

Vom Quetschen und Knicken zum Zerfasern und Spleißen

Zur Entwicklung der Aufbereitung von Halmfutter bei der Ernte
 von Hermann Wandel, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim

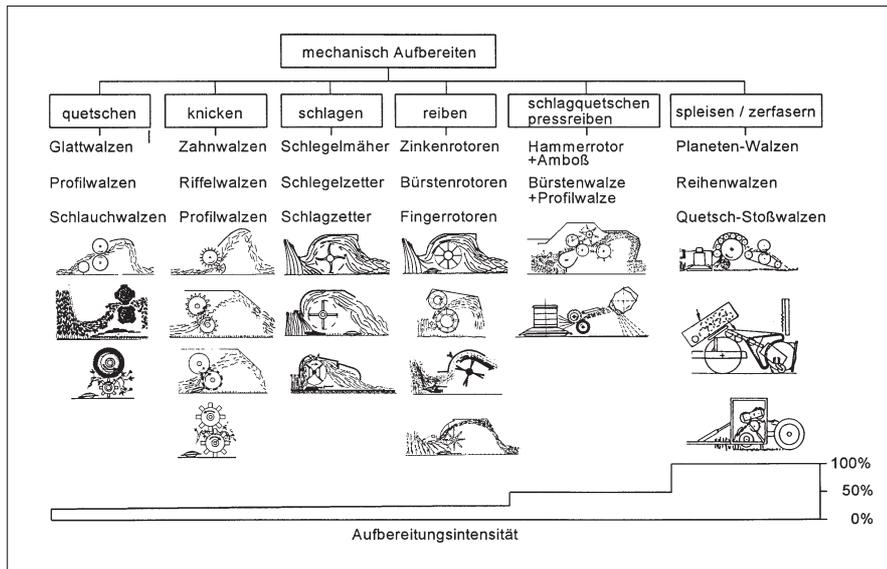


Bild 1: Technik zum Aufbereiten von Halmfutter - Übersicht und die mögliche Aufbereitungsintensität

Es ist ein alter Wunsch der Bauern, am Morgen gemähtes Gras und noch am selben Tag als Heu bergen zu können. Mit dem Aufbereiten des Futters, das sein Trocknen beschleunigen kann, soll die Verwirklichung dieses Wunsches näher rücken. Damit verbunden ist das bereits 1913 an Hermann BARTSCH erteilte Patent zur quetschenden Aufbereitung zu verstehen. Dabei ging es zunächst nur darum, das langsame Trocknen der Klee- stengel dem schnellen Trocknen der Blätter anzugleichen. Schon allein das gleichmäßigeren Trocknen von Stengel und Blatt ermöglicht es, Arbeitsgänge einzusparen, das Wetterrisiko zu verringern und die Ernteverluste zu senken.

Die Aufbereiter haben die Aufgabe, die Mechanismen von Stengeln und Halmen, die sie während des Wachstums vor dem Austrocknen schützen, nach dem Mähen unwirksam zu machen. Die Entwicklung der Aufbereitung reicht, um den Unterschieden von Kräutern und Gräsern sowie den veränderten Anforderungen durch das Futter zu entsprechen, vom Quetschen, Knicken, Schlagen mit Schlegeln über das Reiben mit Bürsten und Fingern in Zettern und Mähenaufbereitern bis zum Spleißen und Zerfasern (Bild 1), einem Ansatz für ein dominierendes Verfahren, vergleichbar dem Mähdrescher, das Mähintensivaufbereiten (MIA).

Heumaschinen haben ihre Grenzen

Neben dem Wunsch einer verkürzten Feldtrocknung mag die Idee und das Bedürfnis für mechanisches Aufbereiten darauf beruhen, daß der Trocknungsverlauf des Futters durch ein Mehr an Wenden und Auflockern nicht zu beschleunigen ist und die Arbeitswerkzeuge neuer Heumaschinen keinen Einfluß auf die Trocknungsgeschwindigkeit haben. Kräuterreiche Wiesen u. a. mit Klee, Bärenklau und Wiesenkerbel, einst noch ein- oder zweischürig, zeigten ein sehr ungleiches Trocknen von Stengeln und Blättern. Schließlich war es die Stengelmasse, nicht die Blattmasse, die einen Heustapel noch nach drei bis fünf Tagen Feldtrocknung zu warm werden ließ, weil die Einfahrfeuchte des Heues ohne Reuterung, statt weniger als 20 %, meistens annähernd 30 % beträgt. Gelingt es, das Trocknen der Stengel und Blätter von kräuterreichem



Bild 2: Handarbeitsstufe - eine Idee vom Mähzettel

Futter einander anzugleichen, verkürzt dies nicht nur die Feldliegezeit, sondern bannt auch die Brandgefahr im Heulager. Das Braunheu der 30er und 40er Jahre war kein erstrebtes Ziel, sondern ohne Reutertrocknung eine brandgefährliche Notlösung der Heubereitung. Doch die Heumaschinen, Gabelheuwender, Schwadenrechen, Sternrechwender und in den 60er Jahren der Kreiselheuer, boten keinen Ansatz für eine radikale Verkürzung der Trocknungsdauer.

Anders war dies noch beim Übergang auf das Mähzetten, dem Breitstreuen beim Mähen. Für diese Idee steht die Meinung eines Bauern, als dieser von einem Städter danach befragt, warum die Sense nicht auf beiden Seiten schneide, antwortete: Man könne dem Bauern auch noch eine Gabel in den Hintern stecken, um gleichzeitig zu worben (Bild 2). Die Sense brachte die enorme Mähleistung von 3 bis 8 ar je Stunde und ermöglichte gegenüber dem Schneiden mit der Sichel (0,5 bis 1 ar je Stunde) erst eine umfangreichere Winterfutterbereitung.

