

DK 631.353:664.8.047

Entwicklung und Forschung auf dem Gebiet des Quetschens und Knickens von Halmgut

Von **Franz Wieneke** und **Werner Dervedde**, Braunschweig-Völkenrode

Mitteilung aus dem Institut für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Um den Bedarf an Futtermitteln für den Winter sicherzustellen ist eine Konservierung des im Sommer im Überschuß anfallenden Futters notwendig. Eines der wichtigsten Verfahren stellt dabei die Werbung von Heu mit Hilfe der Feldtrocknung dar. Bei der seitherigen Methode, bei der das Grüngut gemäht, gezzet und an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen gewendet wurde, ist der Arbeitsaufwand sehr hoch; zudem sind die Nährstoffverluste, die bei der relativ langen Trocknungsdauer entstehen, erheblich. Beim Aufbereiten vor allem des stengeligen Halmgutes durch Quetschen und Knicken wird die Trocknungszeit verkürzt und damit können Arbeitsaufwand und Verluste gesenkt werden. Die Verfasser geben einen Überblick über die seitherige Entwicklung der Maschinen und die wissenschaftlichen Erkenntnisse.

Die Entwicklung des Quetschens und Knickens von Halmgut ging vor allem von grobstengeligem Futter aus, bei dem die Blätter bedeutend schneller trocknen als die Stengel. Werden die wertvollen Blätter zu stark herabgetrocknet, so besteht bei der Feldtrocknung die Gefahr, daß sie verlorengehen. Das erste Ziel mußte es also sein, ein Verfahren zu entwickeln, auf Grund dessen die Stengel ebenso schnell trocknen wie die Blätter.

Die geschichtliche Entwicklung der Knick- und Quetschzetter

In **Bild 1 bis 14** ist die geschichtliche Entwicklung der Halmgutaufbereitungsmaschinen, die auf diesem Gedanken beruhen, anhand von Skizzen nach Patentschriften dargestellt. Die in **Bild 1** gezeigte Unkrautrupfmaschine, die etwa um die Jahrhundertwende in den USA eine gewisse Verbreitung gefunden hat, entspricht wohl bis auf den Haspel der heutigen Konzeption des Knickzettlers; da man aber der Beschleunigung der Trocknung bei der Unkrautrupfmaschine keine besondere Beachtung geschenkt zu haben scheint, ist der Knickzetter, der einige Zeit später entstanden ist, besser als eine besondere Entwicklung des Quetschzettlers anzusehen.

Die erste im Schrifttum genannte Einrichtung zum Quetschen des Grüngutes zwecks Verkürzung der Trocknungszeit ist die 1913 zum Patent [1] angemeldete Maschine des deutschen Landwirtes *Hermann Bartsch*, bei der die Kleestengel unmittelbar nach dem Mähen durch ein Walzenpaar zerquetscht werden. Dabei werden schon mögliche Trocknungszeiten von 1 bis 2 Tagen bei günstiger Witterung als Versuchsergebnisse genannt. Warum diese Maschine sich trotzdem nicht durchsetzen konnte, ist nicht bekannt.

Professor Dr.-Ing. Franz Wieneke ist Direktor des Institutes für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode; Dipl.-Ing. Werner Dervedde ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in demselben Institut.

Nach dem gleichen Prinzip arbeiteten die ersten in den Jahren 1930 bis 1933 in den USA entwickelten und untersuchten Maschinen, **Bild 2 bis 4** [2 bis 4]. Starke Impulse bekam die Entwicklung dort nach dem zweiten Weltkrieg, **Bild 5 bis 14**, als die Verknappung der menschlichen Arbeitskraft und die steigende Mechanisierung es nahe legten, die bereits früh erkannten Vorteile des Quetschens von Halmgut zu nutzen. Zudem waren die Landwirte bereit, zur Erzielung einer schnelleren Trocknung, und damit auch einer höhern Futterqualität, zusätzliche Kosten aufzuwenden, die zudem einen arbeitswirtschaftlichen Gewinn abwarfen.

Eine große Zahl von Patenten — vornehmlich in den USA — befaßt sich neben dem Quetsch- und Knickvorgang vor allem mit der Verbesserung des Einzugsvermögens, **Bild 15 bis 17**, der Verhinderung von Verstopfungen, **Bild 18 und 19**, und dem möglichst lockeren Ausbreiten des bearbeiteten Halmgutes.

Nachdem sich in der Grundkonzeption der Heuaufbereitungsmaschinen gewisse Standardformen herausgebildet hatten, wurden weitere Verbesserungen in erster Linie an den Quetschorganen vorgenommen; die Vielfalt der Walzenkombinationen geht aus **Bild 20 bis 31** hervor. Die Quetsch- und Knickwalzen werden aus Gummi oder Stahl hergestellt. Die Nuten werden spiralförmig ausgeführt, ebenso die Leisten. Die Kontur der Walzen wird der Durchbiegung angepaßt; die Gummiwalzen werden aus vorgespannten Scheiben zusammengesetzt und mit Versteifungen versehen und so fort.

Faßt man die einzelnen unterschiedlichen Walzenpaarungen zu Gruppen zusammen, so ergeben sich drei Grundausführungen:

1. Quetschzetter mit zwei glatten Walzen, die das Halmgut in ganzer Länge zerdrücken (crusher), **Bild 14**,
2. Quetschzetter mit einer glatten und einer profilierten Walze, die das Gut abwechselnd quetschen, knicken und unbearbeitet lassen (semi-crusher), **Bild 12**, und
3. Knickzetter mit zwei profilierten Walzen, die wie ein Zahnradpaar arbeiten und das Gut in Abständen knicken (crimper), **Bild 10**.

Weiter gehen Bestrebungen dahin, das gequetschte Halmgut anschließend mit Warmluft zu trocknen. Entsprechende Versuche wurden in den USA und in den Niederlanden unternommen. Die Maschinen, **Bild 32 bis 35**, deren Einsatzmöglichkeiten sehr stark von wirtschaftlichen Überlegungen abhängen, sind jedoch noch im Entwicklungsstadium begriffen.

In der Praxis haben die Bemühungen, funktionssichere Maschinen zu bauen, dahin geführt, daß in den USA bereits ein großer Teil des zur Heu- und Silagegewinnung vorgesehenen Grüngutes aufbereitet wird. In Europa werden vor allem in Großbritannien und in Frankreich Quetsch- und Knickzetter für die Beschleunigung der Feldtrocknung eingesetzt. Auch bei uns liegen einige Erfahrungsberichte vor.

