

VERFAHRENSTECHNIK BEI DER FRISCHGUTBEREITSTELLUNG

von H. L. Wenner, Freising-Weihenstephan ⁺⁾

Die Konservierungsmethode der Grüngut-Heißlufttrocknung ist im wesentlichen durch folgende Verfahrenskriterien gekennzeichnet: Infolge des Verzichtes auf die Sonnenenergie treten sehr hohe Anforderungen an die künstliche Wasserverdampfung auf, und als Folge davon sind nur niedrige tägliche Konservierungsleistungen möglich. Während bei der Heu- und Silagebergung mit modernen, leistungsfähigen Mechanisierungsketten sogar im Einzelbetrieb stündliche Ernteleistungen bis zu 30 dt TM erreicht werden, kann die Grünfütterttrocknung erst bei Genossenschafts-Großanlagen mit einer Wasserverdampfung von über 10 t/h die gleichen stündlichen Konservierungsleistungen erzielen.

Der wesentliche Verfahrensvorteil der Heißlufttrocknung ist jedoch darin zu sehen, daß diese Konservierungsmethode fast unabhängig vom Witterungsverlauf bei optimalem Schnittzeitpunkt anwendbar ist und daher eine erhebliche Ausdehnung der Erntezeitspanne erlaubt, also praktisch eine tagtägliche Ernte während der Gesamtzeit des Futteraufwuchses. Die Futterernte wird also nicht wie bisher an wenigen Schönwettertagen mit höchster Bergeleistung vollzogen, sondern über eine lange Zeitspanne ausgedehnt. Bei allen sehr oft sich wiederholenden Arbeiten kommt es aber entscheidend auf eine optimale Abstimmung der einzelnen Glieder einer Arbeitskette an, um höhere Verlustzeiten zu vermeiden. Bei dem Konservierungsverfahren der Grünfütterttrocknung gilt dies in besonderem Maße für eine gute Übereinstimmung zwischen der Bergeleistung von Frischgut und der Trocknerleistung, zumal eine schlechte Auslastung der Trocknungsanlage mit ihrem hohen Kapitalbedarf ökonomisch nicht vertretbar ist. Aus diesem Grund muß das Mähen und Schwaden des Futters und nachfolgend das Aufladen, Transportieren sowie Abladen vor der Trocknungsanlage mit solchen Mechanisierungslösungen durchgeführt werden, die bei unterschiedlichen Erntebedingungen den Anforderungen der Trockner gerecht werden.

Mähen und Schwaden

Als erster Arbeitsgang erfolgt in der Regel in eigenbetrieblicher Regie einige Stunden vor dem Bergevorgang das Mähen und anschließende Schwaden einer ausreichenden Futtermenge. Um hohe Mähleistungen zu erzielen, müssen Mähgeräte mit entsprechend großen Arbeitsbreiten und mit hoher Fahrgeschwindigkeit eingesetzt werden (Abb. 1). Der Fingerbalken mit 7 Fuß Schnittbreite und einer Arbeitsgeschwindigkeit von 5 - 8 km/h erreicht lediglich eine Mähleistung von etwa 1 ha/h, während Doppelmessermähwerke und Scheibenmäher, die Fahrgeschwindigkeiten von durchschnittlich 10 km/h zulassen, bei Arbeitsbreiten von 9 Fuß bereits Leistungen von 2 ha/h ermöglichen; diese Durch-

⁺⁾ Unter Mitwirkung von Dr. M. Schurig, Ing. agr. Zirngibl und Ing. agr. Wagner

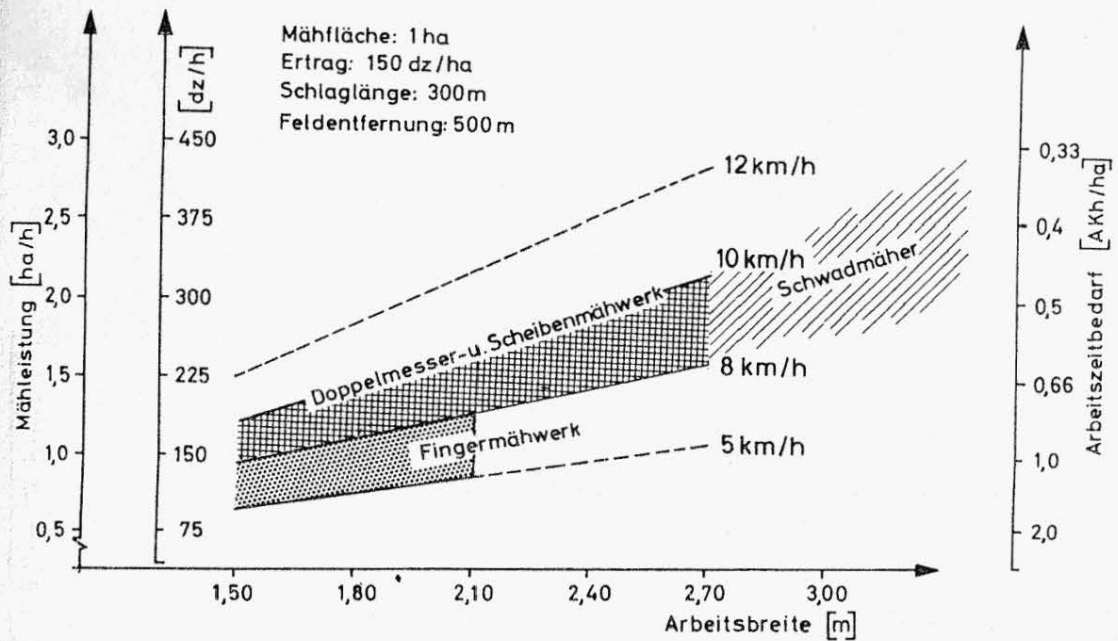


Abbildung 1: Leistung verschiedener Mähgeräte

schnittsmähleistung dürfte für den Einzelbetrieb als ausreichend angesehen werden, zumal das nachfolgende Zusammenschwaden mit leistungsfähigen Rechgeräten keinen hohen Zeitaufwand erfordert.

Sofern jedoch die Trocknungsgenossenschaften mehr und mehr dazu übergehen wollen, auch diese Arbeiten selbst zu übernehmen, wäre der Einsatz noch schlagkräftigerer Aggregate mit weiterer Steigerung der Arbeitsbreite ratsam. Selbstfahrende Mähschwader, wie sie in den USA verbreitet sind, oder Geräteträger mit Front- und Seitenmähwerk sowie rückwärtigem Schwadgerät oder die neuartigen Systemschlepper mit gleicher Geräteanordnung würden bei einer Gesamtschnittbreite von über 3 m sogar Mähleistungen von etwa 2,5 ha/h ermöglichen und gleichzeitig schwaden, dann wäre für eine Trocknungsanlage mit 10 t Wasserverdampfung je Stunde, die täglich 20 Stunden in Betrieb ist und etwa 17 ha Grüngut verarbeitet, nur noch ein täglicher Arbeitszeitbedarf für das Mähen und Schwaden von sieben Stunden erforderlich.

In Verbindung mit dem Schnittvorgang und dem Zusammenschwaden muß als ernsthaftes Problem die Verschmutzung des Futters erwähnt werden, da sowohl in der Tierernährung als auch durch hohen Verschleiß der Presse bei hohem Sandanteil erhebliche Nachteile auftreten. Allgemeingültige Aussagen über den Verschmutzungsgrad in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen, dem Futterbestand und den Arbeitswerkzeugen sind infolge der immer wieder unterschiedlichen Bedingungen bisher nicht möglich. Einige exakte Vergleichsmessungen, die von

SCHURIG und ZIRNGIBL im Sommer 1973 in Weihenstephan durchgeführt wurden, bieten lediglich Anhaltspunkte und lassen gewisse Folgerungen zu (Abb. 2).