Quetsch- und Knickzetter - neue Heuwerbemaschinen

Erste wissenschaftliche Versuche, das Trocknen von Grüngut durch Quetschen des Stengels zu beschleunigen, wurden nach dem Kriege aus der UdSSR bekannt. Die ersten Maschinen wurden jedoch nach dem Kriege in USA entwickelt, von denen 1953 der erste Stengelquetscher "Meyer" nach Deutschland kam. Obwohl das mechanische Aufbereiten von BARTSCH in Verbindung mit dem Mähen gedacht ist, erfolgt dieser Vorgang bei den ersten Geräten dieser Art nach dem Mähen beim Zetten. Zwar bieten die frischen prallen Pflanzen die besten Voraussetzungen, aber das Aufbereiten verdoppelt den Leistungsbedarf beim Mähen. In USA haben, im Gegensatz zu den Unterdach-Trocknungsanlagen, Preß- und Knickzetter weite Verbreitung gefunden. 1955 wurden sie erstmals als eigenständige Position in der Statistik geführt. Der Inlandsabsatz stieg bis 1959 auf fast 50 000 Stück jährlich, ging jedoch bis 1961 wieder annähernd auf die Hälfte zurück. Noch in den 50er Jahren hatte man in Europa in Regionen mit höheren Niederschlägen die Bodentrocknung verlassen und ging zur Gerüsttrocknung (zunächst Bock-, Stell- und Schlagheizen, später Schwedenreuter) über.



Bild 3: Knickzetter mit zahnartig profilierten Walzen arbeitet unabhängig vom Mähen (1960)

Das Bearbeiten des Grünungutes mit Preß- und Knickzettern war in USA in ihren Grundzügen bereits 1933 bekannt. Es geht auf das Bestreben zurück, die bei der Bodentrocknung durch die Halme und Stengel von Bermudagrass, Luzerne und Rotklee bestimmte Zeitdauer zu verkürzen, bei gleichzeitigem Vermindern der Blattverluste. Sonst trocknen die Blätter stärker als für das Lagern erforderlich und brechen vielfach ab. In USA lassen mehrere Untersuchungen und Befragungen in der Praxis erkennen, daß das Aufbereiten die Trocknungsdauer um etwa einen Tag verkürzt. Dabei ist der Einfluß umso deutlicher, je günstiger die Witterungsbedingungen sind. Es zeigen sich aber auch die Nachteile, nämlich der schnelle Übergang von Feuchtigkeit ins Futter bei hoher Luftfeuchte und Regen sowie mechanisch erzeugte Kleinteile.

In den 60er Jahren kommen aufgrund der in USA entwickelten Aufbereitertechnik in Europa drei Verfahren der aufbereitenden Heubereitung in Betracht:

1. Das Mähen mit anschließendem Quetschzetten (crusher, semi-crusher),
2. das Mähen mit anschließendem Knickzetten (crimper),
3. Einsatz eines Schlegelfeldhäckslers, der das Futter im Schwad ablegt.

Der Quetschzetter drückt das Grüngut durch zwei glatte Walzen, die unter Federdruck stehen und verschieden einstellbar sind. Durch das Quetschen auf der

ganzen Länge splintern die Stengel und Halme so auf, daß dünnere, schneller trocknende Querschnitte entstehen. Beim Knickzetter (Bild 3) sind die Walzen zahnartig profiliert, d. h., sie knicken die Stengel in gleichmäßigen Abständen. Die Trocknungsdauer wird dadurch nicht so günstig beeinflusst, schließlich beansprucht diese Art des Aufbereitens auch nur den halben Leistungsbedarf. Quetsch- und Knickzetter setzen vorher gemähtes Futter voraus, wobei für den Knickzetter die Stengel und Halme in Fahrtrichtung liegen müssen. Anders beim Schlegelfeldhäckslers, oder flail mower-conditioner; bei ihm entfällt der Arbeitsgang Mähen. Auch trockenet bei ihm das Futter schneller. Allerdings verursacht er Saftverluste und zerkleinert sehr stark, so daß die Verluste beim Aufnehmen höher sein können. Geeigneter ist er für die Grünfütterernte zur Sommer-Stallfütterung.