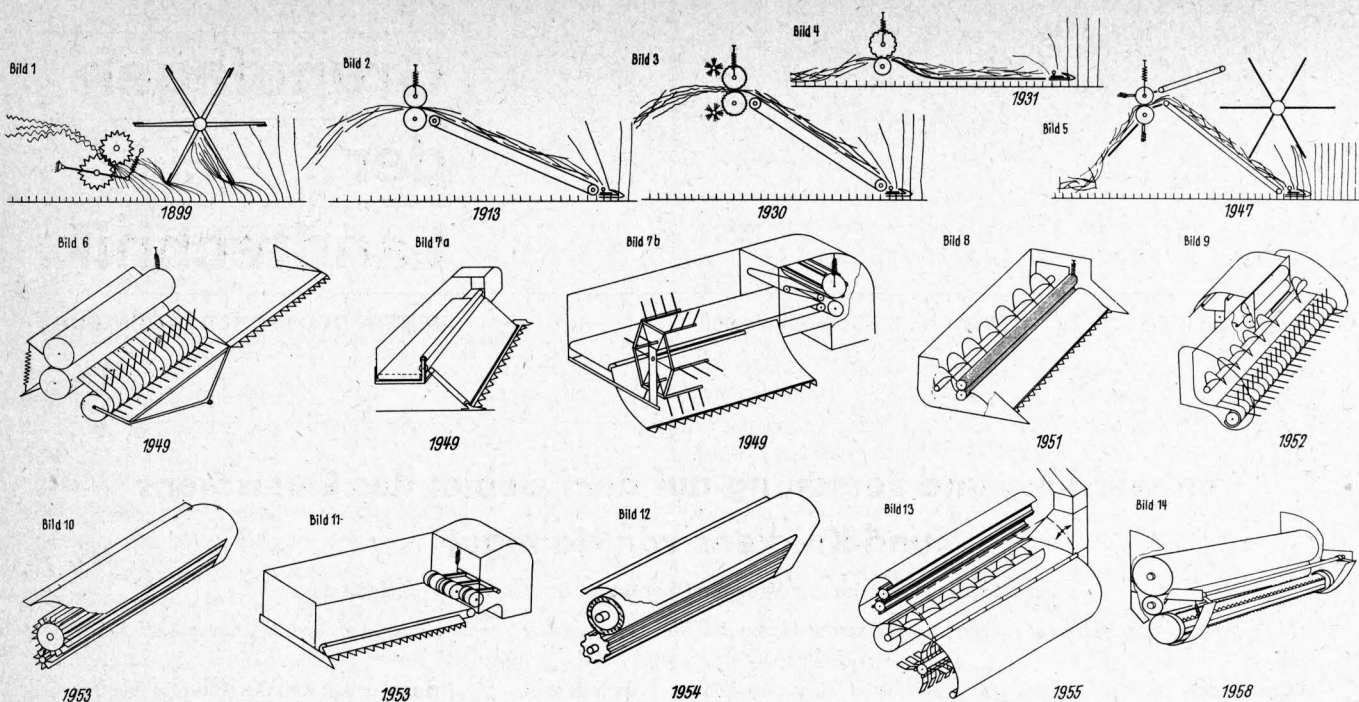


Bild 1 bis 14. Entwicklung der Halmgutaufbereitungsmaschinen nach Patentschriften.
(Die Jahreszahlen entsprechen dem Jahr der Patentanmeldung.)

- Bild 1. Unkrautrufmaschine mit zwei gezahnten Walzen als Vorläufer des Knickzettlers (crimper).
1899 R. Russel USA Pat. Nr. 660 339.
- Bild 2. Erste Halmgutaufbereitungsmaschine mit dem dem Mähwerk nachfolgenden Zuführband und zwei glatten Quetschwalzen in voller Mähbreite.
1913 H. Bartsch Deutschland Pat. Nr. 274 748.
- Bild 3. Selbstfahrende Maschine mit zwei profilierten Quetschwalzen aus Hartgummi und zwei nachgeschalteten Bürstenwalzen zum Reinigen.
1930 E. B. Cushman (Food Machinery Corp.) USA Pat. Nr. 1 972 680.
- Bild 4. Maschine mit Quetschwalzen hinter dem Mähwerk ohne bewegte Zuführgänge.
1931 C. Christiansen USA Pat. Nr. 1 958 910.
- Bild 5. Maschine mit Zuführband hinter dem Mähwerk und zusätzlicher Ausrüstung mit Haspel und Zuführband.
1947 T. T. Scott USA Pat. Nr. 2 521 999.
- Bild 6. Kombination von Heckmähwerk und Halmgutquetscher. Die Pick-up nimmt das bei der vorhergehenden Fahrt gemähte Gut auf und führt es den Quetschwalzen zu.
1949 B. E. Getz (A. F. Meyer Mfg. Co.) USA Pat. Nr. 2 592 269.
- Bild 7. Maschine mit Einrichtung zur Schwadablage (Längs-Querfuß).
1949 S. D. Russel (Case Comp.) USA Pat. Nr. 2 664 684.
- a) Anordnung der Quetschwalzen hinter dem Mähwerk in voller Arbeitsbreite,

b) Anordnung der Quetschwalzen hinter dem Querförderband mit verminderter Arbeitsbreite.