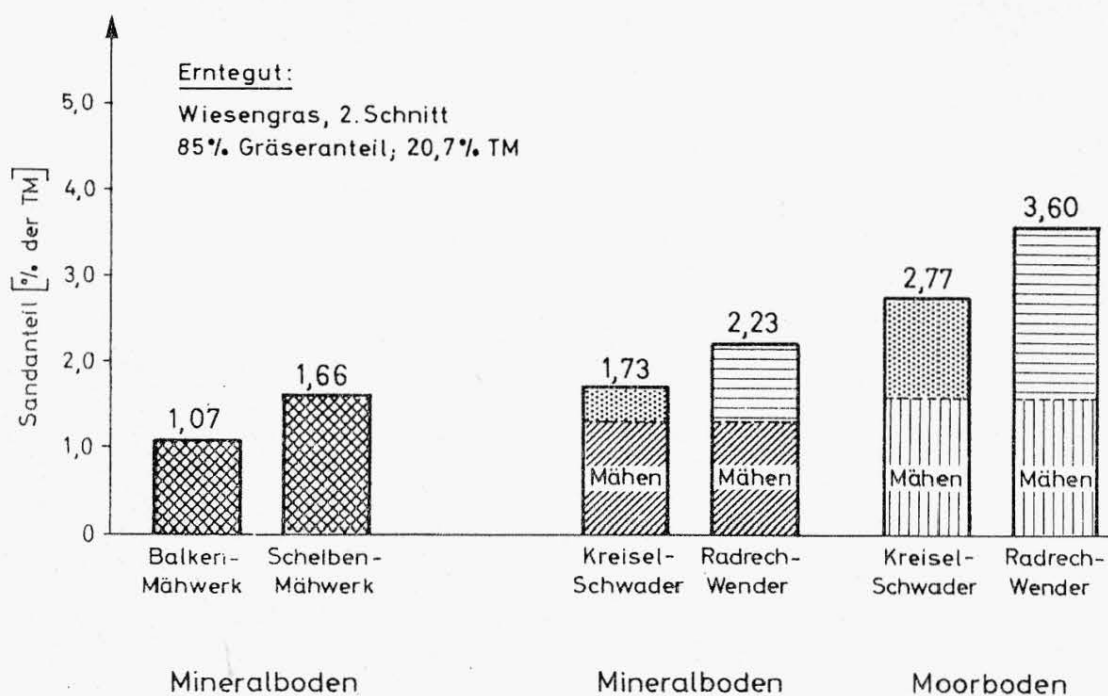


Abbildung 2: Verschmutzung von Wiesengras am Beispiel verschiedener Versuchsergebnisse auf dem Versuchsgut Grünschwaige 1973

Danach brachte der Einsatz des Messerbalkens auf festem Mineralboden im Durchschnitt mehrerer Versuche einen Sandanteil von 1 % in der TM mit sich; er erhöhte sich beim Scheibenmäher unter gleichen Einsatzbedingungen bereits auf 1,6 %. Auf Moorboden erreichte der Sandanteil wesentlich höhere Werte, die jedoch erheblich schwankten. BECKHOFF konnte unter allerdings anderen Bedingungen beim Schlegelmäher sogar 4 % Sandanteil in der TM feststellen.

Deutliche Unterschiede werden ferner von den verschiedenen Schwadgeräten verursacht. Zusätzlich zum Verschmutzungsanteil durch das Mähen trat auf Mineralboden beim Kreiselschwader nur eine geringe Erhöhung des Sandanteiles auf insgesamt 1,7 % auf, beim Radrechwender jedoch bereits auf 2,2 %. Ähnliche Unterschiede mit noch höheren Werten von 2,7 bis 3,6 % konnten auf Moorboden gemessen werden. Von ganz besonderer Bedeutung scheint ferner der Besitz der Futterfläche mit Maulwurfshaufen zu sein.

Als landtechnische Folgen lassen sich aus diesen Meßreihen ableiten,

bei schwierigen Bodenverhältnissen nach Möglichkeit nur Messerbalken zum Mähen und Kreiselschwader zum Rechen einzusetzen. Oder aber sollte die konsequente Lösung weiter verfolgt werden, direkt mit dem Mähvorgang das Laden des Futters zu verbinden, ohne daß es dabei vorher den Boden berührt. Allerdings müßten dann der Selbstfahrladewagen oder ein leistungsfähiger Mähhäcksler mit sehr breiten Mähwerken ausgerüstet sein, um auch bei geringem Aufwuchs die hohe Leistung der Ladeaggregate voll auszunutzen und um zu viele Fahrspuren auf dem Futterschlag zu vermeiden.

Mähen und laden in einem Arbeitsgang läßt sich jedoch dann nicht bewerkstelligen, wenn das Futter nach dem Mähen zunächst vorgewelkt werden soll. Inwieweit die verschiedensten Methoden des Vorwelkens - sei es mechanisch, thermisch oder chemisch - überhaupt in Verbindung mit der Heißlufttrocknung Interesse verdienen, hängt primär von den damit verbundenen Futter- und Nährstoffverlusten, den Auswirkungen auf die Technologie der künstlichen Trocknung und den Konsequenzen für die Tierernährung ab. Hinzu kommt die Schwierigkeit, daß das Ausmaß der Vortrocknung auf dem Feld bei allen Aufbereitungsverfahren nach wie vor vom Witterungsverlauf maßgeblich beeinflußt wird und daher sehr stark schwankt, daß also nur an Schönwettertagen ausreichend vorgewelktes Gut angeliefert werden kann. Das widerspricht jedoch in gewisser Weise dem großen Vorteil der Heißlufttrocknung, völlig unabhängig vom Wetter während des Futteraufwuchses tagtäglich konservieren zu können. Das Vorwelken des Futters kann also lediglich als Ergänzung oder zeitweise Verbesserung des Gesamtverfahrens angesehen werden.

Aufgrund vielfältiger Vergleichsversuche im In- und Ausland über das Vortrocknen von Grüngut läßt sich feststellen, daß bei Wiesengras, je nach Vorwelkverfahren, eine Steigerung des TM-Gehaltes von 20 % auf etwa 30 % erst nach mindestens vier Stunden nach dem Mähen erreicht werden kann, und zwar nur bei günstiger Witterung mit hohen Temperaturen, geringer relativer Luftfeuchtigkeit und ausreichend Wind. Soll nun das vorgewelkte Futter noch am gleichen Tag der Trocknungsanlage zugeführt werden, schrumpft die Bergezeit auf wenige Stunden zusammen; es würden sich folglich gewaltige Anforderungen an die Bergeleistung ergeben, um den Trockner ausschließlich mit vorgewelktem Material zu beschicken und ihn auszulasten. Die Bergung des vorgewelkten Grün gutes erst am nachfolgenden Tag würde jedoch wiederum erhebliche Futter- und Nährstoffverluste mit sich bringen. Aus diesen Zusammenhängen wird ersichtlich, daß das Vorwelkverfahren in Verbindung mit der Heißlufttrocknung zumindest als sehr problematisch bezeichnet werden muß.

Nach dem Mähen und Schwaden beginnt nun der eigentliche Bergevorgang, der sich aus den Abschnitten Aufladen, Transport und Abladen zusammensetzt. In erster Linie interessiert hierbei die Bergeleistung für die Frischgutanlieferung zum Trockner, so daß nachfolgend zunächst die wichtigsten Einflußfaktoren auf die Leistungen beim Aufladen, Transportieren und Abladen behandelt werden sollen.

