart 4 (Stroh + 60 N) führt insbesondere bei Futterrüben zu höheren Erträgen. Eine weitere Steigerung der Substanzproduktion kann durch eine Verdoppelung der N-Ausgleichsgabe erreicht werden. Die Ertragsbildung

Tabelle 1 Direkte Wirkung der „Stroh-Gründüngung“ auf den Ertrag von Kartoffeln bzw. Futterrüben

(Knollen bzw. Rüben in dz Frischsubstanz/ha)

Direct effect of "straw-green manuring" on yield of potatoes or fodder beet (tubers or roots in dz fresh weight/ha)

| Versuchsglieder | Kartoffeln | Kartoffeln | Futterrüben | Kartoffeln | Futterrüben | Kartoffeln | Mittel (relativ) | |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------------|-------------|
| | 1959 | 1961 | 1963 | 1965 | 1967 | 1969 | Kartoffeln | Futterrüben |
| Reihe I: „ohne Gründüngung“ | | | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 423 | 288 | 834 | 213 | 714 | 293 | 100 | 100 |
| 2. ohne Stroh + 60 kg N/ha | 449 | 318 | 856 | 208 | 780 | 320 | 106 | 106 |
| 3. 50 dz Stroh/ha ohne N | 393 | 242 | 826 | 203 | 664 | 283 | 92 | 96 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 60 kg N/ha | 420 | 264 | 938 | 187 | 783 | 312 | 97 | 111 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 120 kg N/ha | 437 | 312 | 1027 | 225 | 855 | 346 | 108 | 121 |
| 6. 300 dz Stallmist/ha | 426 | 273 | 895 | 214 | 1140 | 256 | 96 | 131 |
| Reihe II: „mit Gründüngung“ | | | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 413 | 288 | 755 | 216 | 824 | 323 | 102 | 102 |
| 2. ohne Stroh + 60 kg N/ha | 434 | 321 | 844 | 202 | 897 | 353 | 108 | 112 |
| 3. 50 dz Stroh/ha ohne N | 392 | 259 | 771 | 188 | 846 | 321 | 95 | 104 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 60 kg N/ha | 417 | 292 | 871 | 197 | 898 | 350 | 103 | 114 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 120 kg N/ha | 433 | 343 | 978 | 228 | 947 | 378 | 113 | 124 |
| 6. 300 dz Stallmist/ha | 400 | 286 | 827 | 223 | 1327 | 295 | 99 | 139 |

Grenzdifferenz P 5 %: innerhalb der Reihe 12,7 dz/ha, zwischen den Reihen 7,4 dz/ha.

von „Stallmist“ liegt nur bei Futterrüben über der Kontrolle.

Die Rapeseinsaat bringt im Mittel von sechs Jahren in sämtlichen Düngungsarten Mehrerträge von etwa 4 bis 5 % gegenüber der Reihe „ohne Gründüngung“. Durch die zusätzliche Gründüngung wird offenbar der in der Bodenlösung vorhandene Stickstoff noch ausgenutzt und damit vor Auswaschung geschützt; ferner wird durch das leicht verrottbare N-haltige Grünmaterial die Strohrotte beschleunigt.

b) Nachwirkung der „Stroh-Gründüngung“ (Tabelle 2)

Die Strohdüngung mit N-Ausgleich, insbesondere die höhere Gabe, erreicht zum Teil deutliche Mehrerträge gegenüber der Kontrolle. Ein Ertragsabfall der DA 3 ist nicht mehr zu beobachten; man könnte sogar von einer Tendenz der Remineralisierung des biologisch blockierten Stickstoffs sprechen. Die verhältnismäßig hohe Stallmistgabe bringt im fünfjährigen Durchschnitt auf diesem tätigen Boden in guter Kultur keinen Mehrertrag.

In der Nachwirkung erzielen die Reihen „mit Gründüngung“ und „ohne Gründüngung“ nahezu gleiche Erträge; erwartungsgemäß bleibt der Einfluß der Rapsbegrünung also nur auf die vorausgegangene Hackfrucht beschränkt.