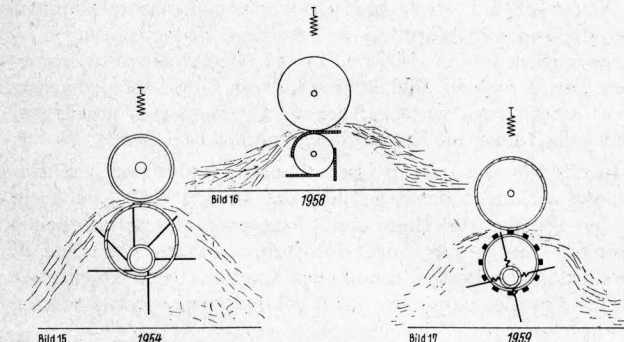
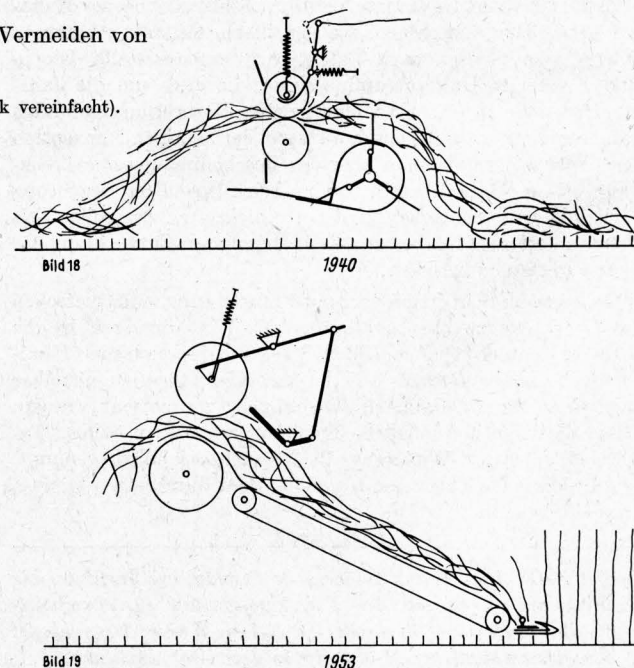
- Bild 8. Maschine mit Schwadablage, Querförderung mittels einer Schnecke.
1951 A. A. Scarlett et al. (IHC) USA Pat. Nr. 2 704 429.
- Bild 9. Maschine mit Pick-up und Quetschwalzen mit verminderter Arbeitsbreite. Nachgeschaltet ist eine Schleuderwalze zum Auflockern des Gutes.
1952 A. S. Fenster et al. (IHC) USA Pat. Nr. 2 727 347.
- Bild 10. Maschine mit profilierten, zahnradförmig ineinander greifenden Walzen, die das Gut ohne gesondertes Aufnahmeorgan vom Boden aufnehmen und in bestimmten Abständen knicken (crimper).
1953 A. R. Cunningham USA Pat. Nr. 2 711 622.
- Bild 11. Maschine mit Schwadablage, bei der die Quetschwalzen zur besseren Angleichungsmöglichkeit an unterschiedliche Schichtdicken in Abschnitte unterteilt sind.
1953 S. D. Russel (Case Comp.) USA Pat. Nr. 2 829 587.
- Bild 12. Maschine mit einer profilierten unteren Walze, die das Gut vom Boden aufnimmt und zusammen mit einer glatten oberen Walze in bestimmten Abständen quetscht und knickt (semi-crusher).
1954 S. C. Heth USA Pat. Nr. 2 811 819.
- Bild 13. Kombinierte Maschine mit den Möglichkeiten, das von Schlegeln gemähte Gut durch Verstellung eines Leitbleches zwei Quetschwalzen oder mit Hilfe einer Schnecke einem Häckselgebläse zuzuführen.
1955 W. M. Taylor (Deere Mfg. Co.) USA Pat. Nr. 2 827 745.
- Bild 14. Maschine mit aus Blechsegmenten bestehender Pick-up-Walze.
1958 McCarty (New Holland Mach. Co. Div.) USA Pat. Nr. 2 986 863.

Bild 18 und 19. Maschinen mit Einrichtungen zum Beheben oder Vermeiden von Verstopfungen an den Quetschwalzen.

- Bild 18. 1940 R. H. Reed USA Pat. Nr. 2 345 715.
Bild 19. 1953 Earl E. Koch USA Pat. Nr. 2 712 282; (Steuersystem stark vereinfacht).

Bild 15 bis 17. Sonderkonstruktionen mit Aufnahmevorrichtungen in der unteren Walze.

- Bild 15. 1954 K. McKay Fairventher et al. Neu Seeland Großbrit. Pat. Nr. 761 587.
Bild 16. 1958 S. C. Heth (IHC) USA Pat. Nr. 2 974 462
Bild 17. 1959 G. B. Stone USA Pat. Nr. 3 061 995



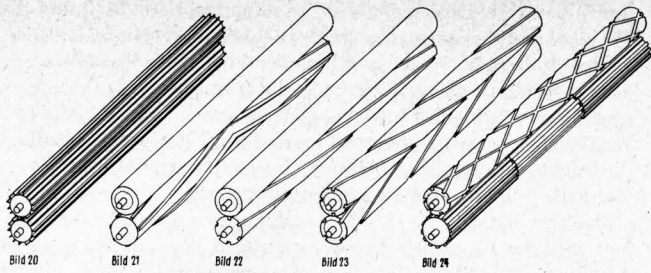


Bild 20 bis 24. Zusammenstellung der heute gebräuchlichen Quetsch- und Knickwalzen.

Bild 20. Knickwalzen mit Stahlleisten.

Bild 21. Quetschwalzen bestehend aus einer glatten Gummiwalze und einer mit Leisten versehenen Stahlwalze.

Bild 22. Quetschwalzen bestehend aus einer glatten Gummiwalze und einer Stahlwalze mit Nuten.

Bild 23. Zwei mit Nuten versehene Quetschwalzen aus Gummi.

Bild 24. Quetschwalzen bestehend aus einer Gummiwalze mit Waffelmuster und einer Stahlwalze mit versetzten Leisten.

Bild 25 bis 31. Weitere in Patentschriften vorgeschlagene Walzenkombinationen.

Bild 25. Glatte Stahlwalze mit Stahlrohrwalze mit durchgehenden Schlitzern. 1953 B. E. Getz (A. F. Meyer Mfg. Co.) USA Pat. Nr. 2 753 788.

Bild 26. Exakt verzahnte Walzen (ohne Materialangabe). 1954 S. C. Heth (Case Co.) zu USA Pat. Nr. 2 811 819.

Bild 27. Stahlwalzen, untere Walze mit sehr breiten Nuten. 1958 B. E. Getz zu USA Pat. Nr. 2 966 022.

Bild 28. Gummiwalzen, obere Walze tonnenförmig gewölbt, untere Walze mit kurzen Nuten.

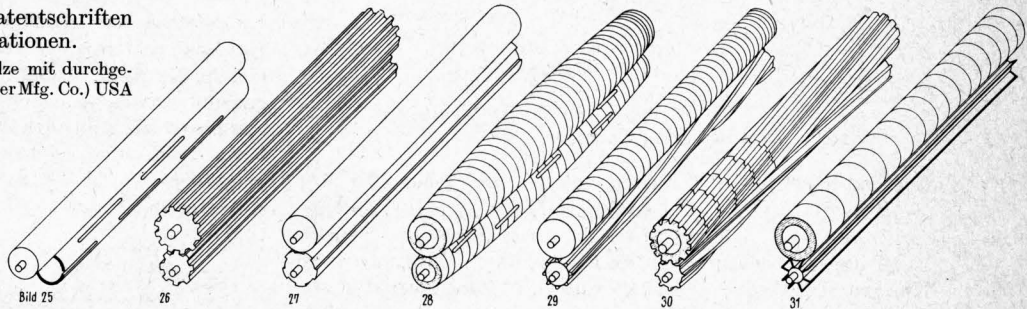
1958 S. C. Heth (IHC) zu USA Pat. Nr. 2 921 426.