Aufladen des Futters

Das Aufladen des Futterschwades erfolgt für fahrbare Trocknungsanlagen zweckmäßig mit dem Häcksel-Ladewagen, um ein späteres Nachzerkleinern mit einem Standhäcksler zu erübrigen. Für stationäre Großtrockner ergibt sich eine ähnliche Lösung, wenn größere möglichst selbstfahrende Feldhäcksler eingesetzt werden. Jedoch hat sich aufgrund spezieller Vorteile der großvolumige, selbstfahrende Ladewagen mit höheren Transportgeschwindigkeiten für solche Großtrockner eingebürgert, wobei dann allerdings ein leistungsfähiger Standhäcksler vor dem Trockner notwendig wird.

Die erzielbaren Leistungen beim Aufladen aus dem Schwad hängen in erster Linie vom jeweiligen Ladegerät und der installierten Antriebsleistung ab (Abb. 3).

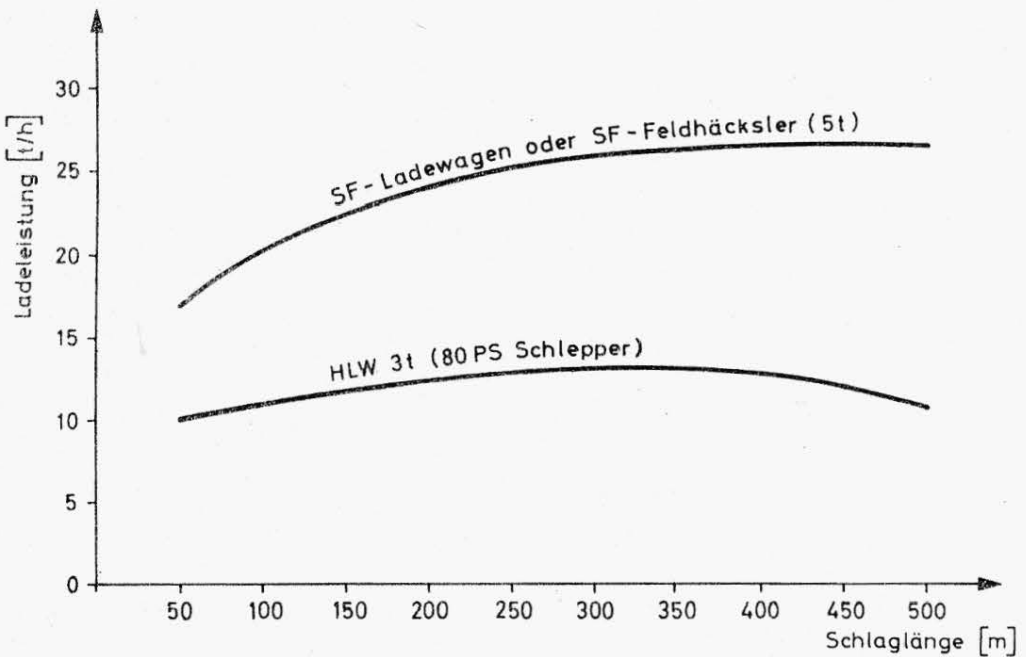


Abbildung 3: Ladeleistungen in Abhängigkeit von der Schlaglänge (Ertrag 150 dt/ha, Feuchtegehalt 80 %, Schwadstärke 6 kg/ld.m)

Der Häckselladewagen mit 3 t zulässigem Ladegewicht hinter einem 80-PS-Schlepper erreicht durchschnittliche Ladeleistungen von 10 t Grüngut/Stunde, der SF-Ladewagen oder ein größerer SF-Feldhäcksler mit sehr starkem Antriebsmotor liegen demgegenüber zwischen 20 und 25 t/h. Allerdings sind diese größeren Aggregate auf Schlaglängen von über 200 m angewiesen, um ihre volle Leistungsfähigkeit auszuschöpfen, während der kleinere Häcksel-Ladewagen auf kürzere Schlaglängen nicht so empfindlich reagiert. Besonders Trocknungsgenossenschaften, die leistungsfähige Ladegeräte einsetzen müssen, sollten deshalb auf aus-

reichende Schlaglängen von möglichst über 200 m hinwirken. Insgesamt nimmt jedoch der Zeitbedarf für das Laden, besonders bei SF-Ladewagen, nur etwa ein Drittel vom gesamten Bergevorgang ein, und zwar im wesentlichen abhängig von der Transportzeit.

Erzielbare Transportleistungen

In der Tat ist die erzielbare Transportleistung maßgebend für die gesamte Bergeleistung. Um die Abhängigkeit der Förderleistung von der Transportgeschwindigkeit, der Ladekapazität und der durchschnittlichen Feldentfernung deutlich zu machen, soll zunächst die reine Transportleistung, ohne Lade- und Entleerungsvorgang, dargestellt werden (Abb. 4).

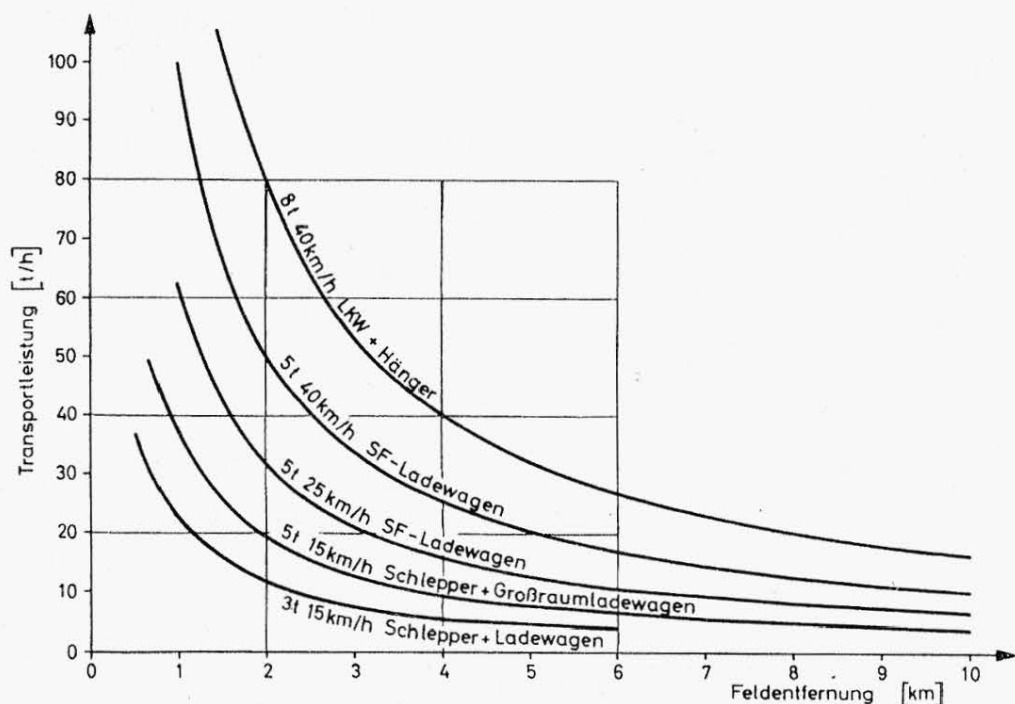


Abbildung 4: Transportleistungen (ohne laden und abladen) in Abhängigkeit von der Feldentfernung

Bei kurzer Feldentfernung von nur 2 km erzielt ein Schlepper mit durchschnittlicher Geschwindigkeit von 15 km/h und angehängtem Ladewagen mit 3 t Ladekapazität eine Transportleistung von nur gut 10 t/h, die Erhöhung der Ladekapazität auf 5 t mit einem Großraumladewagen steigert unter sonst gleichen Bedingungen die Leistung jedoch bereits auf 20 t/h.