Tabelle 2 Nachwirkung der „Stroh-Gründüngung“ auf den Ertrag von Getreide
(Körner in dz/ha mit 14 % H₂O)
Residual effect of „straw-green manuring“ on cereal yield
(grain in dz/ha with 14 % H₂O)

| Versuchsglieder | Winterweizen 1960 | Wintergerste 1962 | Sommergerste 1964 | Winterweizen 1966 | Sommergerste 1968 | Mittel (relativ) |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Reihe I: „ohne Gründüngung“ | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 44,2 | 39,8 | 35,7 | 30,6 | 39,7 | 100 |
| 2. ohne Stroh + 60 kg N/ha | 44,0 | 41,1 | 36,9 | 31,5 | 39,1 | 101 |
| 3. 50 dz Stroh/ha ohne N | 44,9 | 40,1 | 36,5 | 31,7 | 40,6 | 102 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 60 kg N/ha | 45,9 | 39,8 | 37,1 | 34,5 | 39,0 | 103 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 120 kg N/ha | 50,6 | 42,0 | 38,3 | 32,2 | 38,1 | 106 |
| 6. 300 dz Stallmist/ha | 44,8 | 36,1 | 36,3 | 29,9 | 40,3 | 99 |
| Reihe II: „mit Gründüngung“ | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 44,5 | 39,1 | 33,9 | 28,6 | 39,8 | 98 |
| 2. ohne Stroh + 60 kg N/ha | 45,4 | 40,5 | 34,6 | 30,9 | 41,6 | 101 |
| 3. 50 dz Stroh/ha ohne N | 44,9 | 40,4 | 34,8 | 30,5 | 41,4 | 101 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 60 kg N/ha | 47,0 | 41,7 | 35,7 | 31,0 | 42,1 | 103 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 120 kg N/ha | 50,0 | 45,4 | 36,3 | 29,8 | 40,8 | 107 |
| 6. 300 dz Stallmist/ha | 41,9 | 38,5 | 34,9 | 28,5 | 39,8 | 97 |

Grenzdifferenz P 5 %: innerhalb der Reihe 0,9 dz/ha, zwischen den Reihen 0,5 dz/ha.

c) Bodenuntersuchungen (Tabelle 3)

Nach elfjähriger Versuchsdauer führt das hohe zusätzliche Mineralstoffangebot des Stallmistes in beiden Reihen zu einer deutlichen Erhöhung der

Laktatwerte für K_2O und P_2O_5 , sowie des pH-Wertes und C-Gehaltes im Boden. Auch die hohe Kalkstickstoffgabe zur Strohdüngung (DA5) verursacht einen gewissen Anstieg des pH-Wertes und Gesamt-C-Gehaltes. Der T-Wert nimmt in allen Düngungsarten mit Stroh + N-Ausgleich bzw. Stallmist etwas zu.

Aus den Arbeiten von SPRINGER (10), SPRINGER und SEISCHAB (11), JUNG und RIEHLE (4) kann eine Anreicherung stabiler Humusformen als Folge einer langjährigen Strohdüngung mit Kalkstickstoff erwartet werden.

Tabelle 3 Bodenuntersuchungen — Versuch „Stroh-Gründüngung“
(nach Abschluß der elfjährigen Versuchsdauer)
Soil investigations — “straw-green manuring” experiment
(after 11 years duration of the experiment)

| Versuchsglieder | pH (KCl) | DL mg/100 g Boden | | Gesamt- C % | Gesamt- N % | T-Wert mval |
|---------------------------------|-------------|----------------------|----------|-------------------|-------------------|----------------|
| | | K_2O | P_2O_5 | | | |
| Reihe I: „ohne Gründüngung“ | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 5,8 | 14 | 19 | 1,40 | 0,15 | 13,5 |
| 2. ohne Stroh + 60 kg N/ha | 5,9 | 13 | 18 | 1,25 | 0,15 | 14,0 |
| 3. 50 dz Stroh/ha ohne N | 5,9 | 14 | 19 | 1,30 | 0,15 | 15,3 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 60 kg N/ha | 5,8 | 14 | 19 | 1,40 | 0,16 | 13,9 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 120 kg N/ha | 6,0 | 12 | 18 | 1,30 | 0,15 | 14,8 |
| 6. 300 dz Stallmist/ha | 6,2 | 21 | 29 | 1,65 | 0,17 | 14,0 |
| Reihe II: „mit Gründüngung“ | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 5,9 | 15 | 19 | 1,25 | 0,15 | 13,6 |
| 2. ohne Stroh + 60 kg N/ha | 5,9 | 12 | 16 | 1,20 | 0,14 | 13,4 |
| 3. 50 dz Stroh/ha ohne N | 5,8 | 15 | 18 | 1,40 | 0,15 | 14,5 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 60 kg N/ha | 5,9 | 14 | 16 | 1,30 | 0,15 | 14,5 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 120 kg N/ha | 6,0 | 12 | 17 | 1,50 | 0,15 | 14,8 |
| 6. 300 dz Stallmist/ha | 6,1 | 19 | 22 | 1,45 | 0,15 | 14,3 |

