

Mechanisches Dehydrieren von Halmgut nach einer Aufbereitung mit Hochfrequenz-Energie

Hans Wilhelm Orth

Institut für Landmaschinenforschung, Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

1. Einleitung

Die Konservierung von Halmfutter durch das herkömmliche Verfahren der Feldtrocknung ist in der Regel mit großen Verlusten verbunden, welche trotz aller Sorgfalt bis zu 30 Prozent betragen können [1; 2]. Deshalb erscheinen bei der Neu- oder Weiterentwicklung von Verfahren besonders diejenigen interessant zu sein, welche entweder die Verluste bei der Feldtrocknung mindern oder aber die Vortrocknung auf dem Felde ganz umgehen. Bei der für den zweiten Weg denkbaren künstlichen Trocknung von Halmfutter wird der größte Teil der aufzuwendenden Energie beim Phasenübergang flüssig-gasförmig des Wassers verbraucht. Die hierzu benötigten großen Energien, vor allem im Bereich hohen Feuchtegehaltes, sind wirtschaftlich nur zu vertreten bei eiweißreichem Grünfutter.

Als Alternativen sind verschiedene Verfahren des Wasserentzuges möglich. So haben sich bisher die mechanischen Methoden des Quetschens und Knickens zur Verkürzung der Feldtrocknung im größeren Rahmen bewährt [3; 4]. Eine thermische Behandlung des Halmfutters vor dem Mähen wird von PHILIPSEN [4] vorgeschlagen, welcher durch Beaufschlagen der Pflanzen mit heißem Dampf die Zellstruktur angreifen und dadurch eine Vortrocknung auf dem Halm erreichen will. Er erzielte einen beachtlichen Abfall des Wasseranteiles innerhalb von Stunden. Ein anderes Verfahren mit ähnlicher Wirkung ist das Besprühen der Pflanze mit chemischen Mitteln [5].

Weitere Möglichkeiten, durch Veränderung der physikalischen Eigenschaften die Trocknungsrate zu erhöhen, wurden von PRIEPKE und BRUHN [6] untersucht. Hierzu gehören neben dem Quetschen mit unbeheizten und beheizten Walzen unter anderem das Blanchieren mit Heißwasser sowie eine Aufbereitung mit Mikrowellen, das heißt mit Hochfrequenzenergie. Bei den beiden letztgenannten Aufbereitungsarten soll durch schnelles kurzzeitiges Erwärmen der Zellaufschluß erreicht beziehungsweise durch Erweichen der Pflanzenoberflächen der Widerstand, welcher dem Wasserentzug entgegengesetzt wird, verringert werden. Der Erfolg wurde durch Trocknungsversuche nachgewiesen (siehe auch [7; 8]).

Als andere Möglichkeit für den teilweisen Entzug des Wassers beziehungsweise Zellsaftes wurde auch das mechanische Dehydrieren durch Abpressen geprüft. Die Entfeuchtung ist im wesentlichen abhängig vom Preßdruck und der Aufbereitung in Form von Häckseln, Fräsen, Quetschen und ähnlichem, wobei ein größerer Zellaufschluß sich fördernd auf den Wasserentzug auswirkt [9]. Als Aufbereitung für ein mechanisches Abpressen wirkt sich ein Blanchiervorgang ebenfalls positiv auf den Entfeuchtungsgrad aus [10; 11]. Der gleiche Effekt wurde bei der mechanischen Entfeuchtung auch durch eine Vorbehandlung mit Hochfrequenzenergie erzielt [12].

Die Anwendung von Hochfrequenzenergie zur schnellen und schonenden Trocknung ist vor allem im Bereich der Holztrocknung angewendet worden [13; 14]. Untersuchungen zeigen, daß die Erwärmung von dielektrischen, also elektrisch schlecht leitenden Stoffen sehr schnell erfolgt, da unter dem Einfluß des elektrischen Feldes, welches seine Polarität mit der Frequenz ändert, die Moleküle schwingen und sich aufgrund der dabei auftretenden Reibung erwärmen. Neben den elektrischen Größen der Hochfrequenzanlage ist also die übertragbare Leistung von der Dielektrizitätskonstanten und dem dielektrischen Verlustfaktor des Materials abhängig.