Wird ein SF-Ladewagen mit gleicher Kapazität von 5 t, jedoch einer Geschwindigkeit von 25 km/h eingesetzt, steigt die Transportleistung

auf über 30 t/h. Liegen für diesen SF-Ladewagen günstige Wegeverhältnisse vor, die eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h erlauben, kann sogar eine Leistung von 50 t/h erreicht werden. Das gleiche gilt im übrigen für Transportschlepper mit hoher Geschwindigkeit und angehängtem Großraumladewagen mit Schnelläuferachse. Bei einer Ladekapazität von 8 t mit LKW und Anhänger ist bei gleicher Geschwindigkeit sogar eine Transportleistung von 80 t/h möglich. Schlagentfernungen von 2 km sind jedoch bei Genossenschafts-Großtrocknern nur selten anzutreffen; die Feldentfernung liegt hier im Durchschnitt meist zwischen 4 und 6 km, ausnahmsweise sogar über 10 km. Bereits bei 4 km Entfernung schrumpft die Transportleistung sämtlicher Fahrzeuge merklich zusammen, und zwar gegenüber 2 km auf die Hälfte. Bei 6 km Feldentfernung liegt das leistungsfähigste Verfahren mit LKW und Anhänger und 40 km/h nur noch bei 30 t/h Grüngut, der SF-Ladewagen erreicht, je nach Geschwindigkeit und Wegeverhältnissen nur noch 10 - 18 t/h. Und bei 10 km Entfernung beträgt die Transportleistung der größeren Fahrzeuge lediglich noch 7 - 16 t/h, eine Leistung, die für die Anlieferung des Grüngutes an stationäre Trockner keineswegs ausreicht. Hier müssen dann mehrere Fahrzeuge eingesetzt werden, wie später noch gezeigt wird, zumal sich durch das Aufladen und Abladen eine weitere Verminderung der Leistung einstellt. Zusammenfassend läßt sich aus diesen Vergleichen folgern, daß sich die Transportleistung bei kurzen Feldentfernungen in erster Linie durch eine Steigerung der Ladekapazität erhöhen läßt, daß jedoch bei größeren Schlagentfernungen zusätzlich auch die Transportgeschwindigkeit zu nehmen muß, um ausreichende Leistungen zu erzielen. Diese hohen Anforderungen an die Transportleistungen gelten in erster Linie für stationäre Großtrockner. Bei fahrbaren Trocknungsanlagen tritt dieses Problem nicht im gleichen Umfang auf; bei ihnen ergibt sich die Frage, ab welcher Grenzentfernung für das Herbeischaffen von Grüngut ein Umsetzen der Anlage zum nächsten Standort ratsam erscheint (Abb. 5).

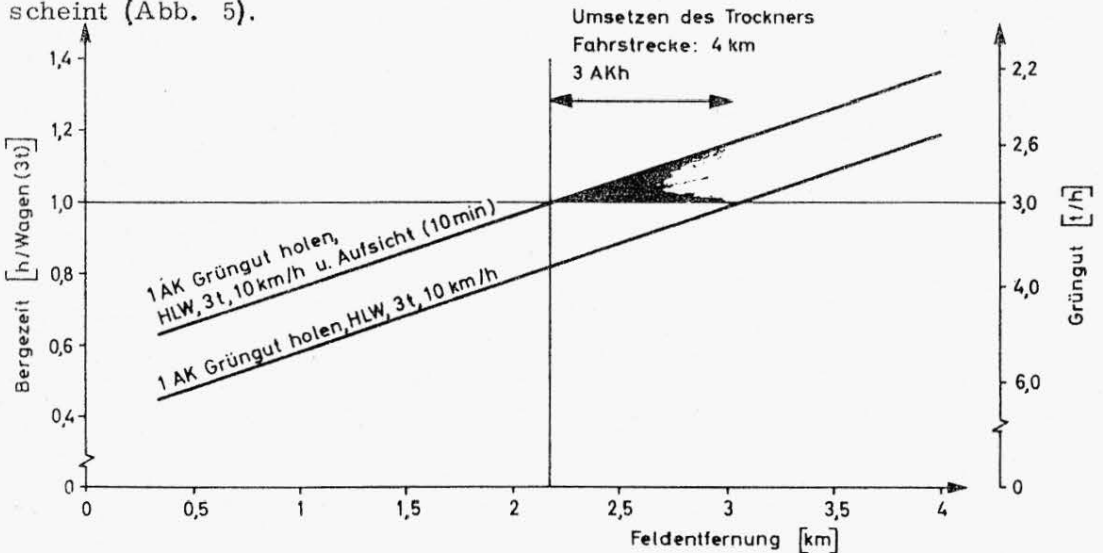


Abbildung 5: Grenzen für das Umsetzen einer fahrbaren Trocknungsanlage

Beim Einsatz eines Häcksel-Ladewagens mit 3 t Ladegewicht und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h wird bei etwa 3 km Entfernung eine Bergezeit von einer Stunde pro Wagen benötigt, also für Aufladen, Transport und Abladen; das entspricht einer Bergeleistung von 3 t Grüngut/Stunde, die wiederum in etwa der Durchsatzleistung einer fahrbaren Anlage von 2,5 t/h Wasserverdampfung gleichkommt. In diesem Fall wäre also die Grenzentfernung, ab der das Umsetzen der Anlage zweckmäßig ist, mit 3 km erreicht. Da jedoch die gleiche Arbeitskraft neben der Futterbergung in der Regel auch die Aufsicht über den Trockner ausüben muß, sinkt die Grenzentfernung auf etwas über 2 km, wenn für die Aufsicht 10 min/Fuhre unterstellt werden. Ab hier ist zu überlegen, ob noch einige wenige Fuhren aus größerer Entfernung geholt werden sollen und dabei eine geringere Durchsatzleistung des Trockners in Kauf genommen wird, oder ob der Zeitaufwand für das Umsetzen des Trockners mit etwa 3 AKh früher aufgebracht werden soll. Jedenfalls liegt bei den geschilderten Voraussetzungen die zweckmäßige Grenze für das Umsetzen zwischen 2 und höchstens 3 km Transportentfernung.

Abladen am Trockner

Schließlich besitzt die Abladezeit vor dem Trockner einen großen Einfluß auf das Gesamtverfahren der Futterbergung (Abb. 6).

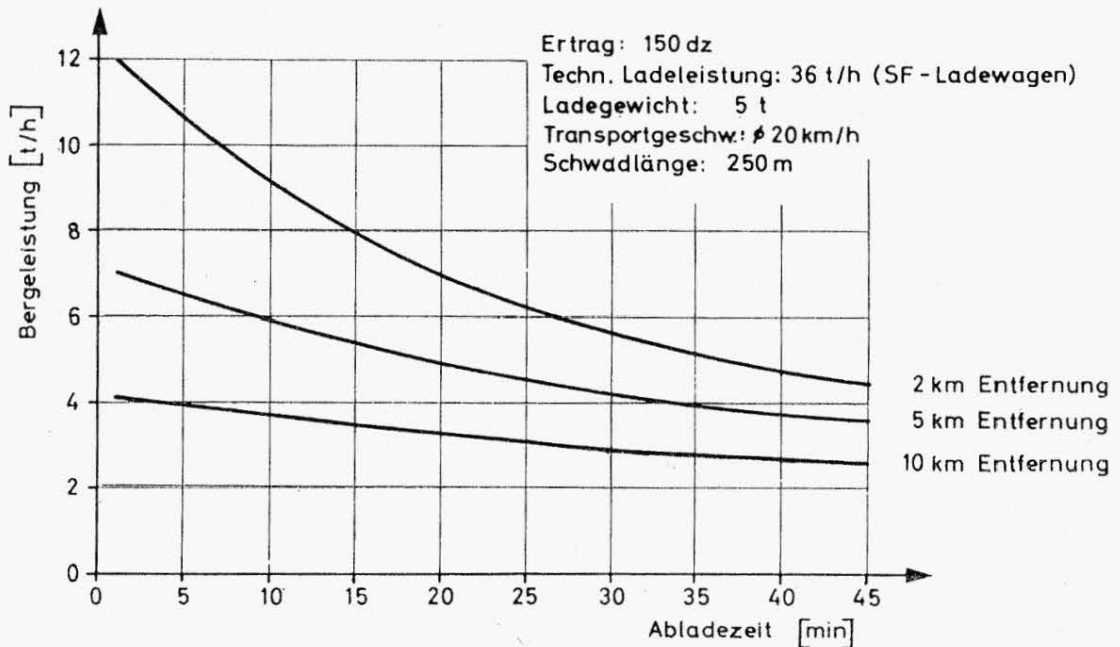


Abbildung 6: Bergeleistungen in Abhängigkeit von der Abladezeit

Wird beispielsweise ein SF-Ladewagen bei 2 km Feldentfernung eingesetzt und eine Abladezeit von 5 min eingehalten, beträgt die Bergelei-