III. Versuch B mit Ergebnissen

Fragestellung: Anwendung verschiedener Gründüngungsverfahren (Klee, Raps, Leguminosenmenge) kombiniert mit Strohdüngung und Kalkstickstoff zur Strohhotte auf dem gleichen Boden.

A. Daten der Versuchsanstellung

| | | |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Fruchtfolge: | 1962 Kartoffeln | 1966 Futterrüben |
| | 1963 Winterweizen | 1967 Winterweizen |
| | 1964 Körnermais | 1968 Kartoffeln |
| | 1965 Sommergerste | 1969 Winterweizen |

Bearbeitungsmaßnahmen: Reihe I Strohdüngung mit Kleeuntersaat: In das Getreide wurde Rotklee eingesät, das Stroh auf die Stoppel gehäckselt,

Reihe II Strohdüngung mit Rapsstoppelsaat: Das Stroh wurde gehäckselt und eingefräst, in den Strohmulch Raps eingesät. Sämtliche Düngungsarten erhielten zur Stoppelfrucht zusätzlich 40 kg N/ha als Ammonsulfatsalpeter,

Reihe III Strohdüngung mit Leguminosenstoppelsaat: In den Strohmulch wurde das Leguminosengemenge (Ackerbohnen, Wicken, Sonnenblumen) eingesät.

Im Herbst erfolgte die Tieffurche in allen Reihen.

Düngungsplan:

Grunddüngung:

NPK optimal (für Blattfrüchte: reduzierte N-Gabe, um die Mobilität des zur Rotte gegebenen Stickstoffs besser erfassen zu können)

Versuchsdüngung:

1. ohne Stroh, ohne N
2. ohne Stroh + 50 kg N/ha als Kalkstickstoff
3. 50 dz Stroh/ha ohne N
4. 50 dz Stroh + 50 kg N/ha als Kalkstickstoff (Herbst)
5. 50 dz Stroh + 50 kg N/ha als Kalkstickstoff (Reihe II und III im Sommer auf die Stoppeln; Reihe I im folgenden Frühjahr)
6. 200 dz Stallmist/ha (alle zwei Jahre).

B. Ergebnisse

a) Direkte Wirkung verschiedener Gründungsverfahren (Tabelle 4)

In den drei Reihen bringt die zusätzliche Gabe von 50 kg N/ha als Kalkstickstoff in der Regel einen gesicherten Ertragszuwachs; ebenso führt die Strohdüngung (DA 3 bis 5) bzw. Stallmistdüngung sehr häufig zu gesicherten Mehrerträgen.

Bei Kleeuntersaat erweist sich die N-Ausgleichsgabe im darauffolgenden Frühjahr (DA 5) gegenüber derjenigen im vorhergehenden Herbst mit Ausnahme der Futterrüben etwas günstiger. In der Reihe II wurde die Kalkstickstoffgabe unmittelbar mit der Stoppel bzw. mit dem Stroh eingepflügt und der Raps anschließend breitwürfig gesät; auf diese Weise wurde die Keimung der Stoppelfrucht nicht behindert. Die Sommerausgleichsgabe (DA 5) war der Herbstgabe (DA 4) etwas überlegen.

In der Reihe III (Leguminosenstoppelsaat) ist dagegen ein geringer Vorteil der Herbst-N-Gabe zu beobachten, weil das großkörnige Leguminosensaatgut zusammen mit dem Stroh und Kalkstickstoff eingearbeitet wurde und damit eine Keimverzögerung nicht auszuschließen war.

Kartoffel und Futterrüben verwerten die Stroh-Gründung besser als der Körnermais; letzterer steht am besten nach Stroh-Kleeuntersaat.