Die Stoffwerte zeigen unter anderem eine Abhängigkeit von der Frequenz und dem Feuchtegehalt, wobei ein hoher Feuchtegehalt für eine Erwärmung günstig ist [15]. Daraus ergibt sich, daß auch Halmgut mit seinem hohen Feuchtegehalt durch Hochfrequenzenergie in kurzer Zeit erwärmt und damit in seiner Struktur verändert werden kann. In der vorliegenden Arbeit soll der durch Einwirken eines Hochfrequenzfeldes erzielbare Aufbereitungseffekt als Vorstufe einer mechanischen Dehydrierung bei Halmgut untersucht werden.

2. Versuchsanordnung

Der gesamte Versuch besteht aus zwei Abschnitten. Der erste beinhaltet die Behandlung durch ein Hoch-Frequenz-(HF)-Feld¹⁾, während der zweite die mechanische Abpressung umfaßt.

Der Hochfrequenzversuchsstand besteht im wesentlichen aus einem Plattenkondensator (Plattenfläche $0,25 \times 0,25 \text{ m}^2$) mit verstellbarem Plattenabstand und einem Hochfrequenzgenerator, welcher ein Hochfrequenzfeld mit 27,12 MHz und einer

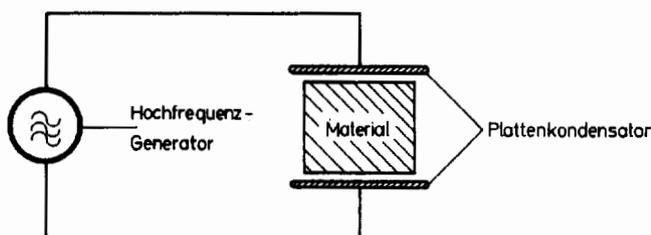


Bild 1: Versuchsanordnung zur Behandlung von Halmgut mit Hochfrequenzenergie
Schema

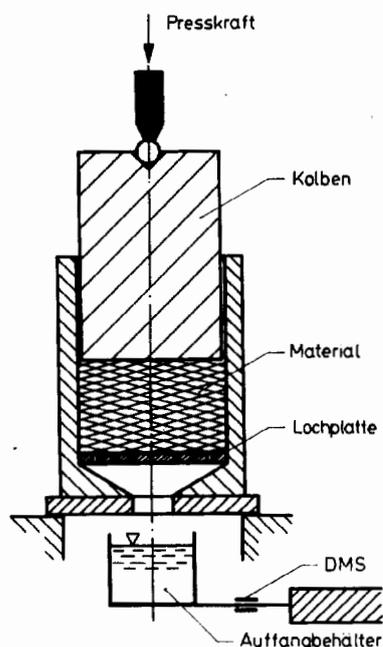


Bild 2: Versuchsanordnung zur mechanischen Dehydrierung
Schema

maximalen Leistung von 2 kW erzeugt (Bild 1). Durch verstellbare Kondensatoren kann eine konstante Leistung auch über eine längere Zeit eingestellt werden, obwohl sich die Stoffwerte mit Temperatur und Feuchtegehalt während der Einwirkzeit ändern.

Die Versuche zur mechanischen Dehydrierung wurden in einem Preßtopf (Kolbendurchmesser 80 mm, Preßkraft hydraulisch aufgebracht) durchgeführt (Bild 2). Durch ein verstellbares Stromregelventil konnte über eine Pumpe ein konstanter Ölstrom für eine reproduzierbare Vorschubgeschwindigkeit erreicht werden. Ein Schreiber registrierte nach einer elektrischen Wägung kontinuierlich während des Preßvorganges die abgepreßte Flüssigkeitsmenge. Den Öl-Druck und damit die Kolbenkraft beziehungsweise den Preß-Druck zeigte ein Feinmanometer an.