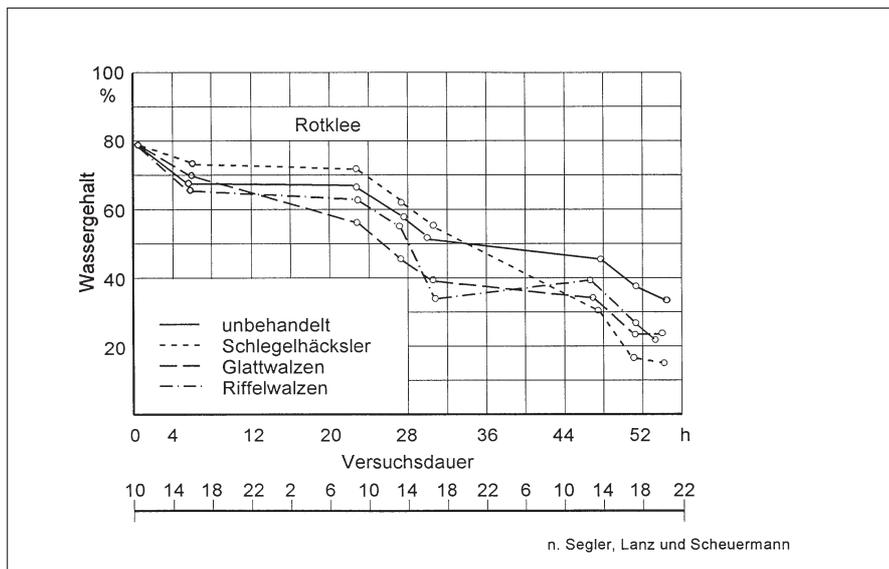


Bild 4: Trocknungsverlauf bei der Bearbeitung mit verschiedenen Walzenformen

Untersuchungen mit Aufbereitern, so auch anfangs der 60er Jahre in Hohenheim, weisen den Einfluß des Preßdruckes der Walzen, deren Material und Formgebung auf die Trocknungsgeschwindigkeit bei verschiedenen Erntegütern nach. So wurden Gummiwalzen günstiger beurteilt als Stahlwalzen. Ferner richtete sich das Interesse der Untersuchungen auf die Profilgebung und die Antriebsart der Walzen.

Die effektiv verkürzte Trocknungszeit mit den Quetsch- und Knickzettern (Bild 4) beruht auf dem Angleichen der langsam trocknenden Kräuter an die schneller trocknenden Gräser und den noch relativ geringen Erträgen (40 - 60 dt je ha). Trotzdem bestehen Vorbehalte gegen die neuen Heumaschinen, obwohl der abgekürzte Trocknungsbetrieb unter Dach, infolge des mit geringerem Wassergehalt eingelagerten Heues und das Einsparen von Arbeitsgängen am ersten Trocknungstag beim Heuwerben in Aussicht steht. Neu und geradezu bedenklich an dieser Art Heuwerbung war die Anfälligkeit des Futters gegen Tau und Regen. Mit zunehmend intensiverer Düngung und Grünlandnutzung änderte sich auch die Pflanzengesellschaft und der Ertrag, er stieg annähernd auf das Doppelte (70 - 120 dt Heu je ha), so daß der Effekt des Aufbereitens durch Quetschen und Knicken nicht mehr überzeugte. In der Folge ließ das Interesse am Aufbereiten vorübergehend nach. Mehr als die Heuwerbeteknik hat nun die Heulagebereitung (35 - 40 % TS) im Harvestore-Silo oder im Fella-Futterturm und das inzwi-

schon verbreitete Unterdachtrocknungsverfahren (Ziehstöpselanlage mit Axiallüfter) zum Verkürzen der Heuernte beigetragen.

Schlagende Mähauflbereiter sind in Gras wirksamer

Ein verstärktes Interesse am Aufbereiten gab es in Europa wieder Ende der 60er Jahre. Dafür gab es mehrere Gründe. Einerseits hat Heu gegenüber Heulage und Silage noch eine hervorragende Stellung und andererseits sind die Erträge des Grünlandes, im Gegensatz zu den Verkaufsfrüchten, erntebedingt noch mit Verlusten um 30 bis 50 % und mehr belastet. Angesichts dessen, daß 50 % der Nährstoffe von den Futterflächen konserviert werden müssen, kann dies nicht im Sinne einer geordneten Futterwirtschaft sein. Das Grundfutter hatte bei relativ hohen Kraftfutterpreisen einen hohen Stellenwert. Neben den aufkommenden mobilen Heißlufttrocknungsanlagen begann die Qualitätsheubereitung in leistungsfähigen Warmlufttrocknungsanlagen mit Flächenrost und Radiallüftern.

Das Aufbereiten direkt beim Mähen, die Möglichkeit hoher Einlagerfeuchten (50 - 70 %) zum Nachtrocknen unter Dach, aber auch neue Aufbereitungsprinzipien, bei denen das Halmfutter über oder nach dem Mähwerk von rotierenden Aufbereiterwerkzeugen erfaßt und gegen feststehende oder auch gelenkig anstellbare Rippen oder Kämme geschleudert wird, machen Hoffnung, das Wetterrisiko zu verringern.

Während in Europa das schlagende Prinzip, wie bei Schlegelhäckslern bzw. Überkopfzettern, bei den Mähauflbereitern für feinhalmiges Wiesenfutter bessere Ergebnisse bringen, gewinnt in USA für Luzerne das Quetsch- und Knickzettern beim Mähen an Bedeutung. Mähen und Aufbereiten erfolgt mehr und mehr in einem Arbeitsgang. Zum Beispiel mäht das seitlich angebaute Mähwerk, und der angehängte zettende Aufbereiter bearbeitet das vorhergehende Mähschwad. Auf höchster Mechanisierungsstufe folgt der selbstfahrende Schwadmäher mit einer Mähbreite von 3 m und mehr. Dieser erledigt die Arbeitsgänge Mähen, Aufbereiten und Schwaden gleichzeitig. Unter klimatisch günstigen Bedingungen bleibt das Schwad bis zum Bergen liegen. Von diesen Mähquetschzettern werden die „Hybine 444“ (New Holland) und andere (IHC, Stoll) auch in Deutschland herge-

