

# Untersuchungen mit verschiedenen Mähwerks- und Aufbereitungssystemen

Von **Wilfred E. Klinner**, Silsoe<sup>1)</sup>

Da sich die Zahl der angebotenen Mähwerkssysteme in den letzten drei bis vier Jahren sehr schnell erhöht hat, wurde eine Versuchsreihe begonnen, in der die verschiedenen Leistungseigenheiten typischer Mähwerke unter praktischen Bedingungen ermittelt werden sollten. Um auch dem großen Interesse in der gleichzeitigen Aufbereitung nachzukommen, wurden die wichtigsten Kombinationen von Mäh- und Aufbereitungsmaschinen in die Untersuchungen einbezogen. Die Untersuchungsergebnisse des ersten Jahres zeigen, daß von den verschiedenen Behandlungsverfahren für Grüngut das Knicken, Quetschen und Schlagen die Trocknungsgeschwindigkeit am meisten und etwa gleichwertig erhöhen. Gegenüber der normalen Heuwerbemethode müssen jedoch oft Ertragsminderungen in Kauf genommen werden. Letzteres trifft auch auf den Einsatz von manchen freischneidenden Horizontalmähern zu, ohne daß mit ihnen aber eine nennenswerte Beschleunigung der Trocknungsgeschwindigkeit zu erzielen sein wird. Der Vorteil freischneidender Mähwerke liegt vielmehr in der geringen Wartung und Störanfälligkeit sowie der größeren Wirksamkeit in Lagerbeständen. Eine Weiterentwicklung von Rotormähern, so daß ein gleichzeitiges Aufbereiten erzielt wird, erscheint möglich.

## Inhalt

- 1 Untersuchte Maschinen. Durchführung der Versuche
- 2 Methodik
- 3 Wetterverhältnisse
- 4 Untersuchungsergebnisse
  - 4.1 Trocknungsgeschwindigkeit
  - 4.2 Erntemenge
  - 4.3 Schnittgenauigkeit
  - 4.4 Erntegüte
  - 4.5 Leistungsbedarf
  - 4.6 Nachwuchs
- 5 Weiterentwicklung
- 6 Zusammenfassung
- 7 Schrifttum

Es wurden mit den wichtigsten Kombinationen der verschiedenen Mähwerkssysteme mit Aufbereitungsmaschinen vergleichende Feldversuche durchgeführt, wobei zur Beurteilung des Arbeitserfolges die Trocknungsgeschwindigkeit, die Erntemenge, Schnittgenauigkeit, die Erntegüte, der Leistungsbedarf und der Nachwuchs festgestellt und gewertet wurden. Die Versuche wurden im wesentlichen im Jahre 1968 durchgeführt und sind inzwischen weitergeführt und erweitert worden, um auch die neuesten Mähwerke und Verfahren zu erfassen.

## 1 Untersuchte Maschinen. Durchführung der Versuche

Statistisch ausgelegte Parzellenversuche mit vierfacher Wiederholung wurden in italienischem Raygras (Versuch 1), Luzerne (Versuch 2), Klee- (Versuch 3) und Wiesengras (Versuch 4) durchgeführt. Hauptziel war die Bestimmung der Trocknungsgeschwindigkeit und der Erntemenge und -güte von unterschiedlich geschnittenem und behandeltem Grüngut. Außerdem wurden die Einhaltung der Schnitthöhe und, in je zwei Beständen, der Leistungsbedarf und die Nachwuchsgeschwindigkeit gemessen.

Um den Einfluß der Schwadform auf die Trocknungsgeschwindigkeit zu ermitteln, wurde die Zahl der Parzellen für die Versuche in Ray- und Klee-Gras verdoppelt. In einer Versuchshälfte wurden dann die verschiedenen Mähschwaden sofort nach dem Schnitt mit einem Kreiselzetter breitgestreut, während sie in

<sup>1)</sup> Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Braunschweig am 3. Oktober 1969.

*Wilfred E. Klinner, F. I. Agr. E., ist Leiter der Gruppe Feldmaschinen in der Abteilung für Leistungsmessungen an Landmaschinen beim National Institute of Agricultural Engineering in Silsoe, England.*

der anderen Hälfte so lange als möglich in ihrer ursprünglichen Form erhalten wurden.

In **Bild 1** sind die Prinzipbilder und die Daten der in die Vergleichsuntersuchungen einbezogenen Mähwerke und Maschinenkombinationen gezeigt. System A<sub>1</sub> wurde nach dem Versuch 1 ausgeschlossen, da es für die Trockenfutterwerbung wenig erfolgversprechend schien. Dafür wurde das System A<sub>2</sub> nur im Versuch 2 und 3 und das System G<sub>2</sub> nur im Versuch 4 eingesetzt.

## 2 Methodik

Die erste Nachbehandlung erfolgte jeweils sofort nach dem Schnitt. Die weiteren Behandlungen, die unter den vorherrschenden Bedingungen notwendig erschienen, sind in **Tafel 1** zahlenmäßig zusammengefaßt.

**Tafel 1.** Zahl der Nachbehandlungen bei den verschiedenen Systemen.

Versuch Nr.	Versuchsdauer Tage	Anzahl der Nachbehandlungen System nach Bild 1									
		X	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	C	D	E	F	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
1a	7,5—8,5	9	10	—	7	9	9	9	9	7	—
1b	7,5—8,5	9	10	—	7	9	9	9	9	7	—
2	2,5—3,5	3	—	2	2	2	3	3	3	2	—
3a	3,5—5,0	7	—	5	5	5	5	7	7	6	—
3b	3,5—5,0	8	—	5	6	6	6	8	8	6	—
4	1,5	2	—	—	2	2	2	2	2	2	2

Der Entschluß, weitere Behandlungen durchzuführen oder das Gut zu pressen, wurde jeweils nach eingehender Überprüfung des Trocknungszustandes des Gutes in den einzelnen Parzellen gefaßt; die Behandlungsweise war wie in der Praxis normal.

Proben zur Bestimmung der Feuchtigkeit und Beschaffenheit des Gutes wurden sofort nach dem Schnitt, danach alle 3 bis 4 Stunden, sofort nach dem Pressen und nach 6monatiger Lagerung genommen. Mit dem Pressen wurde gewartet, bis das noch feuchteste Material wenigstens zur Scheuentrocknung geeignet war.

Da Verluste in der Form von nicht aufgenommenem Halmgut und langer Stoppel für Weidetiere noch nutzbar sind, wurden auch Messungen unternommen, um die Größe dieser Verluste wenigstens annähernd zu erfassen. Dazu wurden alle Parzellen sofort nach dem Abräumen der Ballen mit einem Sternradgerät gerecht; danach wurde eine Diagonale jeder Parzelle mit einem Mähbalken mit angebauter Sammelwanne in beide Richtungen nachgemäht.

Die Nachwuchsgeschwindigkeit wurde bei Luzerne und mehrjährigem Raygras bestimmt; Kraftbedarfsmessungen wurden in Klee- und Wiesengras durchgeführt.