Bild 29. Gummiwalze (oben) und Stahlwalze (unten) mit Spiralleisten. 1958 S. C. Heth (IHC) zu USA Pat. Nr. 2 921 426.

Bild 30. Spiralverzahnte Walzen, oben Gummi, unten Stahl. 1958 S. C. Heth (IHC) zu USA Pat. Nr. 2 921 426.

Bild 31. Gummiwalze und Stahlleistenwalze.

1960 I. H. Bornzin (IHC) Dtsch. Auslegeschr. 1 183 297.



In den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg begannen zugleich mit der starken Mechanisierung der Landarbeit systematische Untersuchungen in den USA und in Europa an Quetsch- und Knickzettern. Die Labor- und Feldversuche schlossen weit gestreute Varianten hinsichtlich Pflanzenart, Witterung, Bearbeitungswerkzeug und Maschineneinstellung ein.

Der Verdunstungsvorgang bei unbeschädigten und aufbereiteten Pflanzen

Für die Entwicklung geeigneter Aufbereitungswerkzeuge ist die Kenntnis des Verdunstungsvorganges bei Pflanzen wichtig. Lebende Pflanzen regulieren ihren Wasserhaushalt durch Verdunsten von Wasser. Dazu besitzen sie eine große Zahl kleiner Öffnungen, die sogenannten Stomata oder Spaltöffnungen [5]. Bei Pflanzen sonniger Standorte werden die Stomata geschlossen, wenn bis zu 30% des Wasservorrates verdunstet sind [6]. Das gilt in gleichem Umfang auch für abgeschnittene, frische Pflanzenteile. Bei geschlossenen Stomata sinkt die Verdunstung sehr stark ab; sie beträgt dann nur noch etwa 5 bis 10% der Ver-

Bild 32 bis 35. Heuaufbereitungsmaschinen mit Warmlufttrocknung.

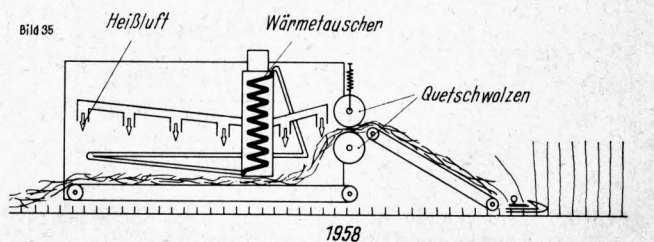
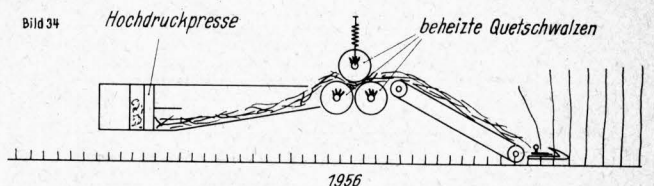
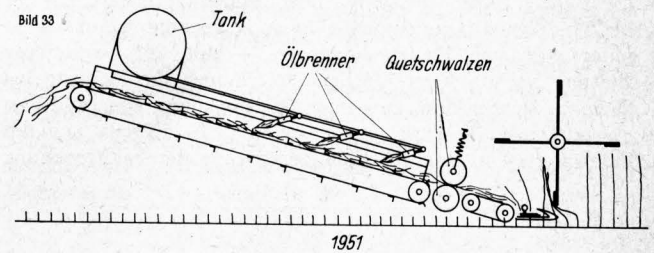
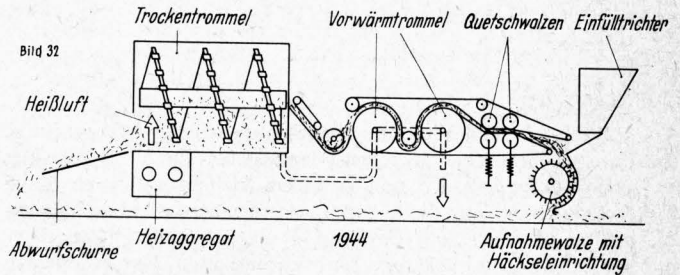
Bild 32. Fahrbare Trocknungsanlage für verschiedene Zwecke. Das Gut wird vom Boden aufgenommen oder in den Einfülltrichter geschüttet, nach Bedarf zerkleinert, gequetscht, auf zwei geheizten Walzen vorgetrocknet und schließlich in einer großen Trommel fertig getrocknet. Das Gut wird dabei vorwiegend zwischen zwei Bändern transportiert.

1944 H. N. McLeod Großbritannien USA Pat. Nr. 2 397 363.

Bild 33. Halmgutaufbereiter mit anschließendem Kettenelevator. Über dem Elevator sind Brenner (z. B. für Öl) zur Erzeugung der Warmluft verteilt. 1951 C. H. Foley USA Pat. Nr. 2 698 170.

Bild 34. Halmgutaufbereiter mit drei ölbeheizten Quetschwalzen. Dahinter befindet sich eine konventionelle Hochdruckpresse. 1956 A. Callahan USA Pat. Nr. 2 909 881.

Bild 35. Halmgutaufbereitungsanlage (sog. Hay-combine), bestehend aus Schneidwerk, Quetsch- und Trocknungseinrichtung. Das gequetschte und getrocknete Gut wird im Schwad auf das Feld gelegt und soll nach 1 bis 2 Stunden weiterer Trocknungs- und Abkühlzeit aufgepreßt werden. 1958 Ch. J. Lewandowski USA Pat. Nr. 2 940 239.



Forschungsergebnisse

Systematische Untersuchungen an den genannten drei Walzenkombinationen hatten zum Ziele, die Einflußfaktoren auf die Trocknung zu bestimmen und funktionelle Schwierigkeiten zu beheben. Bereits die ersten Forschungsarbeiten aus den Jahren 1930 bis 1933 [2 bis 4] zeigten beim Einsatz von glatten Quetschwalzen mit und ohne Gummiüberzug das Typische auch der späteren Ergebnisse:

1. Die Trocknung von Stengeln und Blättern wird einander angeglichen; die Verluste durch Abbröckeln übertrockneter Blätter gehen stark zurück.
2. Die Gesamttrocknungszeit wird verkürzt, und zwar bei Luzerne um ein Drittel bis zur Hälfte der vorher üblichen Zeit.

dunstung bei offenen Stomata. *Reichenbach* [7] sowie *Pedersen* und *Buchele* [8] stellten fest, daß sich die Spaltöffnungen bei abgeschnittenen Pflanzenteilen je nach Witterung innerhalb von 20 Minuten bis zu etwa einer Stunde nach dem Schneiden schließen.