stellt. Aber die vorherrschende Wiesenheubereitung, der relativ hohe Preis und die geringe Flächenleistung von 0,5 bis max. 1,0 ha je Stunde, wohl bedingt durch die damals leichteren Schlepperklassen, halten das Interesse an diesem Aufbereitertyp in Grenzen. In feinhalmigem Wiesengras und unter europäischen Klimabedingungen sind daher Mähaufbereiter mit geringem Leistungsbedarf gefordert, die je nach Futterart schärfer oder schwächer einstellbar sind. Diese Forderungen sind von den Kombinationen rotierende Mähwerke und Rotationsaufbereiter mit schlagenden Werkzeugen am ehesten zu erwarten. Überkopfzettwender mit starren elastisch gelagerten Zinken, schwere, starre Zinken, pendelnd gelagert, oder in Ketten aufgehängt, werden dazu umgebaut. Naheliegend war aber auch die aufbereitende Wirkung des aus dem Schlegelfeldhäcksler hervorgegangenen Schlegelmähers zu nutzen. Die ersten Versuche hatten Verluste bis zu 40 % der Trockensubstanz (TS) zur Folge. Ursache war die hohe Drehzahl der Rotorwelle, konzipiert für das Mähen und Laden, bei geringerer Arbeitsgeschwindigkeit. Das Anpassen von Arbeitsgeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit der Schlegel zum Mähen und Aufbereiten war schließlich mit einem Verhältnis von 1 : 20 am besten gegeben.

Das Mähgut gelangt oberhalb des Rotors aus der Leithaube zur Ablage als lockeres Schwad. Ein weiteres Merkmal ist die tief herabgezogene Leithaube mit im Neigungsgrad verstellbarem Umlenblech oder Umlenkrolle. Das damit in Fahrtrichtung niedergedrückte Halmfutter wird auf diese Weise nur in Stoppelhöhe abgetrennt. Das Gut passiert den Arbeitskreis der Schlegel in der Weise, daß die dicken Halm- und Stengelenden stärker und die Blätter sowie Grasspitzen weniger stark bearbeitet werden. Schlegelmäher benötigen keine Gegenschneide, aber schwere Schlegel, die auch noch bei geringer Drehzahl mähen. Die Arbeitsgeschwindigkeit von etwa 6 km/h ermöglicht eine hohe Flächenleistung bei allerdings 15 bis 16 kW je Meter Schnittbreite.

Der hohen Flächenleistung und der effektiven Aufbereitung des Schlegelmähers stehen aber die Nachteile: Geringe Boden Anpassung, begrenzte Arbeitsbreite, Saftverluste (etwa 10 %), erhöhte Masseverluste bei niedriger Arbeitsgeschwindigkeit, Blattverluste bei Leguminosen, zerfranste Stoppelenden und das Mähen zwangsweise mit Aufbereiten gegenüber.



Bild 5: Mäh-Quetschzetter mit gerippten Walzen am Trommelmähwerk bereitet stark auf, legt aber schmal ab



Bild 6: Walzen-Quetsch-Aufbereiter mit Luftinnendruck, anpaßbar an Luzerne, Gras oder ungleichmäßige Mähschwads



Bild 7: Rotoren mit V-förmigen Kunststoffingern am pendelnd aufgehängten Scheibenmäherwerk machen den Aufbereiter leicht und kompakt

Sonderformen der Aufbereitung

Neben dem mechanischen Aufbereiten gibt es in der Zeit zwischen 1965 bis 1970 verschiedentlich Versuche, das Vorwelken auf dem Feld durch das Anwenden chemischer Mittel oder Hitze zu beschleunigen. Dabei handelt es sich um das Ausbringen chemischer Substanzen auf stehende oder frisch gemähte Futterbestände, welche über ein Verätzen, Eingriff über das Fermentensystem, oder ein Verändern der osmotischen Bedingungen ein schnelles Trocknen oder Absterben der Pflanzen bewirken.

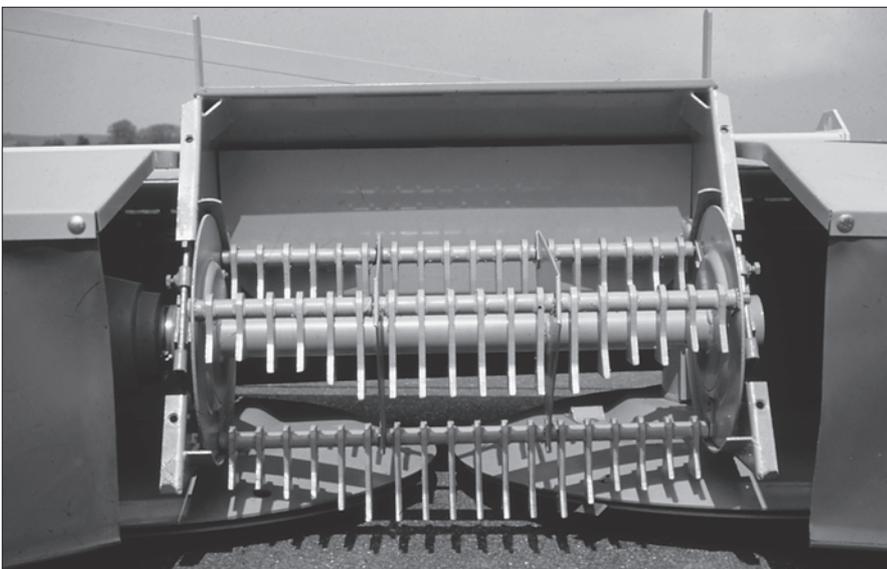


Bild 8: Trommelmäherwerk mit tonnenförmig angepaßtem Zinkenrotoraufbereiter, der mit wenigen Handgriffen entfernbar ist.