## 3 Wetterverhältnisse

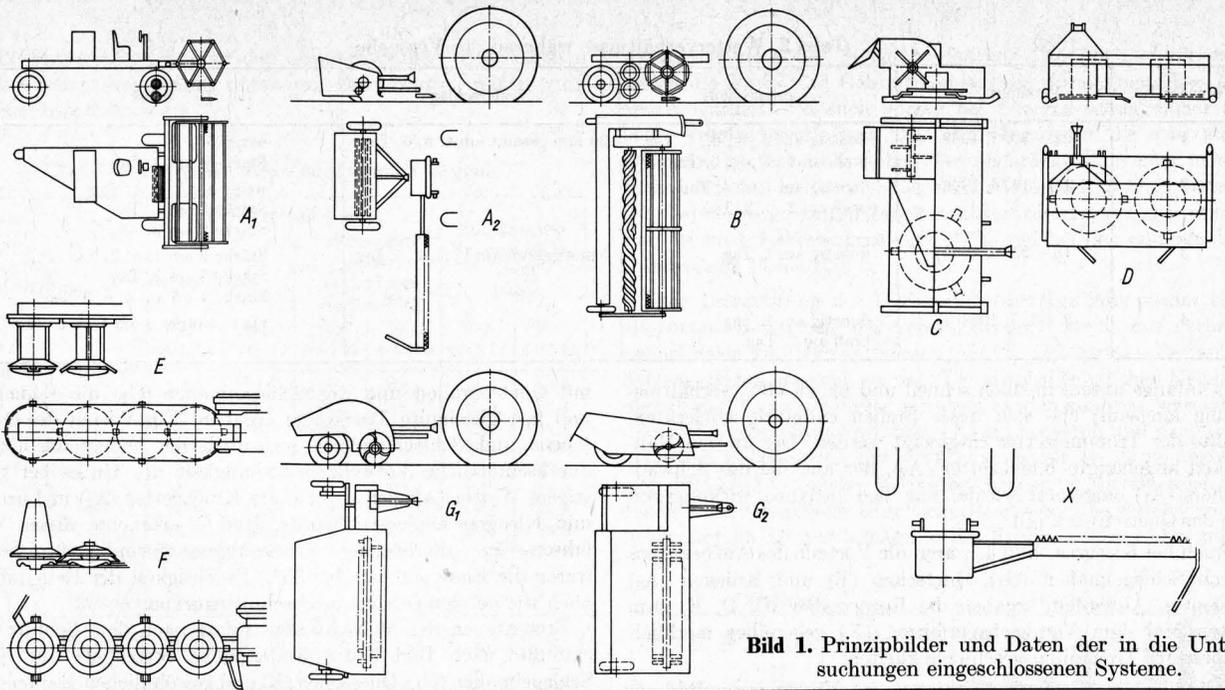
Die während der Versuchsperioden vorherrschenden Wetterbedingungen sind in **Tafel 2** kurz zusammengefaßt.

## 4 Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Trocknungsgeschwindigkeit

**Bild 2 bis 5** zeigen den Trocknungsverlauf des unterschiedlich behandelten Gutes in den vier verschiedenen Beständen. Um die Darstellungen übersichtlicher zu machen, ist nur die eigentliche Trocknungszeit, unter Ausschluß der Nacht- und Regenstunden, in Betracht gezogen worden.

Da der Versuch 1 Ende Mai durchgeführt wurde, wenn die Feldtrocknung noch allgemein langsam vonstatten geht, sind die durch die verschiedenen Systeme verursachten Unterschiede recht deutlich zu erkennen. Zwei Feuchtigkeitsstufen sind für den Bauern von besonderem Interesse; bei etwa 60% Feuchtegehalt wird vorgewelktes Futter einsiliert, und von 35% ab kann



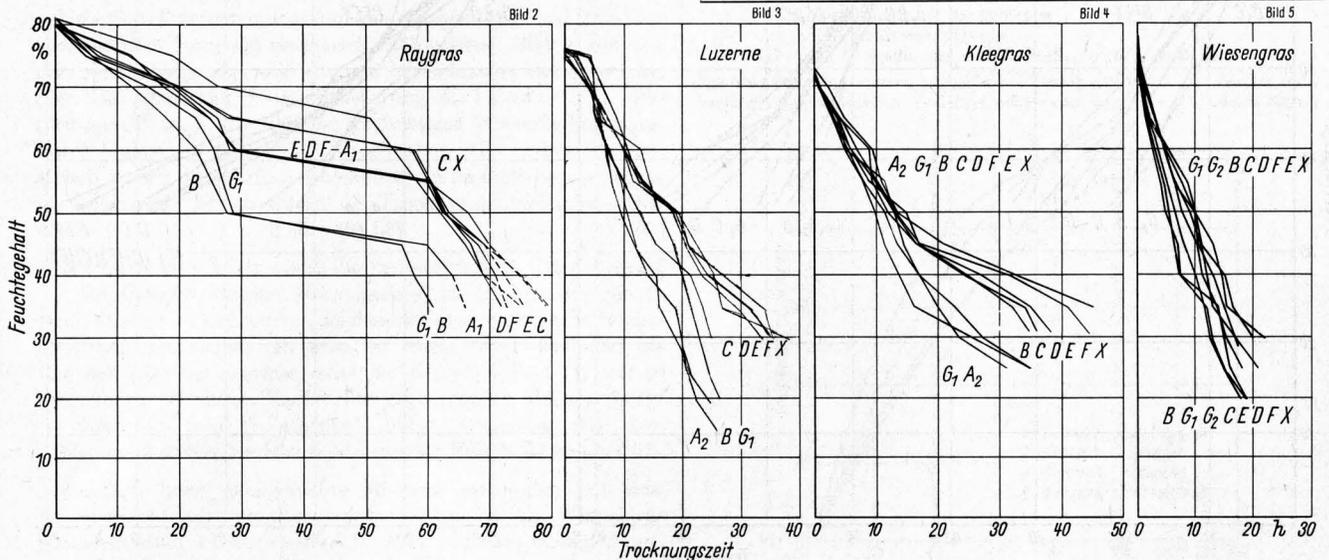
**Bild 1.** Prinzipbilder und Daten der in die Untersuchungen eingeschlossenen Systeme.

gepreßt werden, wenn dann auch oft eine künstliche Nach-trocknung erforderlich ist. Die Vorteile des Aufbereitens durch Quetschen und Schlegelmähen (B, G<sub>1</sub>) sind im italienischen Raygras bei beiden Feuchtigkeitsstufen deutlich zu erkennen, Bild 2. Alle anderen Behandlungsarten ergaben ein merklich langsames Trocknen. Die althergebrachte Methode (X) lag am ungünstigsten, und die verschiedenen horizontalen Rotormäher (C, D, E, F) brachten nur verhältnismäßig geringe Vorteile. Der Schwadmäher mit eingebautem Knickzetter (A<sub>1</sub>) verursachte die langsamste anfängliche Trocknungsgeschwindigkeit, wahrscheinlich weil das geschnittene Gut zu dicht und somit für die Luft- und Wärmetrocknung allgemein ungünstig abgelegt wird. Interessant ist auch, daß dieses Gut nach dem Breitstreuen nur etwa gleichschnell wie das gewöhnlich behandelte Gut trocknete; daraus wäre zu schließen, daß das Knicken einer dicken Schicht neugeschnittenen Grases fast wirkungslos ist.

Bei Luzerne, Bild 3, ergaben die Aufbereitungsverfahren (A<sub>2</sub>, B), diesmal einschließlich dem Einscheibenmäher mit angebaute Schlegelzetter (C), wieder die besten Endergebnisse. Jedoch trocknete das mit Schlegelmäher (G<sub>1</sub>) geschnittene

\*) Bei den Versuchen 1 und 3 wurde zum Streuen der Mähswaden sofort nach dem Schnitt in den Doppelparzellen ein Kreiselzetter benutzt. Diese Doppelversuche wurden 1b bzw. 3b benannt. Außer den angeführten Nachbehandlungen, wurde ein Sternradrechen benutzt, um vor dem Pressen geeignet große Aufnahmeschwaden zu ziehen.