Die verschiedenen Gründungsverfahren unterscheiden sich — im ganzen gesehen — in ihrer Ertragswirkung statistisch nicht; eine signifikante Wechselwirkung von Reihe und Düngungsart ist ebenfalls nicht gegeben.

b) Nachwirkung verschiedener Stroh-Gründungsverfahren (Tabelle 5)

Die Erträge in den einzelnen Reihen liegen innerhalb der statistischen Fehlergrenze; gesicherte Unterschiede können somit nicht herausgestellt werden. Ein

Tabelle 4 Direkte Wirkung verschiedener Stroh-Gründüngungsverfahren auf den Ertrag von Kartoffeln, Futterrüben und Körnermais (dz/ha, Knollen und Rüben in Frischsubstanz, Körner mit 14 % H₂O)
Direct effect of various straw-green manuring methods on the yield of potatoes, fodder beet and grain maize
 (dz/ha fresh weight potatoes and roots, grains with 14 % H₂O)

| Versuchsglieder | Kartoffeln 1962 | Körnermais | | Futterrüben | | Kartoffeln | |
|---|--------------------|------------|---------|-------------|---------|------------|---------|
| | | 1964 | relativ | 1966 | relativ | 1968 | relativ |
| Reihe I: „Kleeuntersaat“ | | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 320 | 50,8 | 100 | 688 | 100 | 410 | 100 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 382 | 47,8 | 94 | 759 | 110 | 427 | 110 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 351 | 53,3 | 105 | 669 | 97 | 449 | 109 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 327 | 50,1 | 99 | 756 | 110 | 400 | 100 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Frühjahr) | 344 | 51,8 | 102 | 710 | 103 | 437 | 107 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 330 | 50,0 | 99 | 713 | 104 | 424 | 103 |
| Reihe II: „Rapsstoppelsaat“ | | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 343 | 44,3 | 87 | 674 | 98 | 403 | 102 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 354 | 48,7 | 96 | 728 | 106 | 446 | 109 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 369 | 47,6 | 94 | 691 | 100 | 485 | 117 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 358 | 46,8 | 92 | 732 | 106 | 410 | 105 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Sommer) | 367 | 48,3 | 95 | 727 | 105 | 456 | 113 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 352 | 50,1 | 99 | 712 | 104 | 409 | 104 |
| Reihe III: „Leguminosenstoppelsaat“ | | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 344 | 42,7 | 84 | 686 | 100 | 418 | 104 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 376 | 47,8 | 94 | 712 | 104 | 480 | 117 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 379 | 42,1 | 83 | 654 | 95 | 471 | 116 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 372 | 46,0 | 91 | 701 | 102 | 423 | 109 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Sommer) | 348 | 44,3 | 87 | 687 | 100 | 437 | 107 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 347 | 47,2 | 95 | 705 | 103 | 429 | 106 |

Grenzdifferenz P 5 %: innerhalb der Reihe 8,0 dz/ha.

Vergleich der drei Gründüngungsarten zeigt eine günstige Tendenz der Kleeuntersaat.

c) Bodenuntersuchungen (Tabelle 6)

Stallmist erzielt wiederum eine Steigerung der Laktatwerte für K₂O und P₂O₅; Stroh- bzw. Stallmistdüngung bewirken nur eine leichte Zunahme des Gesamt-C-Gehaltes. T-Wert, Gesamt-N und pH werden durch die Versuchsdüngung kaum beeinflusst. In der Reihe III (Leguminosenstoppelsaat) liegen die Gesamt-C- und N-Gehalte insgesamt etwas niedriger.

Eine positive Wirkung der Strohdüngung auf die DL-Werte von K₂O und P₂O₅, die von SAUERLAND und GIERKE (6) festgestellt wurde, konnte von uns in beiden Versuchen nicht beobachtet werden, wahrscheinlich bedingt durch die insgesamt gute Nährstoffversorgung dieses Bodens.