stung über 10 t Grüngut/Stunde; diese hohe Leistung reduziert sich auf etwa 5 t/h, wenn der SF-Ladewagen 40 min zur Übergabe des Futters in den Dosierer benötigt, also praktisch in seiner eigentlichen Funktion blockiert wird. Ähnliche, jedoch abgemilderte Leistungsdepressionen ergeben sich auch bei 5 und noch bei 10 km Transportentfernung, wo dann allerdings der wachsende Einfluß der Wegezeit nicht mehr so deutliche Unterschiede der Bergeleistung in Abhängigkeit von der Abladezeit zuläßt. Dieser Zusammenhang zeigt deutlich, daß die Übergabezeit vom Transportfahrzeug in den Dosierer nur wenige Minuten betragen darf, und daß es bei zu geringem Fassungsvermögen des Dosiertisches ratsam ist, auf einer Pufferplattform einen Futtervorrat anzulegen, der mit einem gesonderten Gerät nach Bedarf dem Trockner zugeführt wird.

Bergeleistung und Trocknerleistung

Erst wenn die Geräteleistungen für das Aufladen, Transportieren und Abladen zur Verfahrensleistung für den Bergevorgang zusammengefügt und mit den entsprechenden Trocknerleistungen in Verbindung gebracht werden, ergibt sich ein abgerundetes Bild über die hohen Anforderungen an die Bergeverfahren (Abb. 7).

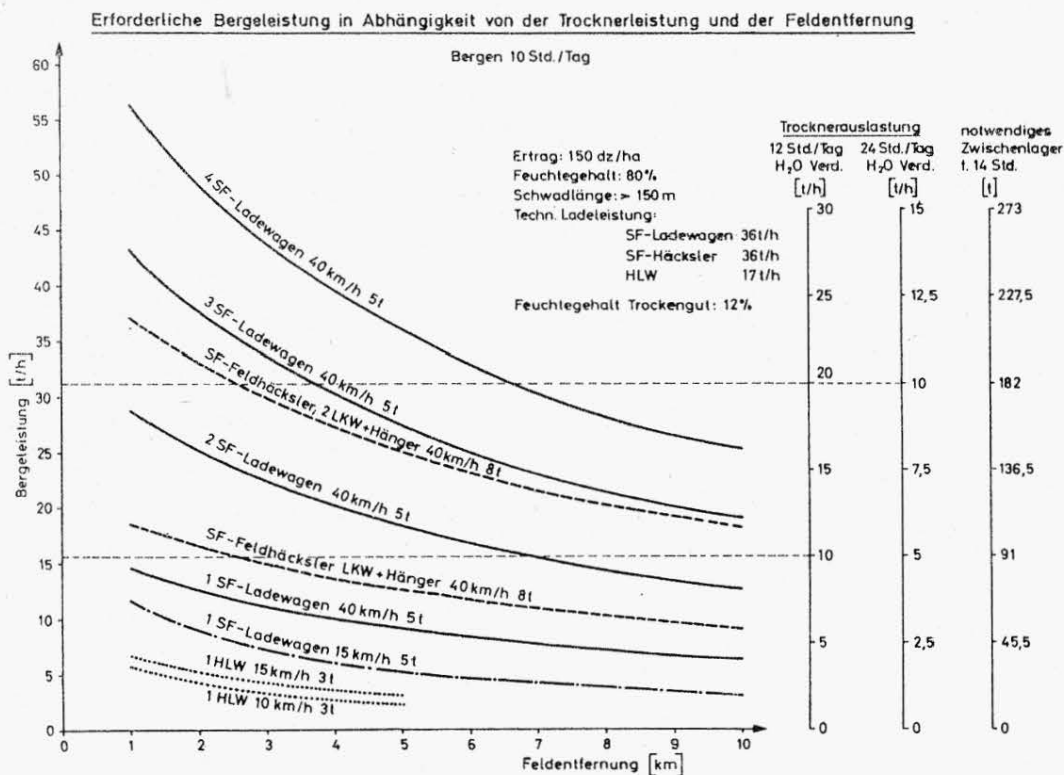


Abbildung 7: Zur Auslastung des Trockners erforderliche Bergeleistungen

Geht man zunächst davon aus, daß das Futterholen täglich 10 Stunden in Anspruch nehmen darf und der Trockner 12 Stunden am Tag in Betrieb ist, dann müßte für eine Anlage mit 10 t Wasserverdampfung/Stunde die Bergeleistung etwa 16 t Grüngut/Stunde betragen. Dieser Leistungsanforderung würde bis 2 km Feldentfernung ein SF-Feldhäcksler mit LKW-Zug bei 8 t Transportgewicht noch entsprechen, bis 7 km Entfernung werden zwei SF-Ladewagen mit 40 km/h benötigt, über 7 km Entfernung sind drei SF-Ladewagen oder zwei LKW + Anhänger in Verbindung mit einem Großhäcksler erforderlich.

Jedoch sollte in den Zeiten des Hauptfutteraufwuchses angestrebt werden, den Trockner 24 Stunden je Tag in Betrieb zu halten. Dann muß bei wiederum 10 Stunden Einsatzzeit je Tag für die Erntegeräte eine Stundenleistung von 32 t Grüngut erreicht werden, um zusätzlich für die 14 Stunden Nacharbeit des Trockners einen genügenden Futtevvorrat von 182 t Frischgut herbeizuschaffen. Dieser Situation mit den auf das Doppelte gestiegenen Anforderungen an die Bergeleistung können bis 2,5 km Entfernung nur der SF-Feldhäcksler mit zwei LKW-Zügen oder drei SF-Ladewagen gerecht werden; ab 4 km Entfernung sind bereits vier SF-Ladewagen erforderlich, über 7 km Durchschnittsentfernung noch weitere. Ähnliche Zusammenhänge sind auch bei eigenbetrieblichen Trocknern mit niedrigerer Durchsatzleistung zu beachten, jedoch treten diese Probleme verschärft bei Großtrocknungsanlagen mit einer Wasserverdampfung von 15 t/h auf. Die notwendigen Transporteinheiten müssen also dem Einzugsgebiet, den Wegeverhältnissen, der Trocknerleistung, den täglichen Betriebsstunden des Trockners und weiteren Faktoren angepaßt werden, wobei gewisse Reservekapazitäten von Vorteil sind. Nur dann tritt durch die Anlieferung des Frischgutes kein Engpaß beim Betrieb des Trockners auf, und seine volle Auslastung kann erreicht werden.