Mähwerk und Schnittbreite Kenn- zeichen	Nachbehandlung*)	Nachbehandlung*)		Versuchs- Nr.
		erste	weitere	
X	Mähbalken 1,5 m (Grundsystem)	Trommelzett- wender	Trommelzett- wender	1 bis 4
A <sub>1</sub>	S. F. Schwad- mäher 3 m	eingebauter Knickzetter	Trommelzett- wender	1
A <sub>2</sub>	Mähbalken 1,5 m	angehängter Knickzetter	Trommelzett- wender	2 u. 3
B	Breitmäh- werk 2,7 m	angebaute Quetsch- Knickrollen	Trommelzett- wender	1 bis 4
C	Einscheiben- mäher 1,5 m	angebaute Schlegelzetter	Trommelzett- wender	1 bis 4
D	Zweikreisel- mäher 1,7 m	Trommelzett- wender	Trommelzett- wender	1 bis 4
E	Vierkreisel- mäher 1,6 m	Trommelzett- wender	Trommelzett- wender	1 bis 4
F	Vierscheiben- mäher 1,7 m	Trommelzett- wender	Trommelzett- wender	1 bis 4
G <sub>1</sub>	Schlegel- mäher 1,2 m	—	Sternrad- wender/ Trommelzett- wender	1 bis 4
G <sub>2</sub>	Schlegel- mäher 1,6 m	—	Sternrad- wender/ Trommelzett- wender	4



**Bild 2 bis 5.** Trocknungsverlauf bei italienischem Raygras, Luzerne, Klee-gras und Wiesengras bei den verschiedenen Ernteverfahren. Bedeutung der Kennzeichen A bis X siehe Bild 1, Versuche je 4fach wiederholt von Ende Mai bis Anfang Juli 1968

**Tafel 2. Wetterverhältnisse während der Versuche.**

Versuchs-Nr.	Versuchs-Zeit	Sonnenschein	Niederschlag	Wind
1	22.—30. 5. 1968	dunstig am 2., 3., 6., 7. Tag prall am 5., 7., 8., 9. Tag	20 mm gesamt am 4. u. 6. Tag	wenig Stärke 4 am 3. Tag
2	11.—14. 6. 1968	dunstig am 1. u. 4. Tag prall am 2. u. 3. Tag	—	wenig am 1. u. 4. Tag Stärke 3 am 2. Tag Stärke 5 am 3. Tag
3	18.—23. 6. 1968	dunstig am 1. Tag	5 mm gesamt am 1., 3., 4., 5. Tag	Stärke 2 am 1. u. 2. Tag Stärke 3 am 3. Tag Stärke 4—5 am 4. u. 5. Tag
4	2.—3. 7. 1968	dunstig am 1. Tag prall am 2. Tag	—	bis zu Stärke 4 am 1. u. 2. Tag

Gut anfangs unterschiedlich schnell und bis zu 60% verhältnismäßig langsam; ehe sich nasse Stellen endgültig entfernten, mußte der Trommelzetter eingesetzt werden. Der an den Mähbalken angehängte Knickzetter (A<sub>2</sub>), der anstelle des Schwadmähers (A<sub>1</sub>) eingesetzt wurde, war fast genauso wirkungsvoll wie das Quetschwerk (B).

Auch bei Klee gras, Bild 4, waren die Vorteile des Aufbereitens durch Schlegelmäher (G<sub>1</sub>), Quetschen (B) und Knicken (A<sub>2</sub>) eindeutig. Außerdem ergaben die Rotormäher (C, D, E) zum ersten Mal dem Vergleichsverfahren (X) gegenüber merklich verbesserte Trocknungsgeschwindigkeiten.

Bei idealen Wetterverhältnissen in Wiesengras, Bild 5, konnten die vorher festgestellten Tendenzen bestätigt werden. Ein Vergleich von zwei Schlegelmähern unterschiedlicher Konstruktion (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) zeigte, daß der mit beiden erzielte Trocknungserfolg etwa gleich war.

Die für mehrere Bestände ausgearbeiteten durchschnittlichen Trocknungskurven, Bild 6 bis 8, sollen einen Vergleich der verschiedenen Maschinensysteme und Behandlungsmethoden erleichtern. Sie sind wohlge merkt ein künstliches Mittel, doch ermöglichen sie es, die Vergleichsbasis zu erweitern. Im Gesamtdurchschnitt ergab das traditionelle Heuwerbeverfahren (X) eine Trocknungsgeschwindigkeit, die sich nicht merklich von den mit Vierkreisel- und Vierscheibenmähern (E, F) erzielten Ergebnissen unterschied, Bild 6. Alle anderen Verfahren brachten ein schnelleres Trocknen. Einscheiben- und Zweikreiselmäher (C, D) erbrachten im Mittelbereich liegende durchschnittliche Trocknungsgeschwindigkeiten, während das Breitmäherwerk (B)

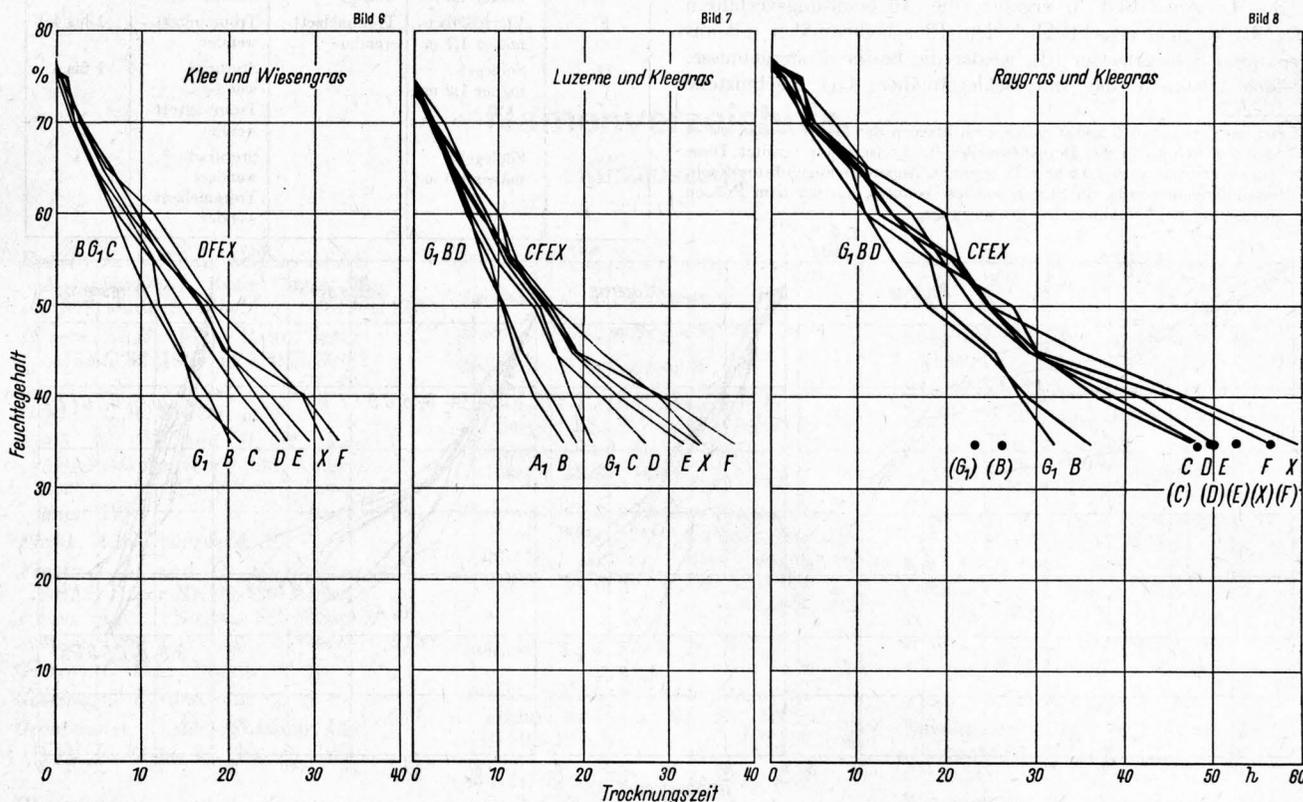
mit Quetschrollen und der Schlegelmäher (G<sub>1</sub>) die schnellste und fast gleichgute Trocknung ergaben. Ein Vorteil des Quetschens und Schlegelmähens war auch die bedeutend höhere durchschnittliche Vorwelkgeschwindigkeit des Gutes bei günstigem Wetter. Als der angehängte Knickzetter (A<sub>2</sub>) in Luzerne und Klee gras eingesetzt wurde, Bild 7, erbrachte dieses Verfahren die allerhöchste Trocknungsgeschwindigkeit. Sonst waren die Endergebnisse bei 35% Feuchtigkeit der Reihenfolge nach wie bei den Gesamtdurchschnittskurven.