Auch beim erprobten Abflammen und Behandeln mit Dampf werden das Fermentensystem und die Zellstruktur durch einen Hitzeschock zerstört und so die Pflanzen abgetötet. Neben den arbeitswirtschaftlichen Vorteilen überwiegen jedoch die Nachteile, so daß diese Verfahren keine praktische Bedeutung erlangt haben.

Das Aufbereiten durch Entsaften mittels Mahlen und Pressen, um den Pflanzensaft getrennt zu handhaben oder gar nicht landwirtschaftlich zu verwerten, hat sich auch nicht bewährt. Das Reißen (60er und 80er Jahre) war zunächst für die Heißlufttrocknung erprobt worden, aber mechanisches und thermisches Aufbereiten ergänzen sich nicht. Beim Mähaufbereiten erfordert das Reißen als Aufbereitungsprinzip zu hohe Leistungen und erzeugt zu viele Kleinteile.

Aufbereiter am Mähwerk sparen einen Arbeitsgang

Um für Silage- oder Heubereitung spätestens am zweiten Tag Trockensubstanzgehalte von 30 bis 40 % bzw. 40 bis 50 % zu erreichen, ist möglichst gleich beim Mähen zu zetzen. Dabei verdient der Aufbereiter am Mähwerk, der Mähaufbereiter, besondere Beachtung. Mähaufbereiter ersparen den gesonderten Arbeitsgang des Zettens und können die Wachsschicht an der Pflanzenoberfläche zerstören, ohne dadurch Bröckelverluste zu verursachen.

Die gegen Ende der 60er Jahre bereits verbreiteten Scheibenmäherwerke verursachten noch Verluste beim Mähgut. Schneidwerkzeuge und Scheiben haben das Gut nicht schnell genug nach hinten gefördert, außerdem kamen die dickeren Gutteile nach unten zu liegen. Dies nahm KLINNER in Silsoe zum Anlaß, versuchsweise die Mähscheiben mit Aufbauteilen zu ergänzen. Statt den Bröckeln und den entmischten Schwads sollte damit die Trocknungsdauer des Gutes verbessert werden. Doch konnte dieser einfache, kompakte Mähaufbereiter nicht im Sinne hoher Mähleistungen und vom Aufbereiten unabhängigen Mähens sein.

Die Arbeitsweise von Mähaufbereitern beginnt daher mit dem Anheben des Mähgutes bereits über der Mähscheibe, um Nachschnittverluste zu verhindern. Bei Trommelmähern sitzt der Rotor des Aufbereitens so, daß kein Mähgut darunter entweicht. Die Speichenpaare des Rotors oder die Schläger sind auf der Welle

spiralg derart angeordnet, daß sie das Schwad verdünnen und kein Gut unbehandelt bleibt. Gummipolster in der Speichenlagerung dämpfen die Wucht von Fremdkörpern und anderen Hindernissen. Die Einzugsöffnung, variierbar mit Schikanen, beeinflußt den Behandlungserfolg. Reibende Aufbereiter erzeugen nur eine geringe Schlagwirkung. Vielmehr beschleunigen sie das Material und ziehen dicke Schwads in eine dünne Schicht aus. Das Gras fließt dabei am Rotor relativ schneller als an der Haube. Durch die Geschwindigkeitsdifferenz reibt Gras auf Gras, wodurch die Wachsschicht der Pflanzen geöffnet wird. Feine Gutteile werden dabei ihrer geringen Masse wegen weniger scharf angegriffen. Entzieht am Ende der Haube eine Prallplatte dem Gut die Flugenergie, gleitet es langsam auf die Mähstoppeln, wo es locker liegt.

Da sich die Anzahl an Mäh- und Aufbereitungsmaschinen bis 1970 stark erhöht hat, wurden an mehreren Orten (Hohenheim, Göttingen, Kiel, Tänikon, Weihestephan) Untersuchungen mit verschiedenen Mähwerks- und Aufbereitungssystemen vergleichende Feldversuche durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, daß das Knicken, Quetschen und Schlagen die Trocknungsgeschwindigkeit nahezu gleichwertig erhöhten. Eine Ausnahme bildeten die feinhalmigen Wiesengräser süddeutscher und alpiner Grünlandregionen. Hier begannen sich Mähauflbereiter überwiegend mit schlagenden Metallwerkzeugen in Verbindung mit Scheiben- und bevorzugt Trommelmähern durchzusetzen. Letztere bewältigen auch widrigere Bedingungen, wie Lagergras, besser.

Mitte der 70er Jahre hatte die Ölkrise (1972/73) eine erhöhte Nachfrage nach Aufbereitern zur Folge. Trotzdem wurden statt sechs nur etwa zehn von hundert verkauften Mähwerken mit Aufbereitern ausgestattet. In der Schweiz und in Holland war es die doppelte Anzahl und mehr. Im Unterschied zu den üblichen Walzenaufbereitern wurde aber nicht mehr auf das Aufbereiten und Ablegen des Mähschwads in der gesamten Breite geachtet. Der eigentliche Zweck des Zetzens, das breite, lockere Auslegen des Gutes für eine bestmögliche Sonneneinstrahlung blieb ungenutzt. Dies war eine Folge der stärkeren Verbreitung der Trommelmäher gegenüber den Scheibemähern. Tatsächlich waren die Aufbereiter in ihrer Bauform mehr und mehr dem kompakten Gutstrom der gegenseitig arbeitenden Trommelpaare angepaßt. Selbst Mähquetscher hatten kurze Wal-



Bild 9: Unabhängig voneinander arbeitende Aufbereiter an einem Mähwerk mit mehr als 4 m Arbeitsbreite

zen, liegend (Fahr) oder stehend (Kemper, Kuhn). Überwiegend waren es jetzt schlagende Metallwerkzeuge in der Form starrer Zinken oder beweglicher Schlegel, die das Gut in der Haube aufbereiteten und über Kopf nach hinten förderten. In einigen Bautypen ist der Durchgang zwischen Trommel und Haube durch einklappbare Schikanen, wie scharfe Kanten (Vicon, PZ-Zweegers) oder Rechen (Kuhn), erschwert.