Arbeitszeitbedarf für die Frischgutbereitstellung

Schließlich verdient auch der Arbeitszeitbedarf für die Futterbergung großes Interesse, an der Stundenaufwand der Arbeitskräfte einen nicht unerheblichen Kostenfaktor darstellt. Grundsätzlich setzt sich der Arbeitszeitbedarf bei den Bergeverfahren aus den Zeitanteilen für Laden, Transport und Abladen zusammen, wie aus dem Beispiel mit einem SF-Ladewagen hervorgeht (Abb. 8). Auch hier kommt wiederum die große Bedeutung der Transportarbeit in Abhängigkeit von der Feldentfernung zum Ausdruck.

Betrachtet man nun den Gesamtarbeitszeitbedarf je ha und Jahr für die Frischgutbereitstellung einschließlich Mähen und Schwaden, dann treten zwischen den verschiedenen Verfahrenslösungen Unterschiede auf (Abb. 9). Bei einem Mähwerk mit 1,5 m Schnittbreite, einem Schwadgerät mit 2,7 m Breite, einem Häcksel-Ladewagen mit 3 t Ladekapazität und bei durchschnittlich 2 km Entfernung zur Anlieferung an einen mobilen Trockner ist ein Arbeitszeitbedarf von 16 AKh/ha und Jahr zu veranschlagen. Eine größere Mähbreite von 2,1 m und

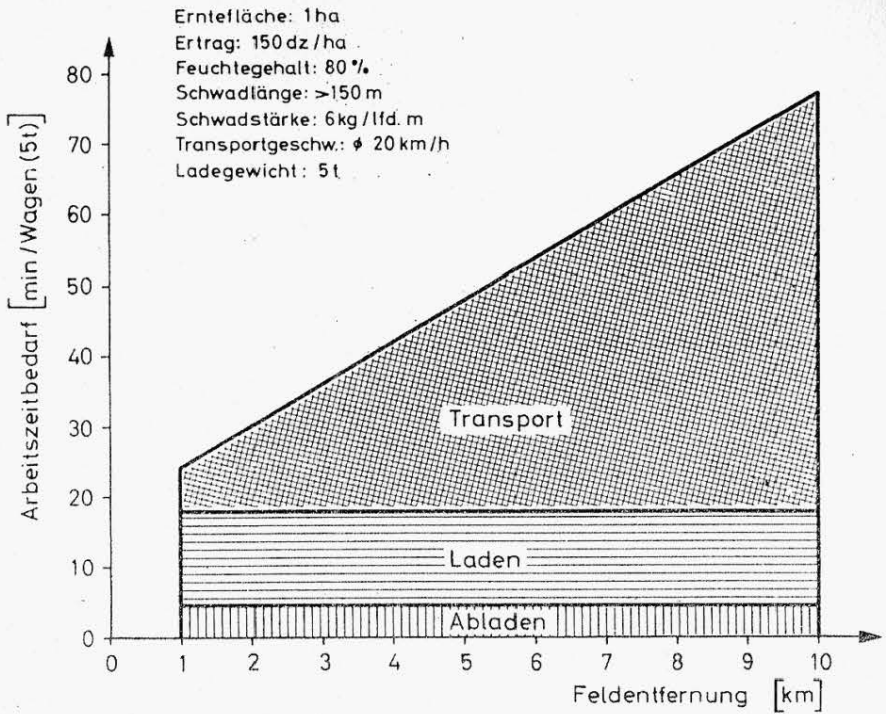


Abbildung 8: Arbeitszeitbedarf für laden, Transport und abladen am Beispiel des SF-Ladewagens

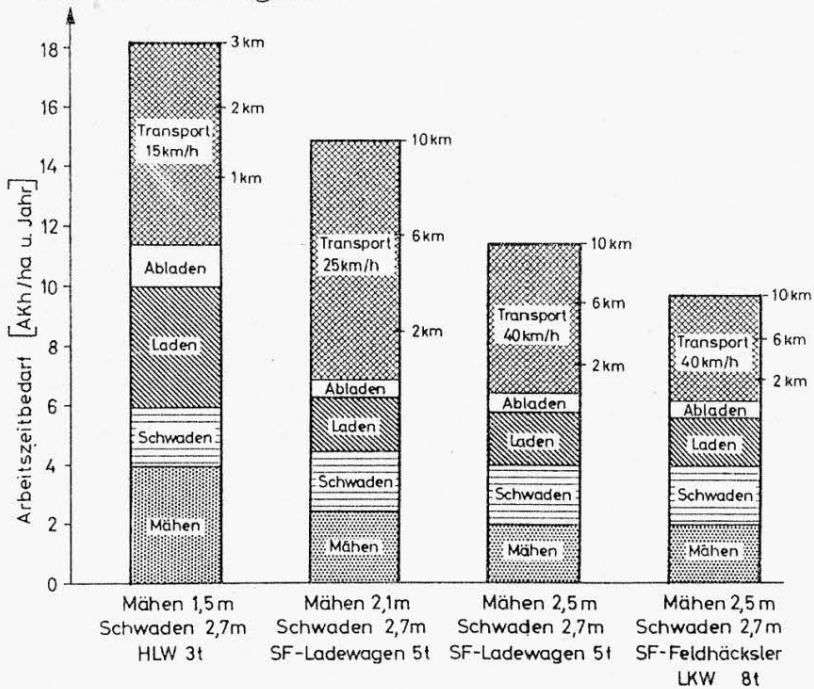


Abbildung 9: Arbeitszeitbedarf ausgewählter Verfahren zur Frischgutbereitstellung (4 Schnitte mit zusammen 100 dt TM im Jahr)

ein SF-Ladewagen mit 5 t und durchschnittlich 25 km/ha reduziert den Arbeitszeitbedarf bei einer Durchschnittsentfernung von 6 km vom Großtrockner auf etwa 12 AKh/ha. Die weitere Steigerung der Mähbreite auf 2,5 m, besonders aber eine höhere Transportgeschwindigkeit von 40 km/h führen beim Ladewagenverfahren zu einer nochmaligen Einsparung auf etwa 0,5 AKh/ha und Jahr. Die höchste Mechanisierungsstufe mit SF-Feldhäcksler und LKW-Zügen bringt noch einen weiteren kleinen Gewinn auf etwa 7 AKh/ha.

Der insgesamt noch beträchtliche Arbeitszeitbedarf/ha gegenüber herkömmlichen Konservierungsmethoden wird zweifellos in erster Linie hervorgerufen durch die mehrmalige Aberntung der gleichen Fläche, also durch die größere Anzahl der Schnitte im Jahr, die notwendig sind, um hohe Futterqualitäten sicherzustellen (Abb. 10).