Breitstreuen der Mähswaden sofort nach dem Schnitt beeinflusste nach Bild 8 das Endergebnis vorteilhaft nur beim Schlegelmäher (G<sub>1</sub>), Quetschen (B) und gewöhnlichen Mähen (X), wie die zusätzlich eingetragenen und geklammert bezeichneten Endpunkte der Trocknungskurven für das gestreute Material zeigen. Demgemäß haben die Schwadformen der untersuchten Rotormäher (C bis F) auf den endgültigen Trocknungserfolg nur wenig Wirkung. Bis zu 60% Feuchtigkeit wurden alle Trocknungsgeschwindigkeiten im Raygras durch Streuen erhöht, doch im Klee gras verbesserte sich nur eine Hälfte, die andere verschlechterte sich.

Obwohl das aufbereitete (B) und das von Schlegelmähern geschnittene Grün gut (G<sub>1</sub>) bei gutem Wetter besser trocknete, nahm es doch während Regenperioden die Feuchtigkeit auch schneller wieder auf. Ein den absoluten Trocknungskurven entnommenes Beispiel ist in Tafel 3 angeführt.

**4.2 Erntemenge**

Die in den Einzelbeständen durch Pressen, Rechen und Nachschnitt erzielten Trockensubstanzerträge sind in Bild 9



**Bild 6 bis 8. Durchschnittlicher Trocknungsverlauf in verschiedenen Beständen.**

Bild 6. Luzerne + Raygras + Klee gras + Wiesengras

Bild 7. Luzerne + Klee gras

Bild 8. Raygras + Klee gras

bis 12 dargestellt. Die über den obersten Säulen eingetragenen Zahlen geben den gesamt nutzbaren Ertragsanteil relativ zum Vergleichsverfahren an.

Tafel 3. Feuchtigkeitsaufnahme nach Regen.

System	Feuchtegehalt $U$ in %				Zunahme des Feuchtegehaltes nach Regen	
	vor Regen		39 Stunden später nach 17 mm Niederschlag			
	Ver-such 1a	Ver-such 1b	Ver-such 1a	Ver-such 1b	Ver-such 1a	Ver-such 1b
X	63,6	58,9	78,6	78,8	15,0	19,9
A <sub>1</sub>	65,3	56,4	81,2	78,8	16,0	22,4
B	48,1	45,5	80,2	76,6	32,1	31,1
C	64,0	60,1	76,9	78,1	12,9	18,0
D	59,9	55,8	78,4	78,1	18,5	22,3
E	59,0	59,4	78,6	78,3	19,6	18,9
F	59,6	57,4	77,8	78,3	18,2	20,9
G <sub>1</sub>	49,8	40,5	78,4	74,3	28,6	33,8

wenigstens dem des Normalverfahrens (X) glich. Außerdem waren die Preß- und Gesamtmengen, die durch Quetschen (B) erzielt wurden, wie auch vorher bei Luzerne schon, höher als beim Vergleichsverfahren (X). Ein Grund für die von allen Systemen verursachten hohen Bestandsrückstände mag in der Bestandsdichte in Schritthöhe liegen. Wie Bild 13 zeigt, betrug der Anteil des gesamten Trockensubstanzertrages in den untersten 10 cm bei Wiesengras etwa 27% und bei den anderen Beständen nur 14 bis 17%.

Eine Betrachtung der Durchschnittserträge läßt wieder eine allgemeine Bewertung der verschiedenen Systeme auf verbreiteter Basis zu. Hierzu müssen jedoch gleichgroße Bestandsflächen zugrunde gelegt werden. Die durchschnittlichen Mengen, die mit der Aufnahmepresse geborgen werden konnten, waren bei dem althergebrachten Verfahren (X) am höchsten und nach dem Schneiden mit Schlegel- und Einscheibenmäher (G<sub>1</sub>, C) am niedrigsten, Bild 14. Alle anderen Verfahren ergaben im Mittelbereich liegende, ziemlich gleiche Durchschnittserträge. Die durchschnittlichen Anteile der durch maschinelles Rechen noch zu bergenden