Für Stengel sind die Trocknungsbedingungen ungünstiger als für Blätter, weil Stengel wenig Stomata haben. Bei ihnen erfolgt die Wasserabgabe ausschließlich durch die Außenhaut, die zudem verdickt oder verholzt sein kann, was bei Leguminosen in starkem Maße der Fall ist. Dagegen schreitet in den dünneren Blättern die Wasserverdunstung auch bei geschlossenen Stomata schneller fort.

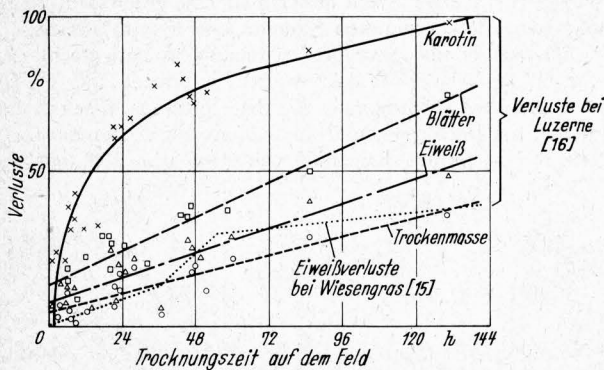


Bild 36. Nährstoff- und Karotinverluste (nach *Chancellor* [16] und *Klapp* [15]).

Bei der Aufbereitung des Halmgutes durch Quetschen oder Knicken strebt man die Zerstörung der Pflanzenstruktur an, damit das Wasser leichter austreten kann. Nach anfänglich rein subjektiver Beurteilung des Quetscheffektes bewerteten *Segler* [9, 10], *Peschke* [11], *Barnick* [12] und *Pedersen* [13] den zerstörten Halmquerschnitt mit Hilfe fotografischer Makroaufnahmen.

Nährstoffverluste

Nährstoff- und Vitaminverluste entstehen durch Veratmung, durch Abbröckeln wertvoller Pflanzenteile, durch die Tätigkeit von Mikroorganismen und zu einem kleinen Teil auch durch Auswaschung. Für die in den USA besonders wichtige Luzerne stellten *Pedersen* und *Buchele* [14] fest, daß die Blätter 70% des Proteins und 90% des Karotins enthalten. Ein Abbröckeln der Blätter führt also zu besonders hohen Verlusten. Bei der herkömmlichen Heuwerbung rechnen die genannten Autoren — unter günstigen Erntebedingungen — mit 20% verlorener Blätter. Nach anderen Quellen [15] können die Verluste bei flächiger Heuwerbung und einer Feldtrocknung von rund drei Tagen Dauer in Wiesengras etwa 35% des Eiweiß- und des Stärkewertes ausmachen. Eine Verkürzung der Feldtrocknung

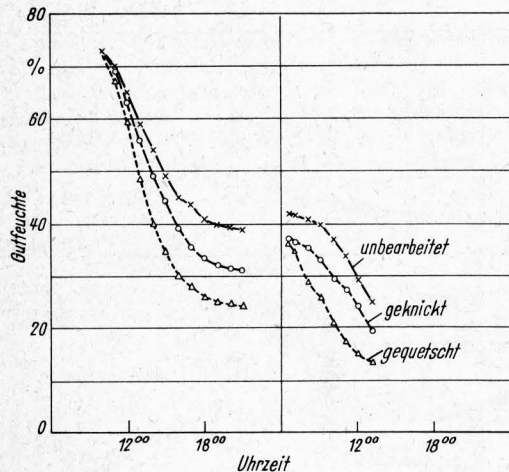


Bild 37. Beschleunigte Bodentrocknung durch Quetschen und Knicken von Luzerne (nach *Longhouse* [28]).

auf anderthalb Tage senkt die Eiweißverluste auf 14% und die Verluste an Stärkewerten auf 22%. Ähnliche Ergebnisse, niedergelegt in **Bild 36**, erzielte *Chancellor* [16]. Eine beschleunigte Trocknung kann also erhebliche Verluste einsparen. Zum anderen sind aber durch die Einwirkung der Quetsch- und Knickzetter zusätzliche Verluste unvermeidbar, da sie Kleinteile schaffen, die leicht verlorengehen können. Insgesamt werden diese Verluste aber übertroffen durch die eingesparten Verluste infolge schnellerer Trocknung [14, 17 bis 20]. Besondere Aufmerksamkeit wird der Erhaltung des sehr wichtigen Provitamins Karotin gewidmet [20, 22]; der Karotingehalt wird häufig als Indikator für die Qualität des Rohfutters benutzt. Das Karotin wird durch Sonneneinstrahlung und durch Sauerstoffzutritt abgebaut. Eine verkürzte Trocknung kann also zur Erhaltung eines großen Anteils des Karotins beitragen.

Untersuchungen mit Quetsch- und Knickzettern

Die Untersuchungen an unterschiedlichen, grobstengeligen Futterpflanzen (Luzerne, Rotklee, Soja) zeigten im wesentlichen eine starke Beschleunigung des Trocknens durch den Einsatz des Quetschzeters [17 bis 20, 23 bis 61]. Der Erfolg des Knickzeters war, wie **Bild 37** zeigt, etwas kleiner; ein ähnliches Ergebnis hatten auch verschiedene andere Versuchsansteller [17, 20, 27, 28, 37, 50, 51]. Hierfür werden vor allem zwei Gründe genannt. Durch das Knicken wird nur ein geringer Teil des Stengels bearbeitet, und auch das nur, wenn die Stengel die Maschine längs durchlaufen. Weichen sie von der Längsrichtung ab, so vergrößert sich der Abstand zwischen den Knickstellen, und die Aufbereitungswirkung wird zusätzlich verschlechtert. Allge-

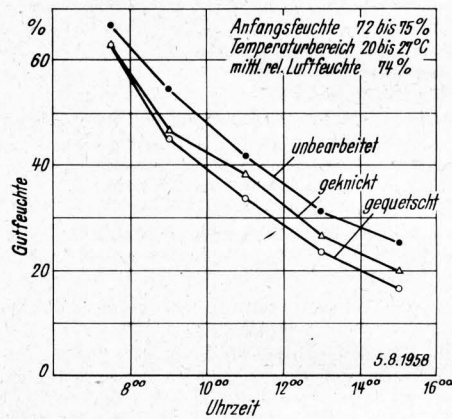


Bild 38. Trocknungsverlauf von Lieschgras-Trespe-Gemisch am zweiten Trocknungstage (nach *Longhouse* [28]).

mein ergab sich, daß durch Quetschen ein Drittel bis zur Hälfte der vorher üblichen Trocknungszeit eingespart werden kann, während die Einsparung durch Knicken nur rund ein Viertel beträgt. In weichem Wiesengras, das nur wenige grobe Stengel, aber viele weiche Blätter und feine Stengel besitzt, war der Erfolg des Quetschens und erst recht der des Knickens bedeutend kleiner [30, 56, 57]; hier konnten, wie **Bild 38** zeigt, nur einige Stunden Trocknungszeit eingespart werden.