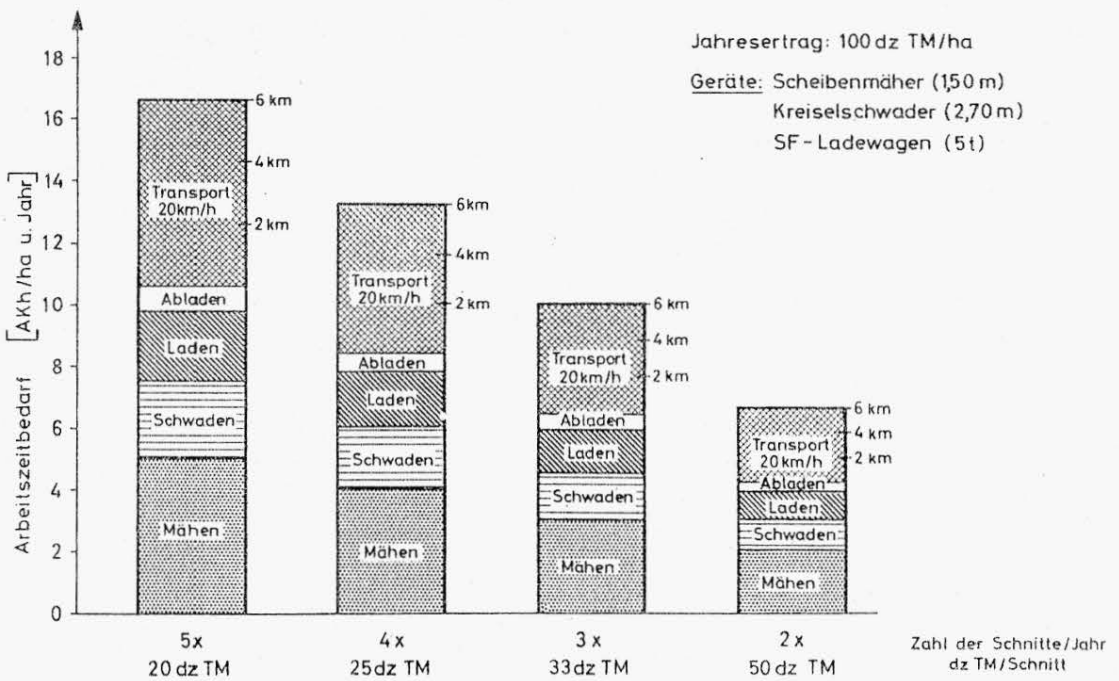


Abbildung 10: Arbeitszeitbedarf für die Frischgutbereitstellung in Abhängigkeit von der Schnitthäufigkeit.

Beim Verfahren mit dem SF-Ladewagen, Fahrgeschwindigkeiten von durchschnittlich 20 km/h und Transportentfernungen von 6 km fällt bei fünfmaligem Schnitt im Jahr ein Gesamtarbeitszeitbedarf von 16,5 AKh/ha an. Bei viermaligem Schnitt im Jahr sind bei gleichen Voraussetzungen nur noch 13 AKh/ha und Jahr notwendig. Das dreimalige Abernten im Jahr verlangt 10 AKh/ha und Jahr, und bei zwei Schnitten würden nur noch etwa 6,5 AKh/ha erforderlich. Die Gewinnung von hochwertiger Futterqualität durch oftmaliges Abernten des gleichen Futterschlages muß also durch eine nicht unbeträchtliche Steigerung des

Arbeitszeitbedarfes in Kauf genommen werden.

Vergleich mit anderen Futterkonservierungsverfahren

Der gleiche Effekt wird deutlich, wenn abschließend ein arbeitswirtschaftlicher Vergleich zu anderen Futterkonservierungsverfahren gezogen wird (Abb. 11).

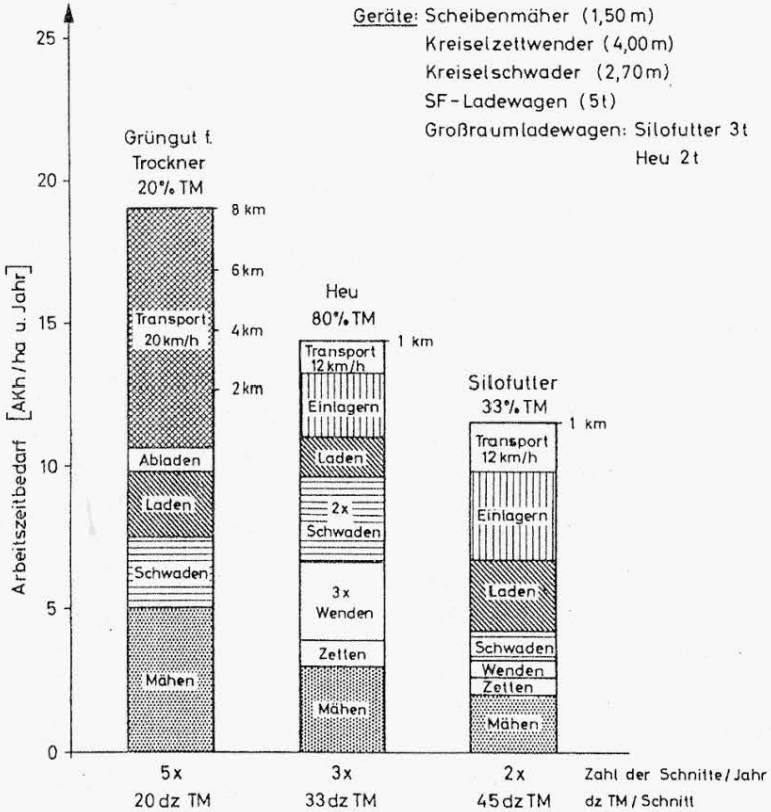


Abbildung 11: Arbeitszeitbedarf verschiedener Verfahren der Futterkonservierung

Bei fünfmaliger Ernte von Grüngut für die Heißlufttrocknung sind insgesamt beim Verfahren mit dem SF-Ladewagen und 6 km durchschnittlicher Entfernung 16,5 AKh/ha und Jahr notwendig, ohne den zusätzlichen Stundenbedarf für die Bedienung des Trockners und die Einlagerung des Trockengutes zu berücksichtigen. Die eigenbetriebliche Ernte von Heu mit 80 % TM stellt demgegenüber selbst bei dreimaliger Aberntung im Jahr bereits geringere Ansprüche an den Arbeitszeitbedarf, wenn bei 1 km Feldentfernung ein Ladewagen mit 2 t Kapazität einge-

setzt wird; der Arbeitszeitbedarf beträgt dann etwa 14 Stunden/ha und Jahr, also etwa die gleiche Größenordnung wie bei viermaliger Ernte für die Trocknung. Bei eigenbetrieblicher Mechanisierung wird für die nur zweimal jährliche Silageernte ein Arbeitszeitbedarf von sogar nur 11,5 AKh/ha und Jahr benötigt. Sicherlich trägt auch das geringere Transportgewicht bei Anwelksilage und Heu dazu bei, daß bei diesen Konservierungsverfahren der Arbeitszeitbedarf für die Ernte so günstig abschneidet gegenüber der Frischgutanolieferung für den Heißlufttrockner.

Bei dieser Gegenüberstellung wurden bereits die unterschiedlichen Trockenmasseerträge der verschiedenen Konservierungsverfahren, also Unterschiede bei den durchschnittlich erzielbaren Ernteerträgen, berücksichtigt. Würde man darüber hinaus einen spezifischen Arbeitszeitbedarf, bezogen auf die zur Fütterung bereitstehenden Nährstoffmengen errechnen, dann wäre sicherlich das Ernteverfahren für die Heißlufttrocknung günstiger zu beurteilen. Denn bei dieser Konservierungsmethode wird sehr hochwertiges Futter ohne nennenswerte Nährstoffverluste gewonnen - im Gegensatz zur Heu- oder Silagebereitung. Allerdings ist eine derartige spezifische Berechnung unüblich, da eine Bewertung von Nährstoffverlusten bei ökonomischen Berechnungen immer als Kostenfaktor insgesamt eingesetzt und nicht spezifisch auf die einzelnen Aufwandsfaktoren aufgeteilt wird. Ferner wäre eine Gegenüberstellung des spezifischen Arbeitszeitbedarfes, bezogen auf Nährstoffeinheiten, höchstens dann sinnvoll, wenn der Gesamtarbeitszeitbedarf vom Mähen bis zur Fütterung, zumindest aber bis zur fertigen Konservierung Berücksichtigung finden würde, also einschließlich der Bedienung des Trockners und des Abtransportes sowie der Einlagerung der Preßlinge. Eine solche Berechnung geht jedoch weit über das Thema der Frischgutlieferung hinaus, würde aber im übrigen die Tendenz der höheren Arbeitszeitbelastung beider Grünfuttertrocknung gegenüber den anderen Konservierungsmethoden lediglich etwas mildern. Das gilt besonders für große Genossenschaftstrockner, weniger für mobile Grünfuttertrockner mit ihrem geringeren Bedienungsaufwand und bei nur kurzen Entfernungen zum Abtransport der Preßlinge.