Tabelle 5 Nachwirkung verschiedener Stroh-Gründungsverfahren auf den Ertrag von Winterweizen und Sommergerste (Körner in dz/ha mit 14 % H₂O)
Residual effect of various straw-green manuring methods on the yield of winter wheat and spring barley (grain in dz/ha with 14 % H₂O)

| Versuchsglieder | Winterweizen 1963 | Sommergerste 1965 | Winterweizen 1967 | Winterweizen 1969 | Mittel (relativ) |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Reihe I: „Kleeuntersaat“ | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 45,1 | 32,7 | 39,3 | 44,3 | 100 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 44,1 | 32,9 | 39,1 | 45,3 | 100 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 45,6 | 35,0 | 42,5 | 44,5 | 104 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 46,2 | 34,1 | 39,2 | 45,0 | 102 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Frühjahr) | 45,0 | 34,3 | 38,3 | 43,6 | 99 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 44,6 | 32,4 | 39,9 | 45,7 | 100 |
| Reihe II: „Rapsstoppelsaat“ | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 44,9 | 30,6 | 38,1 | 42,4 | 97 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 44,1 | 32,9 | 44,0 | 40,3 | 100 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 41,6 | 33,0 | 40,0 | 41,5 | 97 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 42,9 | 34,7 | 36,3 | 38,0 | 94 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Sommer) | 45,2 | 34,0 | 37,6 | 40,2 | 98 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 44,4 | 34,1 | 38,9 | 36,7 | 96 |
| Reihe III: „Leguminosenstoppelsaat“ | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 47,2 | 31,2 | 36,6 | 44,3 | 99 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 43,6 | 32,1 | 35,3 | 43,9 | 96 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 43,7 | 32,5 | 38,0 | 42,0 | 97 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 44,9 | 32,8 | 34,1 | 42,2 | 96 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Sommer) | 45,5 | 32,2 | 34,5 | 43,7 | 97 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 45,8 | 32,7 | 38,7 | 42,8 | 99 |

Grenzdifferenz P 5 %: zwischen den Reihen 0,8 dz/ha.

IV. Diskussion

Nach LATZKO (5) können 50 dz Weizenstroh etwa 60 bis 80 kg N binden. Geht man davon aus, daß eine größere Auswaschung der Kalkstickstoff-Herbstgabe nicht besteht, so stehen in den Parzellen mit der hohen Kalkstickstoffgabe der nachfolgenden Frucht noch zusätzlich etwa 40 bis 60 kg N zur Verfügung.

Die Einschaltung der Gründung ist also dann als besonders erfolgversprechend anzusehen, wenn Stickstoff im Boden verfügbar ist oder noch zusätzlich angeboten wird und damit zeitweilig biologisch konserviert werden kann. Von besonderer Bedeutung für den Erfolg der Herbstbegrünung ist aber offensichtlich die Witterung zwischen Ernte und Tieffurche. v. BOGUSLAWSKI (3)

Tabelle 6 Bodenuntersuchungen — Versuch „Stroh-Gründüngungsverfahren“
(nach Abschluß der achtjährigen Versuchsdauer)
Soil investigations — “straw-green manuring methods” experiment
(after 8 years duration of the experiment)

| Versuchsglieder | pH (KCl) | DL mg/100 g Boden | | Ges.- C % | Ges.- N % | T- Wert mval |
|---|-------------|-------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | | |
| Reihe I: „Kleeuntersaat“ | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 5,6 | 14 | 11 | 1,30 | 0,14 | 14,2 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 5,8 | 15 | 13 | 1,35 | 0,14 | 13,7 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 5,7 | 14 | 12 | 1,30 | 0,15 | 13,0 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 5,7 | 16 | 12 | 1,45 | 0,16 | 13,7 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Frühjahr) | 5,8 | 15 | 12 | 1,35 | 0,15 | 15,0 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 5,7 | 18 | 15 | 1,75 | 0,16 | 14,8 |
| Reihe II: „Rapsstoppelsaat“ | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 5,8 | 18 | 13 | 1,25 | 0,14 | 13,6 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 5,8 | 18 | 16 | 1,30 | 0,15 | 14,2 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 5,8 | 19 | 16 | 1,50 | 0,17 | 14,0 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 5,8 | 18 | 16 | 1,40 | 0,15 | 13,3 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Sommer) | 5,8 | 19 | 15 | 1,30 | 0,15 | 14,8 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 5,9 | 22 | 17 | 1,60 | 0,16 | 14,3 |
| Reihe III: „Leguminosenstoppelsaat“ | | | | | | |
| 1. ohne Stroh, ohne N | 5,7 | 15 | 15 | 1,10 | 0,13 | 13,4 |
| 2. ohne Stroh + 50 kg N/ha | 5,4 | 13 | 12 | 1,30 | 0,13 | 12,8 |
| 3. 50 dz Stroh/ha, ohne N | 5,6 | 15 | 13 | 1,20 | 0,13 | 13,6 |
| 4. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Herbst) | 5,5 | 14 | 13 | 1,25 | 0,13 | 13,6 |
| 5. 50 dz Stroh/ha + 50 kg N/ha (Sommer) | 5,6 | 15 | 13 | 1,20 | 0,13 | 13,1 |
| 6. 200 dz Stallmist/ha | 5,7 | 16 | 14 | 1,20 | 0,13 | 13,9 |