Das nachträgliche Wenden des aufbereiteten, blattreichen Futters, insbesondere der Luzerne, ist nicht zu empfehlen, da hohe Bröckelverluste entstehen [28]. Von europäischen Versuchsanstellern, vor allem aus Gebieten mit maritimem Klima, wird ein Wenden der dort vorwiegenden Gräser für unbedingt notwendig angesehen [13, 34, 56]. Für besonders wichtig wird das Auflockern eingeregelter Schwaden gehalten [13], auch wenn es sich um Luzerne handelt. Dagegen hat es sich in nahezu allen Fällen als ungünstig erwiesen, wenn das aufbereitete Gut frühzeitig eingeschwadet wird, **Bild 39**. In den USA wird das frühzeitige Einschwadern nur in den Gebieten mit extrem guten Trocknungsbedingungen — wie Kalifornien — empfohlen. Dort trocknet das Gut ohnehin schnell und bei spätem Einschwadern der trockenen Luzerne wären hohe Blattverluste unvermeidbar [21, 28, 35]. *Bruhn* [25] stellte in diesem Zusammenhang fest, daß der Einfluß des Quetschens auf die Trocknung beim Ein-

schwaden unmittelbar nach dem Mähen und Quetschen im Verhältnis 7:3, wenn also 7 Fuß breite Mahden auf 3 Fuß breite Schwaden zusammengezogen werden, wieder aufgehoben wird.

Ferner ergab sich, daß der Erfolg des Quetschens und Knickens bei guter Witterung stärker hervortritt [19]. Bei Niederschlägen nahm aufbereitetes Futter schneller und größere Mengen Wasser auf als nicht bearbeitetes Gut [13], in einer anschließenden Schönwetterzeit gab es allerdings das Wasser auch wesentlich schneller wieder ab, **Bild 40**.

Spezielle Versuche über aufsteigende Bodenfeuchtigkeit und deren Einfluß auf die Trocknung stellten *Pedersen* und *Buchele* [14] sowie *Chabica* und *Buchele* [17] an. In beiden Fällen wurde der Boden mit Plastikfolien abgedeckt, die als Dampfsperre und als Wärmestrahlsammler wirkten. In diesen Versuchen schritt die Trocknung außerordentlich schnell fort, auch wenn der doppelte Ertrag je Fläche oder gar der dreifache Ertrag auf den Folien ausgebreitet wurde.

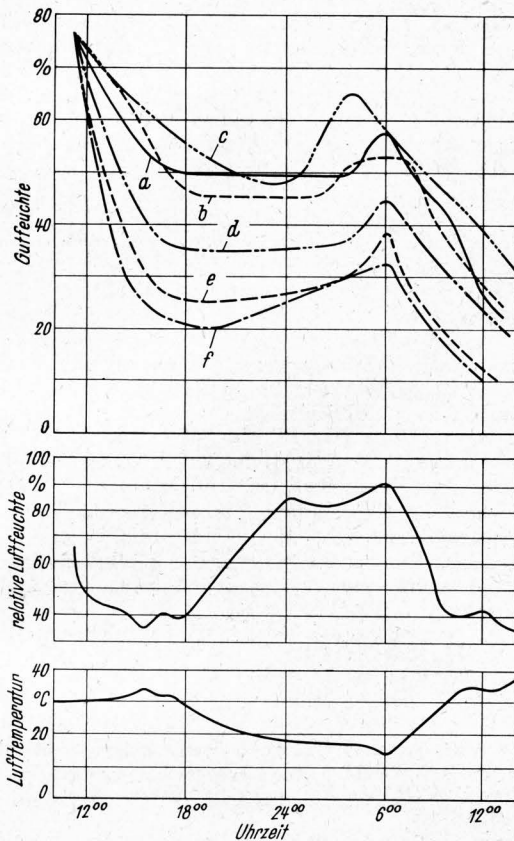


Bild 39. Einfluß des Schwadens auf den Trocknungsverlauf (nach *Fairbanks* [20]).

- a Mähen mit horizontal rotierenden Messern, Schwaden
- b Mähen, Schwaden und Knicken
- c Mähen und Schwaden
- d Mähen
- e Mähen und Knicken
- f Mähen und Quetschen.

Untersuchungen von *Bruhn* [25] ergaben, daß für eine sichere Einspeisung die Durchmesser von Quetschwalzen und Stengeln aufeinander abgestimmt sein müssen. Je dicker der Stengel ist, um so größer müssen die Walzendurchmesser sein, damit es nicht zu Verstopfungen kommt.

In den verschiedenen Versuchen wurde mit unterschiedlichen Drücken zwischen den Quetschwalzen gearbeitet [8, 19, 26, 29, 32]. In jedem Fall erwiesen sich hohe Drücke als besonders günstig für eine schnelle Trocknung. Mit steigendem Druck werden allerdings die Pflanzen zerrissen, so daß größere Verluste auftreten dürften. *Bruhn* [25] erzielte die schnellste Trocknung bei dem höchsten eingestellten Druck von 5,5 kp je cm Walzenlänge, **Bild 41**. Die gestiegenen Bröckelverluste sind nicht allein auf den steigenden Druck zurückzuführen, da andere Einflüsse, wie hohe Beschleunigung und geringer Durchsatz, das Zerreißen ebenfalls fördern.

Weitere Versuche befaßten sich mit der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen. *Bruhn* [25] erzielte die schnellste Trocknung bei relativ schnell umlaufenden Walzen (Fahrsgeschwindigkeit: Umfangsgeschwindigkeit wie 1:3,4); gleichzeitig stiegen aber auch die Verluste durch Zerreißen der Pflanzen. Über ähnliche Erfahrungen berichten *Postuma* und *Coolman* [31], von denen als günstigstes Verhältnis der Fahrsgeschwindigkeit zur Umfangsgeschwindigkeit der Wert 1:4 genannt wurde; bei einem Verhältnis von 1:7 oder 1:8 nahmen die Verluste stark zu.