3. Versuchsdurchführung

Als Versuchsmaterial diente Welsches Weidelgras. Das Gras war zur Samengewinnung in Reinsaat angesät, so daß ein weitgehend homogenes Material für die Versuche vorlag. Bei der ersten Versuchsreihe war der Bestand als zweiter Schnitt voll in der Blüte, die zweite Versuchsreihe fiel in das Stadium kurz nach der Blüte. Das Versuchsmaterial wurde auf eine theoretische Länge von 15 mm gehäckselt, die für den Versuch benötigte Menge abgewogen und zwischen die Platten des Kondensators gefüllt; parallel dazu wurde eine Trockenprobe gezogen. Der Plattenabstand ließ sich zur Erzielung einer konstanten Materialdichte von $\rho = 160 \text{ kg/m}^3$ verändern. Die HF-Gesamtleistung wurde auf einen konstanten Wert von $N_{ges} = 1,7 \text{ kW}$ eingestellt. Nachdem das HF-Feld eine vorbestimmte Zeit auf das Material eingewirkt hatte, wurde die Probe entnommen und zurückgewogen.

Beim mechanischen Feuchteentzug betrug die Probenmenge des Preßtopfes jeweils 150 g. Durch die Hydraulik wurde der gewünschte Preßdruck aufgebracht und das Gewicht der abgepreßten Flüssigkeit über eine Versuchszeit von 5 min kontinuierlich aufgezeichnet.

Von dem Rückstand m_{Pr} im Preßtopf, dem Preßkuchen, wurde der Feuchtegehalt U_{Pr} bestimmt¹⁾. Ebenso wurde der abgepreßte Saft m_s auf seinen Feuchtegehalt U_s untersucht, um über die Beziehung²⁾

$$U_{HF} = U_{Pr} + \frac{(U_s - U_{Pr}) \cdot m_s}{m_{HF}}$$

den Feuchtegehalt vor dem Abpreßvorgang zu berechnen. Über Ein- und Auswaage des in der HF-Anlage behandelten Materials konnte dann der Feuchtegehalt des Frischgutes ermittelt und mit der anfangs entnommenen Trockenprobe verglichen werden.

Versuchsparameter waren im ersten Abschnitt die eingewogene Materialmenge m_{Fg} und die Aufbereitungszeit in der HF-Anlage t_{HF} , im zweiten Abschnitt der Preßdruck p_{Pr} und die Preßzeit t_{Pr} .

4. Versuchsergebnisse

Entsprechend der Versuchsanstellung sind die Ergebnisse in die Schritte Hochfrequenzbehandlung und mechanisches Abpressen zu unterteilen.

Um den Einfluß unterschiedlicher Parameter auf die Entfeuchtung vergleichen zu können, ist eine gemeinsame Be-

¹⁾ Dieser Teil der Versuche konnte dankenswerterweise mit Hilfe der Forschungsgruppe Hochfrequenz (Prof. PUNGS/Prof. LAMBERTS) unter Mitarbeit von Herrn Dipl.-Ing. RAUCH an der TU Braunschweig durchgeführt werden.

²⁾ Im weiteren werden für das Frischgut der Index Fg, für das hochfrequenzbehandelte der Index HF und für das gepreßte Material der Index Pr verwendet.

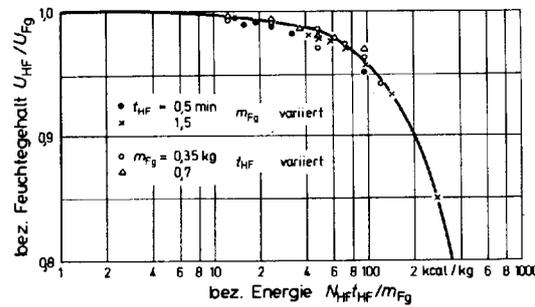


Bild 3: Feuchtegehalt nach der HF-Behandlung, bezogen auf den Frischgutfeuchtegehalt, in Abhängigkeit von der HF-Energie

zugsgröße für alle Versuche notwendig. Aus der Versuchsanstellung läßt sich für jeden Versuch die auf die Menge bezogene Hochfrequenzenergie bestimmen. Da diese Energie die Temperaturerhöhung in der HF-Anlage und damit die erwartete Strukturveränderung bewirkt, wurde diese Größe als „bezogene Energie“ für den Vergleich benutzt.