spricht von „wechselndem Erfolg“ einer zusätzlichen Gründüngung zur Strohdüngung und sieht die Voraussetzung für ein gutes Gelingen in einem „genügenden Massenwuchs“. In unserem Versuch ergab sich folgende Beobachtung:

Tabelle 7 Einfluß der Witterung auf den Erfolg einer zusätzlichen Begrünung zur Strohdüngung

| Frucht | Jahr | Ertrag, dz/ha* | | Temperatur (°C) | Winterwitterung** | | |
|-------------|------|------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| | | ohne Gründüngung | mit Gründüngung | | lang-jähriges Mittel | Niederschlag mm | lang-jähriges Mittel |
| Futterrüben | 1963 | 930 | 873 | 1,0 | 1,6 | 207 | 273 |
| Futterrüben | 1967 | 767 | 897 | 3,1 | | 313 | |

* Mittel aus den mit Stroh gedüngten Versuchsgliedern (DA 3 bis 5).

** Witterung: Oktober bis März einschließlich.

Im kalten Winter 1962/1963 dürfte kaum ein wesentlicher Umsatz des Strohes erfolgt sein; ferner war durch geringe Niederschläge die Auswaschungsgefahr niedrig. Im milden, niederschlagsreichen Winter 1966/1967 ließen dagegen relativ hohe Bodentemperaturen mit genügend Feuchtigkeit entsprechende Nährstoffverluste erwarten. Während im ersten Fall eine biologische Stickstoffkonservierung sicherlich bedeutungslos war, schützte im zweiten Fall die Gründüngung vor größeren N-Verlusten zu Gunsten der nachfolgenden Frucht Futterrüben.

Die Ertragslage im Versuch mit verschiedenen Gründüngungsverfahren ist gegenüber dem vorher besprochenen Versuch infolge eines höheren N-Angebotes völlig verändert. Die Gründüngungspflanzen der Reihe I und III sind Leguminosen, Reihe II (Raps) erhielt zusätzlich 40 kg N/ha als Ammonsulfatsalpeter. So gesehen ist es verständlich, daß „Strohdüngung ohne N“ keine Ertragsdepression aufwies.

Zusammenfassung

In zwei langjährigen Feldversuchen (acht bzw. zwölf Jahren) wurde die Wirkung einer kombinierten „Stroh-Gründüngung“ mit Kalkstickstoff-Ausgleichsdüngung und verschiedenen Gründüngungsarten auf die Erträge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen und die Veränderung von Bodenkenndaten geprüft. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Durch eine Ausgleichsdüngung von 60 kg N/ha, als Kalkstickstoff zur Strohrotte gegeben, kann eine Ertragsdepression der Kartoffeln teilweise, der Futterrüben in jedem Falle vermieden werden. Eine Kalkstickstoffgabe von 120 kg N/ha bringt deutliche Mehrerträge. Die günstige Wirkung der Stroh- bzw. Stallmistdüngung zu Futterrüben dürfte vor allem auf Strukturverbesserungen sowie auf den Kalkeffekt des Kalkstickstoffs zurückzuführen sein.
Durch breitwürfige Rapeseinsaat wurden die Erträge der unmittelbar folgenden Früchte um durchschnittlich 4 bis 5 % erhöht.
2. Im Versuch zur Prüfung verschiedener Gründungsformen brachte die zusätzliche Stickstoffdüngung von 50 kg N/ha, als Kalkstickstoff gegeben, in der Regel gesicherte Mehrerträge. Der Zeitpunkt der N-Ausgleichsdüngung ist von geringer Bedeutung. Die Kleeuntersaat bringt auf Grund größerer Anbausicherheit gewisse Vorteile gegenüber den Stoppelsaaten Raps- bzw. Leguminosenmenge, die sich in ihrer Wirkung auf die Erträge der folgenden Pflanzen kaum unterscheiden.
3. Nach acht bzw. elf Jahren Versuchsdauer wird auf den Stallmist- und Strohparzellen der C-Gehalt und teilweise auch der T-Wert des Bodens etwas erhöht. In den Stallmist-Teilstücken steigen die Laktatwerte für Kali und Phosphor an. Hohe Kalkstickstoffgaben bewirken eine leichte Erhöhung des pH-Wertes und Gesamt-C-Gehaltes.