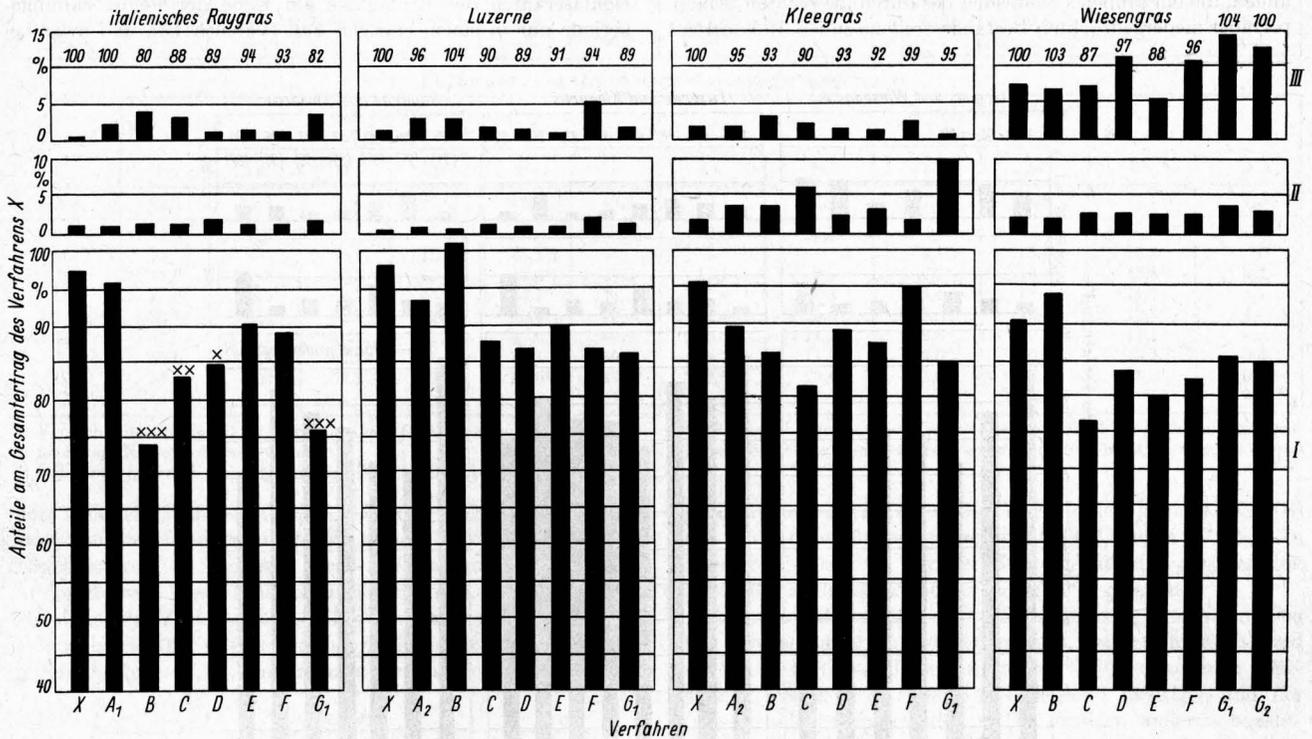


Bild 9 bis 12. Trockensubstanzerträge bei Raygras, Luzerne, Klee-gras und Wiesengras

- I durch Aufnahmepresse geborgen
- II durch Nachrechen geborgen
- III durch Nachschneiden auf die Sollschnitthöhe geborgen.

Die über den Diagrammen angegebenen Zahlen geben den gesamten nutzbaren Ertrag der einzelnen Verfahren relativ zum Verfahren (X) gleich 100 an.

Die Unterschiede zwischen den mit der Aufnahmepresse geborgenen Erträgen waren nur ein einziges Mal, und zwar bei italienischem Raygras, statistisch nachweisbar, Bild 9. Bei den mit einem, zwei oder drei Sternen bezeichneten Säulen ist der Signifikanzgrad der Ertragsminderung 5, 1 bzw. 0,1%. Die niedrigen Erträge, die 1968 bei ungünstigen Wetterbedingungen durch Quetschen (B) und Schlegelmähen (G<sub>1</sub>) erzielt wurden, stehen zu den diesjährigen Ergebnissen in italienischem Raygras im Gegensatz; jedoch waren die Trocknungsverhältnisse 1969 ideal.

Bei Luzerne, Bild 10, waren die Ernteerträge nach dem Schnitt mit den freischneidenden Mähwerken (C bis G<sub>1</sub>) ziemlich gleichgroß; ähnlich verhielt es sich bei den im Gegenschnitt arbeitenden Systemen. Quetschen (B) erschien etwas mehr schonend als Knicken (A<sub>2</sub>) bei Luzerne, aber bei Klee-gras, Bild 11, war es umgekehrt. Die durch Nachrechen zu bergenden Mengen waren bei Klee-gras, Bild 11, allgemein höher, besonders nach dem Schlegelmähen (G<sub>1</sub>) und Schlegelzetten am Einscheibenmäher (C).

Ziemlich hohe nachgerechte Mengen, verbunden mit sehr hohen Nachschnittmengen, wurden allgemein bei Wiesengras gemessen, Bild 12. Interessant ist auch, daß die beiden unterschiedlichen Schlegelmäher (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) fast gleichgroße, durch Pressen geborgene Erträge bewirkten, und daß der Anteil der insgesamt nutzbaren Trockensubstanzmenge in beiden Fällen

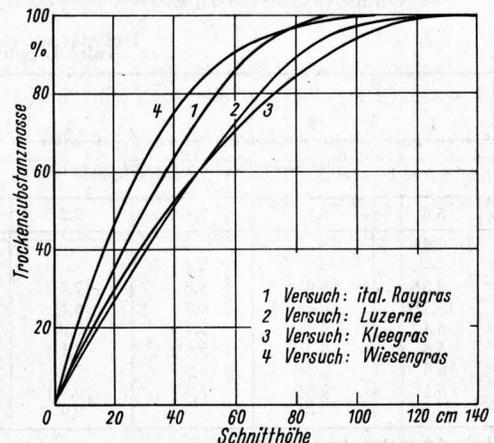


Bild 13. Höhenmäßige Massenverteilung in den Beständen der vier Grünfütterarten.

Bröckelverluste standen ungefähr im umgekehrten Verhältnis zu den beim Pressen geborgenen Erträgen. Die nachgeschnittenen Stoppelmengen waren bei dem Vierkreismäher (E) am niedrigsten und aus unterschiedlichen Konstruktionsgründen nach dem Schnitt mit Schlegelmäher (G<sub>1</sub>), Vierscheibenmäher (F) und Breitmähwerk (B) mit Quetschrollen am höchsten.

Bei Luzerne und Klee gras, **Bild 15**, ergab die Behandlung durch Knickzetter (A<sub>2</sub>) einen durchschnittlichen Gesamtnutzertrag, der nur wenig unter dem des Vergleichsverfahrens (X) und ähnlich wie beim Quetschen (B) lag. Sofortiges Breitstreuen der Mähswaden in Ray- und Klee gras verringerte alle Erträge geringfügig, außer beim Quetschen (B), wo aus noch ungeklärten Gründen eine Erhöhung der Erntemenge gemessen wurde, **Bild 16**.

### 4.3 Schnittgenauigkeit

Die Ergebnisse der Messungen zur Bestimmung der Schnitthöhen und deren Einhaltung sind in **Tafel 4** zusammengefaßt.

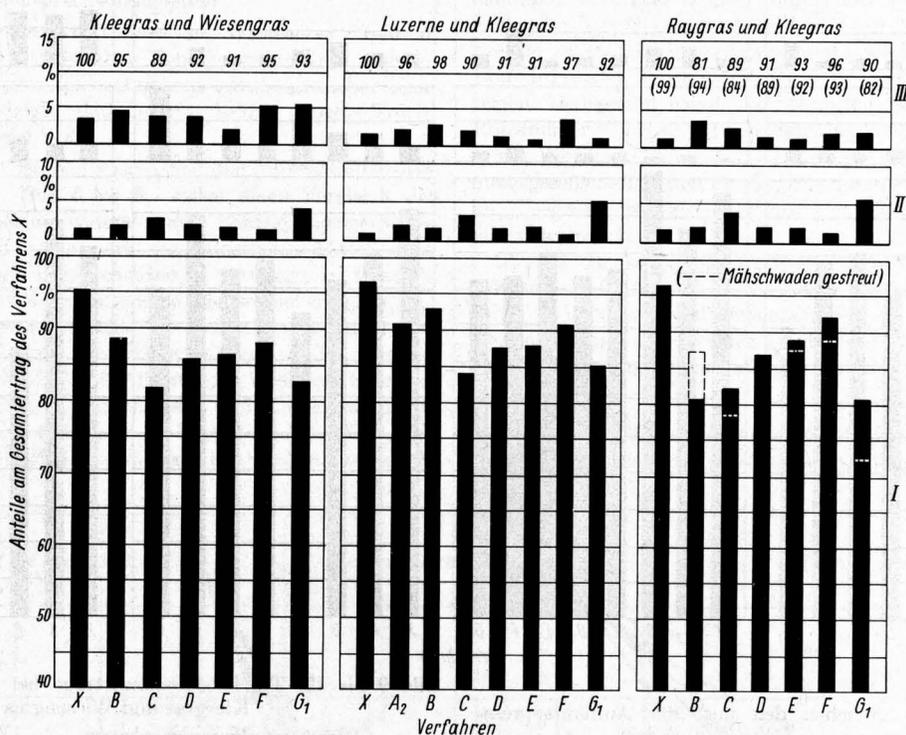
Da das Schneidwerk des Einscheiben- sowie des Zweikreismähers hinter dem Schlepper nur teilweise nach rechts abgesetzt arbeitete, war es zuerst schwierig, die Schlepperspurweite zu finden, die ein sauberes Schneiden des durch die rechten Schlepperräder niedergedrückten Bestandsstreifens zuließ. In Versuch 1

war die Spurbreite bei dem Schlepper des Einscheibenmähers (C) noch nicht ideal, und daher verblieben ab und zu Grasbüschel, die sich auf die Stoppellänge auswirkten. In den darauffolgenden Versuchen und beim Zweikreismäher (D) waren die Folgen der Radspur im Bestand minimal, aber doch erkennbar. Der Vierkreismäher (E) ergab den wiederholt niedrigsten sowie gleichmäßigsten Schnitt. Der Mähbalken gab im Mittel den zweitniedrigsten Schnitt, doch war seine Schnittgenauigkeit nicht ganz so gut wie die des Breitmähwerkes (B) und des Schlegelmähers (G<sub>1</sub>).