Im ersten Teil des Versuches wird unter Einwirkung der Hochfrequenzenergie das Material erwärmt; dabei verdunstet während der Erwärmung ein Teil der vorhandenen Flüssigkeit. Das Erreichen der Siedetemperatur konnte durch einen verstärkten Dampfaustritt festgestellt werden. Weiterhin konnte beobachtet werden, daß bei größeren Einwirkungszeiten des Halmpaket in sich zusammenfiel, was durch eine Änderung der Pflanzenstruktur erklärt werden kann.

Da anzunehmen ist, daß die Anfangsfeuchte keinen Einfluß auf die verdampfte Wassermenge hat, lassen sich durch die Bildung des bezogenen Feuchtegehaltes U_{HF}/U_{Fg} für verschiedene Anfangsfeuchten die Meßergebnisse vergleichen. Bild 3 zeigt die Abhängigkeit von der bezogenen Energie. Zu erkennen ist im unteren Energiebereich ein geringfügiger Abfall der Kurve, das heißt, daß fast die gesamte Energie zum Aufheizen des Materials verbraucht wird, während sich im oberen Bereich ein sehr starker Abfall des Feuchtegehaltes ergibt.

Im zweiten Teil der Versuche wurde mit einem Preßtopf die mechanische Dehydratation durchgeführt. Durch die Vorbehandlung in der HF-Anlage ergaben sich für die Anfangsfeuchten U_{HF} vor dem mechanischen Abpressen unterschiedliche Werte. Betrachtet man die abgegebene Feuchtemenge, so ist die Beurteilung der Ergebnisse von der Anfangsfeuchte abhängig, da, wie leicht vorstellbar, im Bereich größerer Feuchten das Wasser dem Material besser entzogen

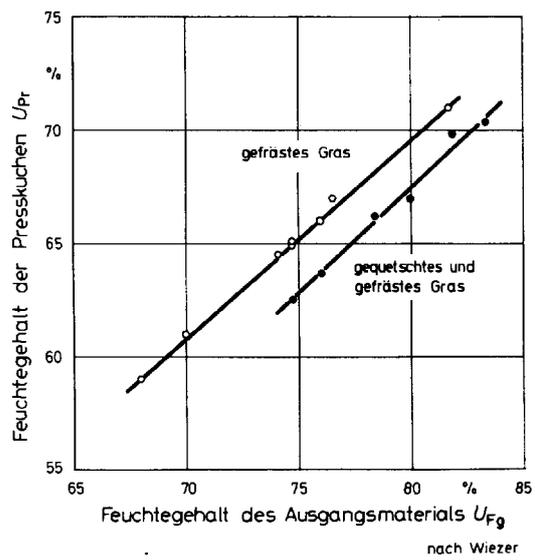


Bild 4: Feuchtegehalt der Preßkuchen in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Ausgangsmaterials

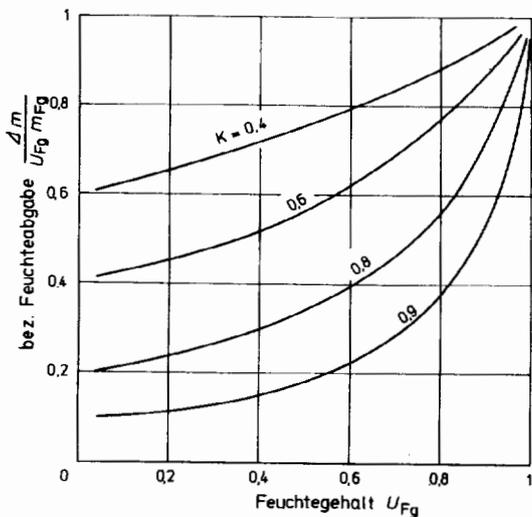


Bild 5: Feuchteabgabe zur Erzielung verschiedener Feuchtegehaltsverhältnisse in Abhängigkeit vom Anfangsfeuchtegehalt