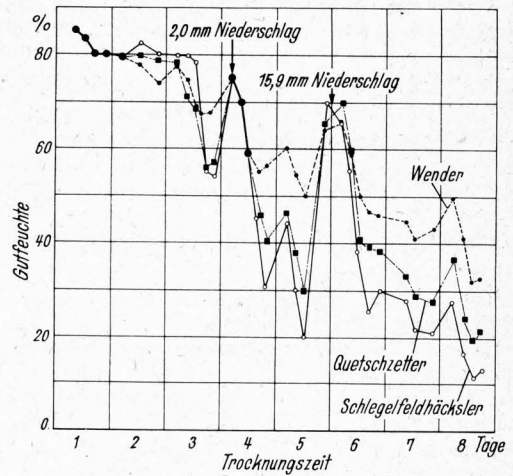


Bild 40. Einfluß der Wiederaanfeuchtung auf den Trocknungsverlauf un- und aufbereiteter Luzerne (nach *Pedersen* [13]).

Bruhn [25] untersuchte in zwei getrennten Versuchsreihen den Einfluß des mehrfachen Quetschens auf die Trocknung. Dabei zeigte sich, daß der größte Trocknungsvorsprung gegenüber un- und aufbereitetem Gut durch einmaliges Quetschen erzielt wurde, **Bild 42**; weitere Quetschvorgänge brachten nur eine unwesentliche zusätzliche Verbesserung. Wurde das Futter in einem Abstand von 30 Minuten erneut gequetscht, so trocknete es bis dahin langsamer als sofort doppelt bearbeitetes Gut. Nach dem zweiten Quetschvorgang holte es aber schnell auf, so daß geringe Verzögerungen des zweiten Quetschvorganges durchaus tragbar erschienen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das Quetschen und Knicken, vor allem von grobstengeligen Halmfutter, die Trocknungszeit auf dem Felde wesentlich herabsetzt und damit zu einer Qualitätssteigerung des Futters beiträgt. Die dabei auftretenden Verluste fallen im Gegensatz zur Aufbereitung mit dem Schlegelfeldhäcksler nicht ins Gewicht. Die Wirksamkeit der Quetschzetter bei feinstengeligen Wiesengräsern ist geringer. Weitere Untersuchungen sind notwendig, die Einflußgrößen beim Quetschen von dünnstengeligen Halmgut zu bewerten, um Hinweise für die Verbesserung des Verfahrens zu gewinnen.

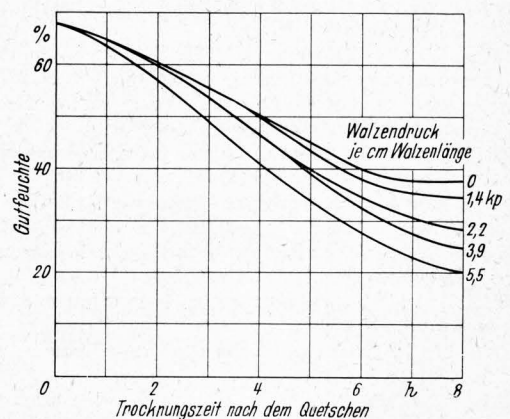


Bild 41. Einfluß des Walzendruckes auf den Trocknungsverlauf von Luzerne (nach *Bruhn* [25]).

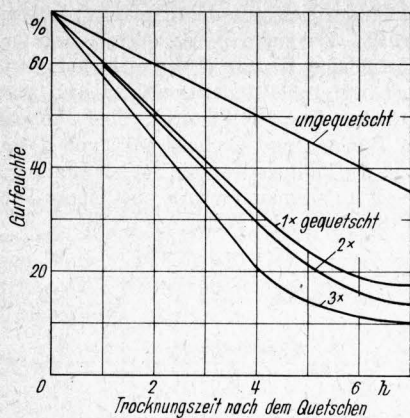


Bild 42. Einfluß des mehrfachen Quetschens auf den Trocknungsverlauf von Luzerne (nach Bruhn [25]).