### 4.4 Erntegüte

Um auf die Verdaulichkeit und den Nährwert des unterschiedlich behandelten Gutes schließen zu können, wurden Rohfaseranteil und Zuckergehalt zum Zeitpunkt des Schneidens, des Pressens und nach 6monatiger Lagerung gemessen. Zusätzliche Analysen sofort nach dem Schnitt auf Protein- und Aschegehalt sollten das Entwicklungsstadium und die allgemeine Beschaffenheit der Bestände bestimmen helfen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in **Tafel 5** zusammengestellt.

Im Vergleich zur gewöhnlichen Heuwerbmethode (X) war der Rohfaseranteil des Erntegutes am Ende der Feldtrocknungsperiode nur in einem einzigen Fall (Versuch 1 a), und zwar bei



**Bild 14 bis 16.** Durchschnittserträge an Trockensubstanz bei verschiedener Zusammenfassung der Bestände.

Bild 14. Luzerne + Ray gras + Klee gras + Wiesengras

Bild 15. Luzerne + Klee gras

Bild 16. Ray gras + Klee gras

Die Bedeutung der Zahlen über den Säulen siehe Bildunterschrift zu Bild 9 bis 12. Die eingeklammerten Zahlen sind die Gesamterträge nach dem Streuen.

**Tafel 4.** Schnitthöhen und Abweichungen.

Mähwerk	Versuch									
	1	2	3	4	$\bar{x}^2$	1 <sup>2)</sup>	2 <sup>2)</sup>	3 <sup>2)</sup>	4 <sup>2)</sup>	$\bar{x}^2$
	durchschnittliche Stoppellänge in cm					Standardabweichung der Stoppellänge in cm				
X	5,6	6,3	7,8	7,2	6,7	1,1	2,0	4,4	2,3	2,5
A <sub>1</sub>	7,2 <sup>4)</sup>	—	—	—	—	1,3	—	—	—	—
A <sub>2</sub>	—	—	7,5	—	—	—	—	3,0	—	—
B	8,3 <sup>4)</sup>	6,6	8,6	7,2	7,7	1,9	2,5	2,2	2,4	2,2
C	10,7 <sup>4)</sup>	5,4 <sup>4)</sup>	6,8	6,8	7,4	12,5	1,3	3,3	2,4	4,9
D	6,4	6,5 <sup>4)</sup>	5,7 <sup>4)</sup>	8,9 <sup>4)</sup>	6,7	3,8	1,5	1,9	4,6	2,9
E	5,8	5,2 <sup>4)</sup>	5,6 <sup>4)</sup>	6,1 <sup>4)</sup>	5,7	1,1	1,6	1,5	2,0	1,6
F	5,6	9,4 <sup>4)</sup>	8,8	7,5	7,8	1,0	3,6	5,0	2,3	3,0
G <sub>1</sub>	6,1	5,6 <sup>3)</sup>	4,6 <sup>4)</sup>	10,9 <sup>4)</sup>	6,8	1,6	1,5	1,4	5,4	2,4
G <sub>2</sub>	—	—	—	9,0	—	—	—	—	4,8	—

<sup>2)</sup> statistische Auswertung nicht zulässig

<sup>3)</sup> Wert bedeutend niedriger als bei dem Vergleichssystem X bei 5% Signifikanzgrad

<sup>4)</sup> Wert bedeutend höher oder niedriger als bei dem Vergleichssystem X bei 1% Signifikanzgrad

Tafel 5. Beschaffenheit des Gutes beim Schnitt, beim Pressen und nach 6monatiger Lagerung.

Beschaffenheit des Gutes beim Schnitt

Versuch <sup>5)</sup>							Versuch <sup>5)</sup>						
1a	1b	2	3a	3b	4		1a	1b	2	3a	3b	4	
Rohfasergehalt <sup>6)</sup> in %							Zuckergehalt in %						
31,0	31,0	46,4	38,5	38,5	44,4		26,9	26,9	10,8	32,5	32,5	15,4	
Proteingehalt in %							Aschegehalt in %						
9,5	9,5	14,2	5,5	5,5	10,4		9,2	9,2	9,5	7,3	7,3	—	

Beschaffenheit des Gutes beim Pressen

System	Rohfasergehalt <sup>6)</sup> in %						Zuckergehalt in %					
	Versuch <sup>5)</sup>						Versuch <sup>5)</sup>					
	1a	1b	2	3a	3b	4	1a	1b	2	3a	3b	4
X	37,0	40,1	48,4	43,1	42,2	46,5	21,7	22,1	10,9	20,2	22,0	10,2
A <sub>1</sub>	37,5	38,0	—	—	—	—	20,3	21,2	—	—	—	—
A <sub>2</sub>	—	—	47,2	41,6	42,4	—	—	—	11,3	22,4	23,3	—
B	38,9	39,9	45,5	42,5	42,3	48,7	20,0	18,3 <sup>8)</sup>	10,6	25,4	22,4	8,8
C	37,4	36,8	47,8	42,3	41,0	47,0	18,9	24,2	9,3	22,1	20,5	9,6
D	37,5	37,2	48,7	41,8	41,0	46,3	20,0	21,3	11,0	24,3	22,3	9,9
E	36,8	38,9	47,5	42,3	41,9	47,3	21,2	22,9	10,3	21,0	21,4	10,1
F	39,6	36,5	48,6	42,5	42,5	46,4	20,6	21,0	11,5	21,5	21,4	10,2
G <sub>1</sub>	40,9 <sup>7)</sup>	40,0	48,0	40,6	40,4	45,3	13,9 <sup>9)</sup>	16,0 <sup>9)</sup>	7,9 <sup>8)</sup>	20,8	22,5	9,5
G <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	46,0	—	—	—	—	—	9,1