werden kann. WIEZER [9] stellte fest, daß bei gleicher Aufbereitung der Feuchtegehalt des Preßkuchens U_{Pr} linear abhängig ist von der Anfangsfeuchte des Frischgutes U_{Fg} (Bild 4). Daraus folgt, daß der abgepreßte Flüssigkeitsanteil mit sinkendem Anfangsfeuchtegehalt nach der Beziehung

$$\frac{\Delta m}{U_{Fg} \cdot m_{Fg}} = \frac{1-K}{1-K \cdot U_{Fg}}$$

mit

$$K = \frac{U_{Pr}}{U_{Fg}}$$

abnimmt unter den Voraussetzungen, daß die Funktion $U_{Pr} = f(U_{Fg})$ eine Gerade ist und durch den Nullpunkt geht. Auf Bild 5 ist besonders deutlich zu erkennen, wie groß der Einfluß des Anfangsfeuchtegehaltes auf die abzupressende Menge bei geringem Abpreßerfolg ($K \rightarrow 1$) ist. Der bezogene Feuchtegehalt U_{Pr}/U_{HF} ermöglicht einen Vergleich der Versuchsreihen trotz eines unterschiedlichen Anfangsfeuchtegehaltes.

Die Feuchteabgabe, bezogen auf den Wasseranteil vor dem Abpreßversuch, ist in ihrer Abhängigkeit von der Versuchszeit in Bild 6 dargestellt. Die Kurven zeigen zunächst einen steilen Anstieg der abgepreßten Flüssigkeitsmenge; schon nach einer Minute wurden 60 bis 70 Prozent der Gesamtfeuchteabgabe des Versuches erreicht. Im weiteren Verlauf des Abpreßvorganges wird die Kurve flacher, wobei zum Teil im untersuchten Zeitintervall der Gleichgewichtszustand zwischen Preßkraft und den Bindekräften beziehungsweise Widerständen im Preßgut schon erreicht wird. Aufgetragen über der bezogenen Energie ergibt sich für die Feuchteabgabe eine Maximumkurve (Bild 7).

Nach einer Versuchszeit von 5 min wurde der Preßsaft entnommen und auf seinen Trockensubstanzanteil untersucht. Wie Bild 8 zeigt, steigt der TS-Anteil mit abnehmender Materialeinwaage, entsprechend einer großen bezogenen Energie, während für größere Einwaagewerte kein wesentlicher Unterschied gegenüber dem nichtbehandelten Material gefunden wurde, wie es nach den Tendenzen der Feuchteabgabe (Bild 7) auch zu erwarten war. Eine Abhängigkeit des TS-Anteiles vom Preßdruck konnte nicht festgestellt werden.

Der bezogene Feuchtegehalt U_{Pr}/U_{HF} zeigt für kleine Drücke eine starke Druckabhängigkeit, welche durch das Abpressen des vorhandenen freien Wassers bei kleinen Widerständen im Halmpaket erklärt werden kann (Bild 9). Mit zunehmendem Druck wird die Verdichtung und damit auch der Widerstand größer, während gleichzeitig der Anteil des freien Wassers gegenüber dem gebundenen abnimmt, so

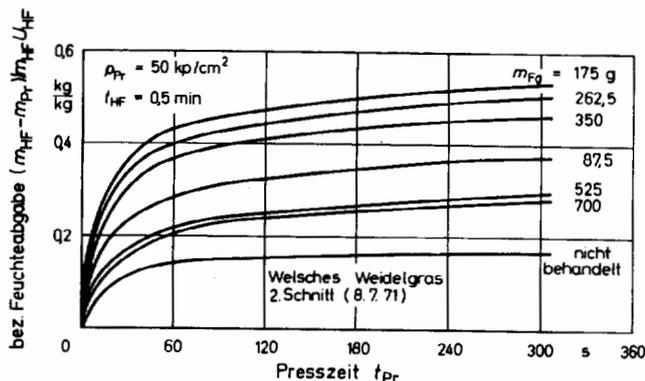


Bild 6: Feuchteabgabe in Abhängigkeit von der Preßzeit bei verschiedenen Materialeinwaagen in die HF-Anlage