Eine Ausnahme dieser schmalen Aufbereiter am Trommelmähwerk stellt der Mäh-Quetsch-Zetter FAHR KS 22 C dar

(Bild 5). Im Gegensatz zu den bekannten Mäh-Quetsch-Zettern mit profilierter Stahlwalze und glatter Gummiwalze (Krone, John Deere) sowie zwei profilierten Gummiwalzen (Taarup) arbeitet der Mäh-Quetsch-Zetter von FAHR mit zwei profilierten Stahlwalzen. Wohl wegen seiner kompakten Bauweise, 620 mm breiter Durchgang, arbeitet dieser Aufbereiter mit fast doppelt so hohen Walzendrücken als üblich. Die Walzengeschwindigkeiten betragen (8 - 15 m/s) ein Mehrfaches der Fahrgeschwindigkeit, wodurch der Gutstrom auseinandergezogen in dünner Schicht ausgewalzt wird. Durch die



Bild 10: Kombination von Front- und Seitenmähwerken für Mähleistungen von 8 bis 10 ha je Stunde



Bild 11: Mähauflbereiter mit gegenläufiger Stab- und Bürstenwalze für intensiveres Aufbereiten

spiralförmig angeordneten Stahlprofile und dem hohen Preßdruck erfolgt trotz des kompakten Gutstroms eine starke Aufbereitung. Versuchseinsätze in Hohenheim (1975) bestätigen den hohen Aufbereitungsgrad. Die Biegesteifigkeit der Grashalme, also ihre Rückstellkräfte, gingen so für ein lockeres Schwad verloren, das abgelegte Schwad fiel zusammen. Ein Trocknen erfolgte dann vorzugsweise an der Schwadoberfläche. In solchen Fällen kommt es besonders auf eine breite Ablage an. Zwar erfolgt in unseren Regionen ein anschließendes Breitstreuen dieser Schwads, aber gerade in diesem ersten Abschnitt der Feldtrocknung ist ihre größte Beschleunigung zu erzielen. Die mechanische Aufbereitung ist nicht der allein ausschlaggebende Faktor für den Trocknungsverlauf, denn die nach dem Aufbereiten hinterlassene Schwadstruktur bestimmt den Stoffaustausch in gegenläufigem Sinne.

Die Futterernte in den 80er Jahren ist mit durchschnittlich 120 dt Heu je ha und durch das Vorherrschen der Anwelksilierung gekennzeichnet. Außerdem hat sich im Pflanzenbestand, entsprechend der Nutzungsweise, ein hoher Gräseranteil (60 - 70 %) konsolidiert, den Rest stellen Kräuter und Klee zu etwa gleichen Anteilen. Zum besseren Erhalt der Nährstoffe muß das Welken schneller erfolgen. Weshalb das Schwad bereits beim Mähauflbereiten breit zu liegen kommen soll, um es am Tag nach dem Mähen zeitig silieren zu können. Tatsächlich sind gegen Ende der 80er Jahre wieder vermehrt Walzen-

Quetsch-Aufbereiter (Deutz-Fahr, PZ-Zweegers, KLE Speedy, Kuhn, Vicon) für breites Aufbereiten und Ablegen am Markt. Dazu zählen auch Walzenaufbereiter mit zusätzlich reibendem Effekt (Mörtil) oder anpaßbarem Innenluftdruck (BCS) an die Futterart (Bild 6). Auch andere Aufbereitungssysteme werden vermehrt mit Scheibenmähern kombiniert, um diesem Bedarf zu entsprechen. Die zu dieser Zeit von den meisten Herstellern teils neben Quetschern für Trommelmäherwerke angebotenen Überkopfschlepper verfügen über V-förmige Speichen- oder Schlegelrotoren, für das Aufbereiten durch Reiben von Gras an Gras. Diese Art Aufbereiten verkürzt die Anwelkzeit durchschnittlich um einen Tag, wieder breites Ablegen vorausgesetzt. In Regionen mit hoher Luftfeuchte (England, Holland) überwiegen elastische Aufbereitungswerkzeuge, nämlich harte Nylonbürsten in Einzel- oder Doppelrotoren (Kidd). So bleiben Verletzungen der äußeren Zellwände und damit die Gefahr der erhöhten Feuchteaufnahme geringer. Sonst treten an die Stelle metallener Speichen und Schlägerwerkzeuge häufiger Kunststofffinger. Diese Rotoren machen den Aufbereiter leichter und formschlüssiger zum Mähwerk (Bild 7). Bei Trommelmäherwerken sind die Aufbereiterrotoren den Trommeltellern tonnenförmig angepaßt (Bild 8). Mähwerke mit großen Arbeitsbreiten haben unterteilte, unabhängig voneinander arbeitende Aufbereiter (Bild 9). Die in den 90er Jahren an Großflächen anzupassenden Leistungen haben zur Kombination von zwei oder drei Mähwerken am Schlepper (Claas, Greenland, Krone, Niemeyer) oder am Feldhäcksler (Claas, Mengele) geführt. Bei den so erreichten Mähbreiten von 8 m und darüber, sind ebenfalls breit ablegende Aufbereiter von Bedeutung. Dabei sind leichte Geräte nicht ohne Belang. Den Frontmäherwerken kann der Aufbereiter aber auch als Heckgerät folgen. Moderne Mähauflbereiter, am pendelnd aufgehängten Mähwerk, verfügen, abhängig vom Hersteller, über Rotoren, deren Abstand zum Mähwerk variierbar ist, asymmetrische um ihre Achse drehbare Finger, federnd gelagert, sowie verstellbare Schikanen für die Aufbereitungintensität. Bei dem immer noch relativ geringen Interesse am Mähauflbereiten gibt man überwiegend großen Mähleistungen (derzeit max. 8 bis 10 ha je Stunde) den Vorzug (Bild 10).