Futterwert des Gutes nach 6monatiger Lagerung

System	Rohfasergehalt <sup>6)</sup> in %						Zuckergehalt in %					
	Versuch <sup>5)</sup>						Versuch <sup>5)</sup>					
	1a	1b	2	3a	3b	4	1a	1b	2	3a	3b	4
X	38,7	41,9	54,4	47,9	48,0	48,8	13,7	13,4	2,1	9,9	11,1	4,2
A <sub>1</sub>	41,3	39,6	—	—	—	—	13,6	14,2	—	—	—	—
A <sub>2</sub>	—	—	50,1	42,3 <sup>8)</sup>	43,2 <sup>7)</sup>	—	—	—	6,1 <sup>9)</sup>	16,5 <sup>9)</sup>	16,8 <sup>8)</sup>	—
B	41,0	40,8	49,3	42,8 <sup>8)</sup>	42,8 <sup>8)</sup>	47,3	13,1	14,9	4,8 <sup>8)</sup>	16,5 <sup>9)</sup>	15,8 <sup>8)</sup>	5,2
C	41,8	38,5	52,1	46,6	45,1	48,2	11,4	17,8	2,4	11,4	11,9	4,7
D	39,2	39,3	52,8	42,8 <sup>8)</sup>	43,9 <sup>7)</sup>	49,4	14,6	15,6	3,0	13,5 <sup>7)</sup>	12,6	4,0
E	40,2	39,1	52,4	47,5	47,6	49,0	15,7	14,1	2,8	9,8	11,1	4,3
F	39,6	40,4	52,2	46,7	48,1	50,9	15,7	11,9	2,0	10,8	9,7	3,6
G <sub>1</sub>	41,5	41,2	52,2	41,9 <sup>9)</sup>	42,0 <sup>8)</sup>	47,5	12,6	13,4	3,6	15,4 <sup>8)</sup>	15,2 <sup>7)</sup>	5,8
G <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	47,2	—	—	—	—	—	4,9

5) Versuch 1 ital. Raygras, 2 Luzerne, 3 Klee gras, 4 Wiesengras  
 6) nach dem N1 Schwefelsäureverfahren  
 7) bedeutend höher oder niedriger als der Wert für X bei 5% Signifikanzgrad

8) bedeutend höher oder niedriger als der Wert für X bei 1% Signifikanzgrad  
 9) bedeutend höher oder niedriger als der Wert für X bei 0,1% Signifikanzgrad

dem vom Schlegelmäher (G<sub>1</sub>) geschnittenen italienischen Raygras statistisch bedeutend höher (40,9% gegen 37%). Jedoch ist dieses Ergebnis wohl zu gewissem Grad auf das ungünstige Wetter in der zweiten Versuchshälfte zurückzuführen. Im gleichen Bestand war der Zuckergehalt zur Zeit des Pressens in zwei Fällen (Versuch 1a und 1b) bedeutend niedriger (13,6% bzw. 16% gegen 21,7 bzw. 22,1%), und zwar in dem mit Schlegelmäher (G<sub>1</sub>)

geschnittenen, ungestreuten Gut, sowie in dem gequetschten (B) und nach dem Mähen gestreuten (18,3% gegen 22,1%). In Luzerne (Versuch 2) war der Zuckergehalt des geschlegelten Gutes (G<sub>1</sub>) auch bedeutend geringer (7,9% gegen 10,9%).

Nach 6monatiger Lagerung war im Vergleich zum Normalheu der Rohfaseranteil im geknickten (A<sub>2</sub>), gequetschten (B) und mit Schlegel- (G<sub>1</sub>) und Zweikreismäher (D) geschnittenen Klee grasheu (Versuch 3a und 3b) bedeutend niedriger und der Zuckergehalt bedeutend höher. Die einzigen anderen bedeutenden Unterschiede waren bei Luzerne (Versuch 2) festzustellen, wo der Zuckergehalt des geknickten (A<sub>2</sub>) und gequetschten (B) Heues auch höher lag. Im allgemeinen zeigte sich, daß der Zuckerverlust während der Lagerung bei aufbereitetem Gut niedriger lag als bei unaufbereitetem. Wahrscheinlich ist das aber in erster Linie auf den niedrigeren Feuchtegehalt, den das aufbereitete Gut meistens zur Zeit des Pressens, und daher bei der Einlagerung erreicht hatte, zurückzuführen.

4.5 Leistungsbedarf

Das Verhältnis zwischen Arbeitsgeschwindigkeit und Kraftverbrauch an der Zapfwelle in zwei verschiedenen Beständen

Tafel 6. Leistungsverbrauch an der Zapfwelle.

System	Gesamtverbrauch unbelastet kW	Leistungsverbrauch je m Schnittbreite <sup>10)</sup>	
		bei Klee gras kW	bei Wiesengras kW
X	0,4	<1,0	1,5
B	1,9	3,2	3,9
A <sub>2</sub>	2,3	3,8	—
C	1,3	6,4	10,6
D	4,2	7,1	10,8
E	4,9	6,6	10,5
F	4,3	3,9	6,7
G <sub>1</sub>	3,3	10,8	18,6
G <sub>2</sub>	3,7	—	14,4

10) bei etwa 6,5 km/h Arbeitsgeschwindigkeit, der höchsten Geschwindigkeit, bei der alle Maschinen zweckgemäß eingesetzt werden konnten.

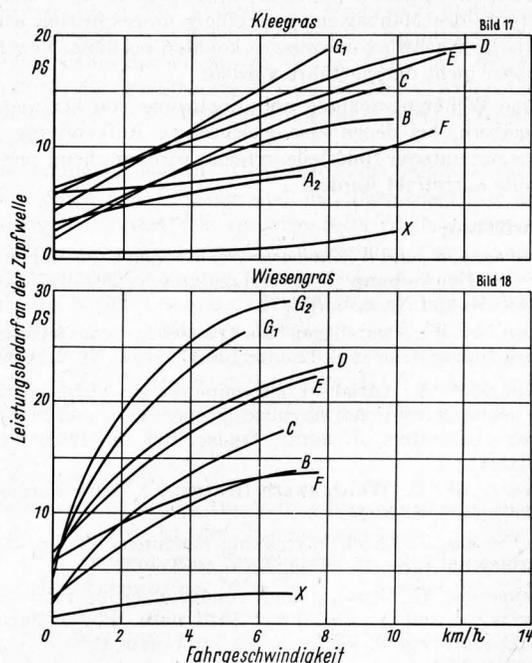


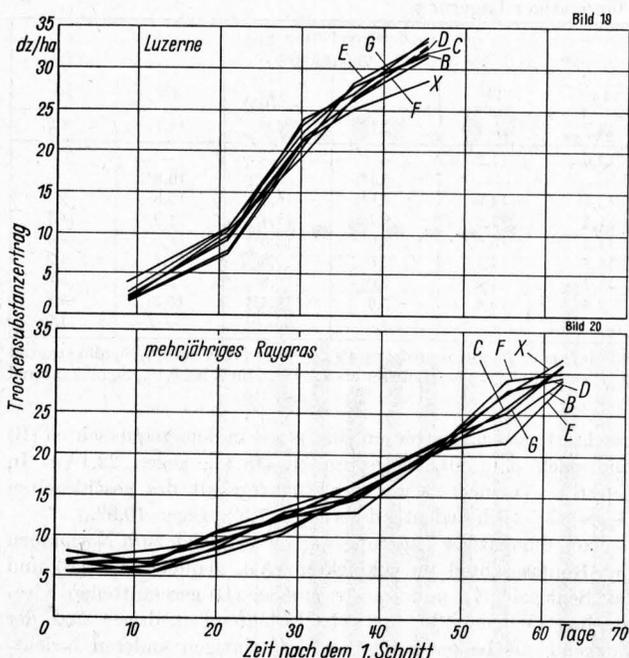
Bild 17 und 18. Leistungsverbrauch an der Zapfwelle in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit.

ist für alle zapfwellengetriebenen Systeme in **Bild 17 und 18** dargestellt. Um einen besseren Vergleich zu ermöglichen, sind die Werte pro Meter eigentlicher Schnittbreite in **Tafel 6** zusammengefaßt.