Dieser Zusammenhang des höheren Arbeitszeitbedarfes in Verbindung mit der Trocknung mag vielleicht auch in der Praxis besonders bei größeren Transportentfernungen dahingehend wirken, daß hin und wieder bei günstigen Witterungsverhältnissen die bisherigen Konservierungsmethoden der Silagebereitung und der Heuwerbung in eigenbetrieblicher Mechanisierung trotz vorhandener Großtrocknungsanlage beibehalten werden, zumal eine Kompensation durch geringere Futter- und Nährstoffverluste für den Praktiker nicht augenscheinlich und feststellbar ist. Für die Landtechnik ergibt sich somit die wichtige Aufgabe, weitere Verbesserungen für die Verfahren der Frischgutbereitstellung zur Grünfuttertrocknung auszuarbeiten, also die Bergeleistung weiter zu steigern und den Gesamtarbeitszeitbedarf zu vermindern.

Zusammenfassung der Diskussion

Die Diskussion des Themenkomplexes Technik und Verfahrenstechnik konzentrierte sich zunächst vor allem auf die Aspekte des Vorwelkens und danach auf die Methode des Verfahrensvergleichs.

Aspekte des Vorwelkens

Für das mechanische Vorwelken muß nach ZIMMER im Mittel mit folgenden TM-Verlusten gerechnet werden:

Bei 10 % Wasserentzug etwa 8 - 10 % Verluste,
bei 6 % Wasserentzug etwa 4 - 5 % Verluste.

In vier bis fünf Stunden sind ca. 4 % Zucker veratmet. Hinzu kommt ein geringer Teil an Bröckelverlusten. Nach ZIMMER sind die Vorwelkverluste jedoch geringer als die Atmungsverluste, die in den großen Frischgut-Vorratsstapeln vor den stationären Trocknungsanlagen durch sehr schnelle Selbsterwärmung entstehen.

Bei sehr gutem, sonnigen Wetter kann das mechanische Vorwelken im Bereich von 85 - 90 % auf 78 % Feuchtegehalt empfohlen werden. Trotz des Vorteils der Energieeinsparung ist mit folgenden Nachteilen zu rechnen:

1. Der Trommeltrockner hat einen kontinuierlichen Bedarf an Frischgut. Durch das Vorwelken wird die Bergung jedoch auf wenige Stunden zusammengedrängt, will man das gemähte Futter nicht über Nacht draußen lassen. Beim Vorwelken steht also dem kontinuierlichen Bedarf des Trockners ein stoßweiser Futteranfall gegenüber, der zudem nur mit einer schlagkräftigen und damit teuren Bergetechnik zu bewältigen ist.

2. Des weiteren gibt es Schwierigkeiten bei der Trocknung sehr blattreichen Gutes. Die Blatteile, die noch an den Stengeln haften, trocknen beim Vorwelken schneller und verbrennen dann in der Trocknertrommel, da sich die Stengel länger in der Zone hoher Temperaturen aufhalten.

Dieser Tatbestand hat dazu geführt, daß Wissenschaft und Industrie Mähmaschinen erproben, die durch entsprechende Bearbeitung des heterogenen Pflanzenmaterials einen gleichmäßigeren Anwelkeffekt erreichen sollen. Dabei werden die Halme gedreht, so daß beispielsweise die Schlegel zwar die Stengel bearbeiten, nicht aber die feinen oberen Blätter, die an einem Leitblech geschützt geführt werden.

3. Schließlich hängt der Vorwelkeffekt auch vom Standort und von der Parzelle ab; dadurch kann der Feuchtegehalt des angelieferten Frischgutes partienweise stark schwanken. Ein solches, im Feuchtegehalt stark und rasch wechselndes Frischgut erschwert dann die Trocknungsführung.

Ähnliche Schwierigkeiten treten beim chemischen Vorwelken auf. Durch ungleiche Applikation werden die feinen Blätter am intensivsten vorge-

welkt, während die Stengel noch ziemlich grün bleiben. Um Verbrennungen zu vermeiden, muß dann der Trockner mit niedrigeren Eingangstemperaturen gefahren werden - mit dem Ergebnis einer verminderten Trocknungsleistung.

In diesem Zusammenhang wurden die Schwierigkeiten der Applikationstechnik angesprochen, die noch große Mängel aufweist.

Unbefriedigend erscheint auch noch die Verbindung von Mähquetschzetter und anschließender Applikation, da der Welkeffekt im gemähten Gut geringer ist als im stehenden Halm.

Wirtschaftlich wäre das Verfahren bei einer Applikationsmenge von 0,3 %, bezogen auf die Frischmasse, und einem Feuchteentzug von 10 - 12 %, befriedigende Applikationstechnik vorausgesetzt. Heute erreicht man erst etwa 1 %, und bei dieser Menge ist auch Ameisensäure, Essigsäure, Formalin oder ein Gemisch daraus nicht wirtschaftlich, obwohl der Vorwelkeffekt dieser Mittel dem von Propionsäure ähnlich ist.

Arbeitszeitbedarf je ha oder je KStE?

In der Diskussion über die Arbeitswirtschaft ging es vorwiegend um die im Referat "Verfahrenstechnik bei der Frischgutbereitstellung" angewandte Methode, beim Vergleich mit anderen Konservierungsverfahren den Gesamtarbeitszeitbedarf auf die Fläche (ha) zu beziehen. Sinnvoller erschien es manchen Diskussionsrednern, diesen Vergleich auf den Nettoertrag abzustellen (Bruttoertrag in KStE abzüglich Feld- und Konservierungsverluste). Infolge seines höheren Nettoertrags pro ha und Jahr würde das Verfahren Heißlufttrocknung danach wesentlich günstiger abschneiden.

Gegen diesen Vorschlag wurden einerseits die stark schwankenden Angaben für Erträge und Verluste angeführt, andererseits müßten gegenüber der Heu- und Silagebereitung bei dem Verfahren der Heißlufttrocknung auch der Zeitaufwand für die Bedienung des Trockners sowie der Abtransport und die Einlagerung der Preßlinge mit einbezogen werden. Schließlich sollte sogar noch die Futtervorlage mit den entsprechenden Verlusten berücksichtigt werden, um die einzelnen Verfahren voll miteinander vergleichen zu können. In Ermangelung der entsprechenden Daten ist eine solch differenzierte Betrachtung heute noch nicht möglich.

Ergänzend zu den Arbeitszeitbedarfszahlen pro Hektar und Jahr wird im folgenden der Versuch unternommen (Tab.), Näherungswerte pro 1.000 KStE und Jahr einschließlich Bedienungsaufwand für die Trocknungsanlage und Abtransport der Preßlinge anzugeben. Unter den in den Fußnoten genannten Voraussetzungen und unter Zugrundelegung der Zahlen von WENNER ergeben sich dann die in der Tabelle aufgeführten Werte.

	4 Schnitte ¹⁾			5 Schnitte ¹⁾		
Heißlufttrocknung stationär ²⁾	6,2	AKh/1.000	KStE	7	AKh/1.000	KStE
mobil ³⁾	3,9	"	"	4,5	"	"
Anwelksilage	3,6	"	"			
Bodenheu gut	5,0	"	"			
Bodenheu schlecht	7,3	"	"			

1) Bruttoertrag bei allen Verfahren 4.500 KStE/ha. Verluste: Heißlufttrocknung 5,6 %, Anwelksilage 28 %, gutes Bodenheu 35 %, schlechtes Bodenheu 56 %

2) 10 t Verdampfungsleistung

3) 2,5 t Verdampfungsleistung

Damit liegt der mobile Trockner ungefähr in der gleichen Größenordnung wie Anwelksilage, einen Bruttoertrag von 4.000 KStE/Jahr vorausgesetzt.