Intensives Aufbereiten beim Mähen durch Zerfasern und Spleißen

Letzten Endes haben aber alle Versuche des Aufbereitens, auch mit den neueren Systemen, dem Schlagquetschen (Hammerwelle und Amboß) und Preßreiben mit Stab- und Bürstenwalze (Bild 11) die Feldtrocknung nachhaltig zur Eintagesfütterernte zu machen, nicht zum gewünschten Erfolg geführt. Die relativ geringen Trocknungsgeschwindigkeiten der Gräser aller Reifezustände unter 50 % Feuchte, sind durch konventionelles Aufbereiten, also mit dem Abreiben des Wachses, wenig zu erhöhen, weshalb damit die Endtrocknung von Gras auf dem Feld kaum zu beschleunigen ist.

Das Prinzip intensiven Aufbereitens des frischen Mähgutes ist das Vergrößern der Oberfläche von Grashalmen und Kräuterstengeln. Bei Blättern genügt es, das Wachs abzuschaben. Hauptsache, auch die Blätter trocknen schneller und entsprechend schnell die Fasern der Halme und Stengel. Die vergrößerte Oberfläche der Pflanzen vermag nun mehr Feuchtigkeit zu halten, als in den Pflanzen selbst enthalten ist. Das verhindert nicht nur Saftverluste, sondern fördert das Trocknen optimal. Selbst in Regionen mit sehr hohen Schnitterträgen ist damit nachhaltig eine verbesserte Silagequalität zu erzielen. Bei Schnitterträgen, wie in Süddeutschland (im Stadium der Bierflaschenhöhe), ist auch Eintagesheu möglich. Dabei trocknet das Gut innerhalb von 5 bis 7 Stunden von 82 % Anfangsfeuchtegehalt auf weniger als 13 % Endfeuchtegehalt, gutes Wetter vorausgesetzt. Mit diesem Restfeuchtegehalt ist Heu schimmelfrei lagerfähig. Das erfordert aber, das Ablegen des Gutes zur Feldtrocknung in Matten, nicht stärker als 6 mm.

Die bisher für intensives Aufbereiten geeignetste Technik ist eine Anzahl Walzen, die zusammen einen so engen Aufbereitungsraum bilden, daß selbst Blätter gerieben werden, Stengel und Halme aber zerfasern. Eine spezielle Walzenpresse im Anschluß formt die dünnen Matten, ohne Saft abzupressen. Mit zunehmendem Trocknen wirken die Pektine des Pflanzensaftes als irreversible Bindemittel.

Die Technik der intensiven Aufbereitung mit Walzen beruht auf dem Patent von HOLDREN, USA, und ist in den 70er und 80er Jahren von KOEGEL und SHINNERS, USA, für Alfalfa (Luzerne) entwickelt worden. In der zweiten Hälfte der 80er Jahre ist diese Technik in Hohenheim



Bild 12: „Grasant“, der selbstfahrende Mähintensivaufbereiter. Prototyp der neuen Aufbereitergeneration

für intensives Aufbereiten von Gras angepaßt und die notwendige Mattenformtechnik dazu entwickelt worden. Dies erfolgte in der ersten Phase mit der Unterstützung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Baden-Württemberg, und in einer zweiten Phase in Zusammenarbeit mit Deutz-Fahr, Lauingen, unterstützt durch das Programm zur Förderung der Forschungs Kooperation zwischen Industrie und Wissenschaft des BMFT Bonn. Nach den ersten Baumustern eines selbstfahrenden Mähintensivaufbereitens mit 3 m Mähbreite und 2,4 m breiter Mattenablage ist der beim Feldtag eingesetzte „Grasant“ (6 m Arbeitsbreite)

ein Prototyp der neuen Aufbereiter-Generation ohne Mattentechnik für Silagebereitung (Bild 12). Eine angehängte Ausführung eines Mähintensivaufbereitens, mit oder ohne Mattentechnik arbeitend, gibt es von einem Hersteller in Kanada (Dion) (Bild 13).



Bild 13: Gezogener Mähintensivaufbereiter mit (Bild) und ohne Mattentechnik einsetzbar (Kanada)

terernte und die höhere Verwertbarkeit der Futterinhaltsstoffe. Das Problem beim Bereitstellen des Grundfutters liegt darin, daß die optimale Nährstoffzusammensetzung im Grundfutter nur während maximal 10 Tagen gegeben ist. Dabei sind die gegenseitigen Abhängigkeiten von Stoffzuwachs und Verdaulichkeit derart, daß ein Vorverlegen des Schnittzeitpunktes zum Erzielen einer hohen Verdaulichkeit zwangsläufig ein Verzicht auf höchste Nährstoffträge bedeutet. Dieses Problem zeigt sich deutlich im Dilemma der Grünlandbetriebe in Fremdenverkehrsregionen, wenn sie blühende Blumenwiesen bereitstellen sollen und gleichzeitig hohe Grundfutterleistungen erzielen möchten. Mit dem vorverlegten Schnittzeitpunkt geht auch die Siliereignung zurück, was einem erhöhten Konservierungsrisiko gleichzusetzen ist. Außerdem ist die diätetische Wirkung des Grundfutters eingeschränkt.