Summary

The Effect of Combining “Straw-Green Manuring” with Calcium Cyanamide in Long-term Field Experiments

In two long-term field experiments the effect of a combined “straw-green manuring”, and the different forms of green manuring together with additional applications of calcium cyanamide was tested on the yield of agricultural crops and on several soil characteristics.

The results are as follows:

1. An additional application of 60 kg N/ha in the form of calcium cyanamide to the straw compost is always able to prevent a drop in yield of fodder beet, and sometimes of potatoes. A higher additional application (120 kg N/ha) produces a clear increase in yield.
The positive effect of straw-, and farmyard-manuring to fodder beet results in a better soil structure with a liming effect from the calcium cyanamide.
Sowing with rape in addition results in a higher yield of from 4 to 5 % from succeeding crops.
2. Undersowing with clover, because of its greater reliability has a better effect on yield than other types of green manuring, such as sowing rape or leguminous plants on the stubble, the effect of which cannot be observed on succeeding crops.
3. After the experiment had been carried on for 8 to 11 years, carbon content, and to some extent the T-value of the soil was somewhat increased on the plots having straw and farmyard manure. On the farmyard manure plots the lactate values for phosphate and potash increased. High calcium cyanamide applications caused a slight rise in pH value and in the total C-content.

Literaturverzeichnis

1. AMBERGER, A., und H. AIGNER, 1969: Ergebnisse eines 8-jährigen Feldversuches mit Strohdüngung. Z. Acker- und Pflanzenbau 130, 291—303.
2. BARBIER, S., 1962: Heutiger Stand der Strohdüngung. Bodenkultur 13, 198—225.
3. BOGUSLAWSKI, E. VON, 1964: Die Verwertung der Ernten als Strohdüngung. DLG-Verlag Frankfurt.
4. JUNG, J., und G. RIEHLE, 1966: Mehrjährige Gefäßversuche zur Frage der Strohdüngung und ihre Auswirkung auf die N-Versorgung der Kulturpflanzen. Z. Acker- und Pflanzenbau 123, 345—355.
5. LATZKO, E., 1963: Biologische und betriebswirtschaftliche Probleme der Strohdüngung. Bayer. Landw. Jb. 40, Sonderheft 2, 65—83.
6. SAUERLANDT, W., und K. VON GIERKE, 1961: Der Einfluß jährlicher Strohgaben auf die Erträge und einige Bodeneigenschaften. Z. Pflanzenernährg., Düngg., Bodenkde. 94, 104—115.
7. SANDHOFF, H., 1961: Strohdüngung nach Mähdrusch. 2. verb. Aufl. Landbauverlag München.

8. SEKERA, F., 1955, und SEKERA, M., 1959: Zitiert bei BARBIER (1962).
9. SCHMIDT, K., 1964: Eine Literaturübersicht über den gegenwärtigen Stand der Strohdüngung. Z. landw. Versuchs- und Untersuchungswesen 10, 5—20.
10. SPRINGER, U., 1962: Über die Verrottung von Stroh unter dem Einfluß verschiedener Stickstoffdünger. Landw. Forschg. 15, 225—230.
11. — —, und F. SEISCHAB, 1961: Zur Kenntnis der bei der Kompostbereitung auftretenden stofflichen Veränderungen: mit Ergebnissen eines dreijährigen Gefäßversuches. Bayer. Landw. Jb. 38, 259—300.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. A. AMBERGER und P. SCHWEIGER, Institut für Pflanzenernährung der Technischen Universität München, 805 Freising-Weihenstephan.