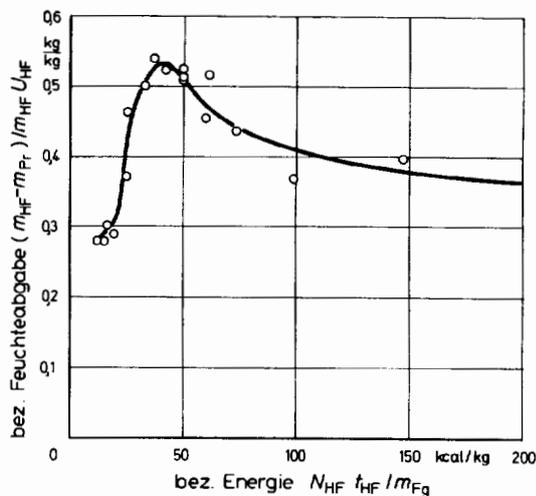


Bild 7: Abgepreßter Feuchteanteil in Abhängigkeit von der HF-Energie

daß nur noch eine geringe Abnahme des bezogenen Feuchtegehaltes festgestellt werden kann. In Abhängigkeit von der aufgewendeten Energie sind zwei Bereiche mit und ohne Veränderung der Materialstruktur zu unterscheiden.

Wird der bezogene Feuchtegehalt über der bezogenen Energie aufgetragen (Bild 10), so läßt sich ein starker Abfall des Feuchtegehaltes bei etwa 25 kcal/kg erkennen. Das Feuchtegehaltsverhältnis erreicht ein Minimum, um dann bei sehr großen Energiewerten wieder anzusteigen.

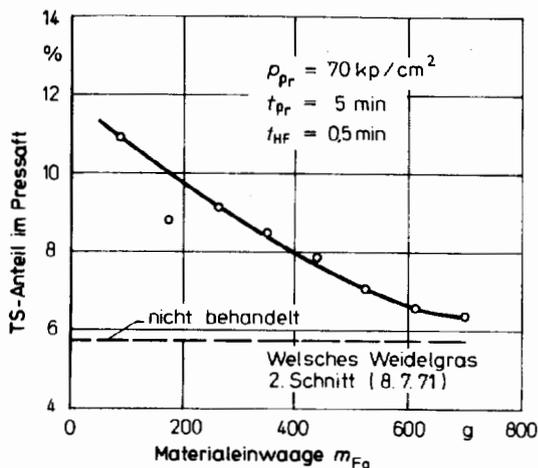


Bild 8: Trockensubstanz-Anteil im Preßsaft in Abhängigkeit von der Materialeinwaage

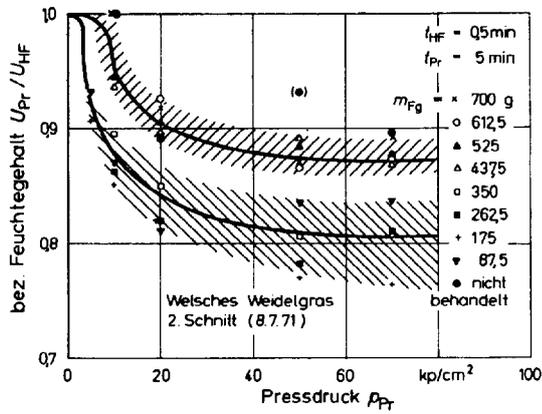


Bild 9: Feuchtegehalt des Preßkuchens in Abhängigkeit vom Preßdruck bei verschiedenen Materialeinwaagen in die HF-Anlage

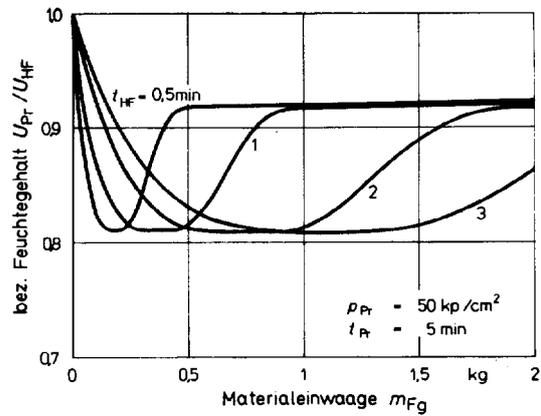


Bild 12: Feuchtegehalt des Preßkuchens in Abhängigkeit von der Materialeinwaage bei verschiedenen Aufbereitungszeiten