Der Stoffproduktionsverlauf ist zwar durch bestimmte Maßnahmen der Grünlandbewirtschaftung steuerbar, aber nutzbar ist der höhere Nährstofftrag am ehesten mit der MIA, bedingt durch ein gutes Verteilen der Schnittzeitpunkte über die Ernteperiode. Auch häufigere Erntegelegenheiten durch Ausnutzen einzelner Schönwettertage und die höhere Verdaulichkeit, auch älteren Futters, durch die vergrößerte Oberfläche der Gutpartikel, gehören dazu. Die MIA kann die Eigenschaften des Futters für die Konservierung und die Veredelung verbessern, um es der Hochleistungskuh von morgen anzupassen.

Die Mähintensivaufbereitung (MIA) bietet eine ganze Anzahl günstiger Nebenefekte, die es auszuschöpfen gilt. Dies kann neben der Futterqualität und mehr Erntegelegenheiten, die einfachere Organisation der Ernte, die verringerte Erntehetik, besseres Ausnutzen der Futterlager, höhere Futteraufnahme, höhere Verdaulichkeit und mehr Milch aus dem Grundfutter umfassen. Letzteres bestätigen Fütterungsversuche in USA mit intensiv aufbereiteter Luzerne als Silage und Heu, im Vergleich mit nicht aufbereiteter Luzerne als Bestandteil einer Totalmischration mit Kraftfutter. Wonach die aufbereitete Luzerne (Heu + Silage) durchschnittlich 3 kg mehr Milch je Kuh und Tag erbrachte, als die Vergleichsration mit Kraftfutterzusatz, eine Total-Misch-Ration (TMR). Solange Halmfutter mit hoher Energiedichte, hoher Aufnahme durch das Tier und hoher Verdaulichkeit und diätetischer Wirkung Kraftfutter ersetzen kann, muß dies im

Sinne einer ökonomischen wie ökologischen Veredelung genutzt werden. Dies zu erreichen, bietet derzeit die Mähintensivaufbereitung die beste Chance.

Einfach ist das Verfahren der MIA nicht zu verwirklichen. Die veränderte Gutstruktur erfordert eine entsprechende Ernte- und Bergetechnik, d. h. eine angepaßte Gutlinie. Technisch einfacher ist das Trennen der Körner von Spreu und Stroh beim Getreidedrusch, wie Fachleute versichern. Aber dies hat Jahrzehnte der Forschung und Entwicklung bedurft, um den heutigen Stand zu erreichen. So gesehen, ist die Mähintensivaufbereitung erst am Anfang ihrer Entwicklung. Außer in Madison, USA, und Hohenheim, arbeiten die Universitäten Laval, Kanada, sowie Adana, Türkei, und das Agrartechnik-Institut Ultuna, Schweden, an dieser zukunftsorientierten Verfahrenstechnik der Futterernte.

Letztlich nutzt die MIA die natürlichen Potentiale beim Konservieren nur besser. Das ist im wesentlichen die Sonnenenergie auf dem Feld, die Feuchteaufnahmefähigkeit der Luft beim Trocknen unter Dach, die nachhaltig bessere Vergärung mit aeroben und anaeroben Milchsäurebakterien beim Silieren und die intensivere mikrobielle Verdauung, verbunden mit höherer Futteraufnahme - getreu der alten Bauernweisheit „die Kühe melkt man durchs Maul“.

Vordergründig gilt das Interesse der MIA dem Einfluß auf die Ernte, also dem alten Wunsch: Eintagesheu- oder Eintagesfütterernte. Diesbezüglich ist der Einfluß der MIA am offensichtlichsten. Silieren und Trocknen unter Dach kann am selben Tag kurz nach dem Mähen erfolgen. Dabei ist das mögliche Spektrum der Einfahrfeuchte für beide Konservierungsverfahren wesentlich erweitert. Außer für das Ernten von Qualitätsfutter ist die MIA mit Zusatzausrüstung auch in neuen Sonderkulturen, von denen man bevorzugt den Pflanzensaft erntet, einsetzbar. Des weiteren soll die MIA zusammen mit einer Warmlufttrocknung (Temperaturbereich 150 - 50 °C) die Heißlufttrocknung (Temperaturbereich 900 bzw. 600 - 300 °C) ersetzen. Nach ersten Erfahrungen liegt die Energieeinsparung zwischen 30 bis 40 %. Insgesamt verspricht die Mähintensivaufbereitung (MIA) eine vielversprechende Erntetechnologie zu werden.

Quellen beim Verfasser

Diskussion und Ausblick

Bei der Futterernte und -konservierung muß es sich um eine Maßnahme zum Bereitstellen eines hochwertigen Grundfutters handeln. Vorausgesetzt ist das Erzeugen eines entsprechend hochwertigen Grünfutters. Aufgabe der Ernte und Konservierung ist daher die höchstmögliche Werterhaltung. Eine Wertverbesserung ist nicht möglich, außer man nutzt die Vorteile der MIA. Diese sind insbesondere: die Wahl des Schnittes zum Zeitpunkt des höchsten Nährstofftrages, statt der höchsten Verdaulichkeit, die Eintagesfut-