Schrifttum

- [1] DRP Nr. 274 748.
- [2] Bainer, R.: Preliminary trials of a new type of mower. *Agric. Engng.* **12** (1931) S. 165/66.
- [3] Russel, B.: Results of 1931 artificial drying studies. *Agric. Engng.* **13** (1932) S. 69/70.
- [4] Frank, B., u. K. Zink: The mower-crusher in haymaking. *Agric. Engng.* **14** (1933) S. 71/73.
- [5] Guttenberg, H. v.: Lehrbuch der Allgemeinen Botanik. 4. Aufl. Berlin: Akadem. Verl. 1955.
- [6] Maximow, N. A.: Kurzes Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Berlin: Verl. Kultur und Fortschritt 1951.
- [7] Reichenbach, H.: Neue Untersuchungen zur Transpiration abgeschnittener Pflanzensprossen. Berlin: Akadem. Verl. 1958.
- [8] Pedersen, T. T., u. W. F. Buchele: Drying rate of alfalfa hay. *Agric. Engng.* **41** (1960) S. 86/89 und 107/08.
- [9] Segler, G.: Möglichkeiten und Grenzen für eine Verbesserung der Heuwerbungstechnik. Tag. Ber. Nr. 16, Dt. Akad. d. Landwirtschaftswiss. 1959.
- [10] Segler, G., u. C. H. Dencker: Verfahren und technische Hilfsmittel für die Gewinnung von Grünfütter, Gärfütter und Heu. In: C. H. Dencker: Handbuch der Landtechnik. Hamburg u. Berlin: Verl. P. Parey, 1961, S. 600/08.
- [11] Peschke, G.: Untersuchungen über die maschinelle Bodenheuwerbung. Diss. LH. Stuttgart-Hohenheim 1953.
- [12] Barnick, R. B.: Photography solves hay-crushing problem. *Agric. Engng.* **40** (1959) S. 612/13.
- [13] Pedersen, T. T.: Forskellige Høstmetoders indvirkning på tørringshastighed i lucernehø. *Medd. Jordbrugstekn. Inst. København*, Nr. 5 (1962).
- [14] Pedersen, T. T., u. W. F. Buchele: Hay-in-a-day harvesting. *Agric. Engng.* **41** (1960) S. 172/75.
- [15] Klapp, E.: Wiesen und Weiden. Berlin: Verl. P. Parey 1954, S. 459.
- [16] Chancellor, W. J.: Mechanical dehydration-blanching as an aid. ASAE-paper No. 63-652 (1963).
- [17] Chabica, E., u. W. F. Buchele: Curing conditioned hay on plastic film. (Vervielf. Manuskript).
- [18] Boyd, M. M.: Hay conditioning methods compared. *Agric. Engng.* **40** (1959) S. 664/67.
- [19] Kepner, R. A., J. R. Goss u. J. H. Meyer: Evaluation of hay conditioning effects. *Agric. Engng.* **41** (1960) S. 299/304.
- [20] Fairbanks, G. E. u. G. E. Thierstein: Performance of various hay conditioning machines. ASAE-paper 61-631 (1961).
- [21] Dobbie, J. B., u. a.: Effect of harvesting procedures on hay quality. *Transactions ASAE* (1963) No. 4, S. 301/03.
- [22] Parey's Landwirtschaftslexikon. Hamburg u. Berlin: Verl. Parey 1956.
- [23] Jones, T. N., u. R. F. Dudley: Methods of field curing hay. *Agric. Engng.* **29** (1948) S. 159/60.
- [24] Segler, G.: Die Mechanisierung der Rauhfütterernte. *Landtechn.* **6** (1951) S. 35/41.
- [25] Bruhn, H. D.: Status of hay crusher development. *Agric. Engng.* **36** (1955) S. 165/70.
- [26] Bruhn, H. D.: Performance of forage conditioning equipment. *Agric. Engng.* **40** (1959) S. 667/70.
- [27] Schaaf, D. v. d.: The drying operation in hay-making. Publikat. no. 66 IBVL Wageningen.
- [28] Longhouse, A. D. u. a.: Hay conditioners in the northeastern United States. *West Virg. Univ. Bull.* No. 449 (1960).
- [29] Barmington, R. D.: Mountain Meadow hay harvesting and handling. *Colorado Exp. St. Gen. Ser.* No. 806 (1964).
- [30] Bruhn, H. D.: Modern methods of harvesting and curing forage. *Intern. Kongr. f. Techn. i. d. Ldw. Lausanne* 1964, Ber. Bd. III, S. 933/41.
- [31] Postuma, H. H., u. F. Coolman: Aspekten van de mechanisatie en rationalisatie van de Landbouw in de V. S. Reiseber. Wageningen 1964.
- [32] Byers, G. L., D. G. Routley u. M. W. Colburn: Moisture release from cut alfalfa. *Science* **143** (1964) S. 1183.
- [33] White, R. G.: Hay conditioning for faster field curing. *Coop. Ext. Serv. Mich. State Univ. Inf. Ser.* No. 114. File: 18 445.
- [34] Meddelande Jordbrukstekniska Institut Nr. 303. Uppsala 1963.
- [35] Shepperson, G.: Crimp or crush for better hay. *Pract. Power Farming* **32** (1964) Nr. 5, S. 6/7.
- [36] White, J. W., u. W. Kalbfleisch: Roller crusher for drying hay. *Scientific Agric.* **30** (1950) S. 119/24.
- [37] Sutherland, G. R.: Discussion on drying rates and field losses in hay conditioning methods. *Agric. Engng.* **40** (1959) S. 671.
- [38] Sorensen, J. W., u. N. K. Person: Mechanisation of the conditioning, storing, processing and feeding of forage (other than silage) on Texas farms and ranches. *Agr. Eng. Radiation Res.* 1963 Surv. Rep. SP-x-0164 ASAE.
- [39] Whitney, L. F., u. C. W. Hall: Harvesting and drying of alfalfa leaves. ASAE-paper 63-650 (1963).
- [40] White, R. G., u. H. F. McColly: Forage harvesting systems. *Agr. Engng. Dept. Mich. St. Univ. Inf. Ser.* No. 50, File 18 445.
- [41] Ramser, J. H., u. R. W. Kleis: Hay crushing for faster field curing. *Univ. Illinois Agr. Ext. Circ.* No. 693, 1952.
- [42] Krzeminski, J.: Das Quetschen der Grünpflanzen (polnisch). *Mechanizacja Rolnictwa* **11** (1963) Nr. 8, S. 20/21.
- [43] Alain, D. u. a.: Difficulté de la récolte et de la conseration du fourrage. *Centr. Nat. Et. Exp. Mach. Ag.* No. 274 — 1964.
- [44] Scarborough, E. N.: Hay drying in the Northeastern United States. *Agr. Exper. Stat. Univ. of Delaware*.
- [45] Glasow, W.: Trocknungserfolg bei verschiedenen Heumaschinen. *Landtechn.* **18** (1963) S. 718/22.
- [46] Gätke, R.: Untersuchungen über den Einfluß mechanischer Grünfütteraufbereitung auf den Trocknungsverlauf. *Dt. Agrartechn.* **5** (1955) S. 208/13.
- [47] A farm mechanisation survey of hay conditioners. *Farm Mech.* **15** (1963) S. 46/47.
- [48] Wieneke, F., u. H.-G. Claus: Der Einfluß der Heuwerbe-maschinen auf Trocknung und Verluste. *Landtechn.* **19** (1964) S. 418/28.
- [49] Claus, H.-G.: Heuwerbung in Großbritannien. *Landtechn.* **19** (1964) S. 856/62.
- [50] Morris, W. H. M.: For quick haymaking. *Farm Mech.* **14** (1962) S. 103.
- [51] Berge, O. I.: Selecting forage harvester for making low-moisture silage. *Hoards Dairyman* (1964).
- [52] Casselman, T. W., u. R. C. Fincham: How effective are hay conditioners. *Iowa Farm Science* **15** (1960) S. 3/6.
- [53] Mikulik, J. u. a.: Technische Analyse der Mechanisierung der Futterpflanzenernte. VUMEZ Z-399.
- [54] Olszewski, T.: Die Technik der Grünfütterernte (polnisch). *Mech. Rolnictwa* **11** (1963) S. 7/11.
- [55] Roemer, Scheibe, Schmidt, Woermann: Handbuch der Landwirtschaft. Bd. III, Allgemeine Tierzucht. Berlin und Hamburg: Verl. P. Parey, 1952.
- [56] Shepperson, G., u. J. K. Grundey: Recent developments in quick haymaking techniques. *J. Brit. Grassland Soc.* **17** (1962) Nr. 2, S. 141/49.
- [57] Rapport betreffende de proefnemingen met hooikneuzers in 1959. *ILR Medd.* Nr. 6 (1960).
- [58] Horne, B. S., u. W. L. Kjølgaard: Field evaluations of self-propelled windrowers as haymaking tools. ASAE-paper 62-148 (1962).
- [59] Goss, J. R., R. A. Kepner u. L. G. Jones: Hay harvesting with self-propelled windrower compared with mowing and raking. *Transactions ASAE* **7** (1964) Nr. 4, S. 357/61.
- [60] Goss, J. R., R. A. Kepner u. L. G. Jones: Effects of self-propelled windrowers on hay. ASAE-paper 63-161 (1963).
- [61] Willows, D. E.: Quick haymaking techniques with particular reference to the use flail forage harvesters. VI. Internat. Kongress f. Techn. i. d. Landw. Lausanne 1964, Ber. Bd. III, S. 1044/52.