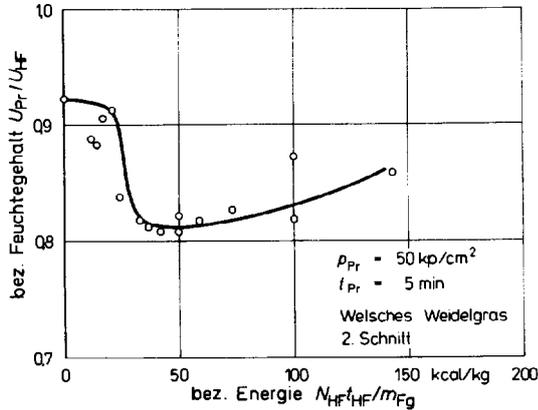


Bild 10: Feuchtegehalt des Preßkuchens in Abhängigkeit von der HF-Energie

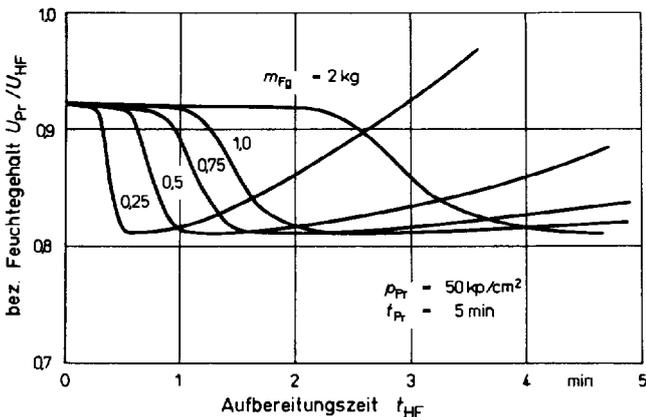


Bild 11: Feuchtegehalt des Preßkuchens in Abhängigkeit von der Aufbereitungszeit bei verschiedenen Materialeinwaagen

Eine überschlägige Berechnung der durch 25 kcal/kg erzielbaren Temperaturerhöhung ergibt 30 bis 35° und somit bei einer Anfangstemperatur von etwa 25 °C eine Endtemperatur des Versuchsgutes von 55 bis 60 °C.

Dieser Temperaturbereich deckt sich mit Aussagen von TUNCER und anderen [16], welche bei der Lufttrocknung von Halmgut ein sprunghaftes Ansteigen der Trocknungsgeschwindigkeit für Lufttemperaturen von etwa 50 °C festgestellt und dieses auf Strukturänderung im Gras wie Koagulation des Eiweißes (siehe auch [17]) oder Schmelzen der Wachsschicht der Kutikula zurückgeführt hatten. Neben einem zusätzlichen Dampfüberdruck durch das Entstehen von Wasserdampf im Inneren der Pflanze sind die gleichen Veränderungen, die sich vorteilhaft für eine nachfolgende Dehydrierung auswirken, bei Erwärmung des Materials durch HF-Energie in diesem Temperaturbereich zu erwarten.

Der Anstieg der Kurve ist durch Vergrößerung des Widerstandes, welcher infolge starker Erweichung der Zellwände dem Wasseraustritt entgegengesetzt wird, zu erklären. Hierfür spricht auch die oben erwähnte Beobachtung über das Zusammenfallen des Halmpaketes in der HF-Anlage. Ein Vergleich der Preßkuchen zeigte, daß bei einer großen bezogenen Energie bei gleichem Preßkuchen eine höhere Dichte im Preßkuchen erreicht wurde.

Die Bilder 11 und 12 geben die Kurve nach Bild 10 in der Parameterdarstellung wieder und ermöglichen es, durch Extrapolation die Ergebnisse über den bisherigen Versuchsbereich hinaus zu erweitern und die jeweils günstigsten Parameter zu entnehmen.