Die drei mit Gegenschneide arbeitenden Systeme (X, B, A<sub>2</sub>) waren pro Schnittbreiteneinheit in bezug auf den Leistungsverbrauch am sparsamsten, und zwar in der Reihenfolge Mähbalken (X), Breitmäherwerk (B) mit Quetschrollen und Mähbalken (A<sub>2</sub>) mit angehängtem Knickzetter. Von allen freischneidenden Mähwerken verbrauchte der Vierscheibenmäher (F) die geringste Leistung, danach kam der Einscheibenmäher (C) mit angebaute Schlegelzetter, der Vierkreisel- (E) und Zweikreiselmäher (D) und zuletzt die Schlegelmäher (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>), die den höchsten Leistungsbedarf hatten. Alle Maschinen brauchten zum Schneiden von Wiesengras eine erheblich größere Leistung als im Klee gras.

#### 4.6 Nachwuchs

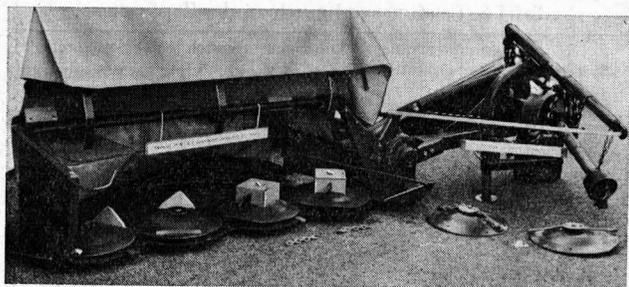
Aufgrund der unterschiedlichen höhenmäßigen Schnitthaltung der verschiedenen Mähwerke wurden anfangs beim Nachwuchs in den Parzellen, die mit dem Vierkreisel- (E) und Vierscheibenmähern (F) geschnitten worden waren, statistisch bedeutsame Unterschiede festgestellt. Nach etwa drei Wochen waren jedoch keine Unterschiede mehr statistisch nachweisbar, **Bild 19 und 20**.



**Bild 19 und 20.** Nachwuchserträge an Trockensubstanz in Abhängigkeit von der Zeit nach dem ersten Schnitt bei den verschiedenen Ernteverfahren.

#### 5 Weiterentwicklung

Mit dem Ziel, rotierende Horizontalschneidwerke so auszubilden, daß sie einen schnelleren Trocknungsverlauf des gemähten Gutes und verminderte Materialverluste verursachen, wurden einfache Anbauteile für einen Scheibenmäher entworfen. Da die untersten Halmteile im allgemeinen am ungünstigsten zu liegen kommen und am dicksten sind, bedürfen sie einer Aufbereitung am meisten, um die Trocknung auszugleichen. Anbauteile,



**Bild 21.** Ein aufgrund der Versuchsergebnisse vom N. I. A. E. mit Anbauteilen versehenes Mähwerk zur Förderung des Trocknungsverlaufes und Verringerung der Verluste.

**Bild 21**, sollen dies erreichen und sollen das Gut sofort nach dem Schnitt aus dem Bereich der Schneidwerkzeuge heben und beschleunigend nach hinten fördern. Sie stellen keine endgültige Lösung dar, sollen aber für die Verbesserung und Weiterentwicklung der Rotormäher Interesse hervorrufen. Am erfolgversprechendsten waren nahe den Scheibenrändern angebrachte Dreikant-aufsätze, die eine Knick- bzw. Schlagwirkung, jedoch ohne merkliche Stengelbrüche, hervorriefen.

#### 6 Zusammenfassung

Von den verschiedenen Behandlungsverfahren für Grün gut erhöhten das Knicken, Quetschen und Schlagen die Trocknungsgeschwindigkeit am meisten und ungefähr gleichwertig. Unter den Bedingungen des Jahres 1968 erbrachten alle drei Aufbereitungsverfahren, besonders aber das Schlagen, im Durchschnitt eine Ertragsminderung gegenüber der normalen Heuwerbmethode. Jedoch besagen die leider noch unvollkommen vorliegenden Versuchsergebnisse von 1969 jetzt schon, daß unter günstigeren Bedingungen das Schlegelmähen ertragsmäßig auch günstig liegen kann.

Eine Erhöhung der Grün gutschicht durch Verminderung der Schwadbreite, wie z. B. bei Schwadmähern, verlangsamt die Trocknung und verringert die Wirkung von Aufbereitungswerkzeugen. Streuen von Schwaden, so daß die ganze Feldoberfläche für die Trocknung genutzt wird, kann diese vorteilhaft beeinflussen, hat oft aber eine geringfügige Ertragsminderung zur Folge.

Rotormäher hatten keine merkliche Aufbereitungswirkung und ergaben eine Ertragsminderung. Der Grund für die Verluste ist wahrscheinliche wiederholte Berührung mit den Schneidwerkzeugen und Werkzeugträgern, während das geschnittene Gut beschleunigt und nach hinten gefördert wird. Hinter dem Schlepper arbeitende Mähwerke haben einen niedergedrückten Bestandstreifen zu schneiden, in dem das Gut ungünstig liegt; dies trägt wahrscheinlich zur Zerkleinerung und somit zu den Verlusten bei. Der Vorteil der freischneidenden Mähwerke liegt in der geringen Wartung und Störanfälligkeit sowie der Fähigkeit, auch Lagerbestände unter ungünstigen Bedingungen befriedigend zu schneiden.

Während langer Feuchteperioden besteht bei rauh behandeltem Grün gut die Gefahr des schnelleren Auslaugens. Andererseits hat bei günstigen Bedingungen das aufbereitete Gut den Vorteil, daß es schneller bzw. trockener zur Lagerung kommt, und die Zuckerverluste dadurch gering gehalten werden. Bei Luzerne und mehrjährigem Raygras konnten bezüglich der Nachwuchs geschwindigkeit bis zum nächsten Schnitt keine bedeutsamen Unterschiede festgestellt werden, auch dann nicht, wenn die Schnitthöhe des Mähbalkens geringfügig unterschritten wurde. Langfristige Nachwuchsmessungen konnten bei dieser Versuchsserie leider nicht durchgeführt werden.

Eine Weiterentwicklung und Ergänzung von horizontalen Rotormähern, bei denen eine gleichzeitige Aufbereitung, wenigstens der unteren Halmteile, erreicht wird, erscheint möglich und sollte angestrebt werden.

#### 7 Schrifttum

- [1] Bergmann, F., und W. Zumbach: Neuerungen beim Mähen und bei der Heuwerbung. Traktor/Landmasch. **29** (1967) Nr. 7, S. 435/40 und Nr. 8, S. 504/12.
- [2] Dervedde, W.: Grundlagen des Quetschens von feinstengeligen Halmgut. Grundl. Landtechn. **17** (1967) Nr. 2, S. 59/69.
- [3] Kliner, W. E.: A trial to determine the hay yields obtained by using conventional haymaking machinery and flail-type forage harvesters. J. agric. Engng Res. **6** (1961) Nr. 4, S. 315/18.
- [4] Kliner, W. E.: Which swath treatment? Dairy Farmer **16** (1969) Nr. 5, S. 40/44.
- [5] Shepperson, G.: Quick haymaking machinery and methods. Outlook on Agric. **IV** (1965) Nr. 6, S. 259/69.
- [6] Shepperson, G.: Mowing and conditioning in relation to crop yield and quality. Proc. 16th natn. Power Farming Conf., Harrowgate, 1967.
- [7] Wieneke, F., und W. Dervedde: Entwicklung und Forschung auf dem Gebiet des Quetschens und Knickens von Halmgut. Grundl. Landtechn. **15** (1965) Nr. 3, S. 65/70.