5. Zusammenfassung

Eine Vorbehandlung von Halmgut in einem Hochfrequenzfeld bewirkt für eine anschließende mechanische Dehydrierung eine Verbesserung der Entfeuchtung gegenüber einem rein mechanischen Aufschluß. Ein Vergleich des Verfahrens mit Angaben aus der Literatur zeigt Ähnlichkeit mit einer Aufbereitung durch kurzzeitiges Blanchieren, da auch hier die Veränderung der Pflanze infolge Wärmezufuhr genutzt wird. Die Ergebnisse der Dehydration liegen demnach auch in derselben Größenordnung, obwohl ein Vergleich infolge unterschiedlichen Pflanzenmaterials sowohl nach physiologischem Alter wie auch nach Sorte und wegen Unterschiede in der Versuchsanordnung nur bedingt möglich ist [12].

Aufgrund der durchgeführten Versuche mit Variationen der Aufbereitungszeit und der Frischguteinwaage konnte festgestellt werden, daß die Verbesserung der Entfeuchtung durch eine vorausgehende Hochfrequenzaufbereitung von der zur Verfügung stehenden Hochfrequenzenergie und der daraus resultierenden Erwärmung und Strukturveränderung des Halmgutes abhängig ist.

In Übereinstimmung mit Angaben aus dem Gebiet der Warmlufttrocknung tritt eine starke Verringerung des Feuchtegehaltes schon nach einer Erwärmung auf 50 bis 60 °C ein, was durch Veränderung des Eiweißes in diesem Temperaturbereich begründet wird. Bei der gewählten Versuchsanordnung erfordert diese je kg Frischgut eine Energie von 25 bis 30 kcal. Dabei konnte der Feuchtegehalt durch Abpressen um etwa 20 Prozent gesenkt werden, was einer Verringerung der im Material vorhandenen Feuchtigkeit auf weniger als die Hälfte entspricht.

Eine wesentliche Steigerung der Energie bringt außer einer thermischen Abtrocknung für einen Feuchteentzug durch Abpressen keine Verbesserung.

Schrifttum

- [1] MATTHIES, H.-J.: Halmfütter-Erntemaschinen — langfristige Entwicklungstendenzen. Landt. Forsch. 18 (1970) S. 9—16
- [2] WIENEKE, F.: Technologische Grundlagen der Halmfütteretrocknung. Proc. of the 3rd Gen. Meeting of the Europ. Grassl. Fed. Braunschweig 1969, S. 59—75
- [3] DERNEDDE, W.: Die Beschleunigung der Trocknung von Halmgut durch mechanische Aufbereitung. Diss. Göttingen 1969
- [4] PHILIPSEN, P. J. J.: Methods of drying and changes in the crop especially after killing the standing crop by thermal treatment. Proc. of the 3rd Gen. Meeting of the Europ. Grassl. Fed. Braunschweig 1969, S. 77—80
- [5] DANIEL, P.: Anwendung chemischer Mittel zum Vorwelken. Landtechnik 26 (1971) S. 312
- [6] PRIEPKE, E. H. u. H. D. BRUHN: Altering Physical Characteristics of Alfalfa to Increase the Drying Rate. Trans. ASAE (1970) S. 827—831
- [7] PEREPELICHINA, A. J.: Final drying of lucerne with high-frequency current and vacuum. Vest. sel'skhoz. Nauki 8 (1959) S. 132—137
- [8] STETSON, L. E., OGDEN, R. L. und S. O. NELSON: Effects of Radio-frequency Electric Fields on Drying and Carotin Retention of Chopped Alfalfa. Trans. ASAE (1969) S. 407—410
- [9] WIEZER, E.: Versuche zur mechanischen Dehydrierung von Wiesengräsern. Diss. Göttingen 1968
- [10] BREUSTEDT, O.: Untersuchungen über den Einfluß des Dampfblanchierens auf die mechanische Dehydration von Wiesenlieschgras. Dipl.-Arbeit, Göttingen 1968 (unveröffentl.)
- [11] CHANCELLOR, W. J.: Blanching Aids Mechanical Dewatering of Forage. Trans. ASAE (1964) S. 388
- [12] ORTH, H. W.: Einfluß einer Aufbereitung mit Hochfrequenzenergie auf das mechanische Dehydrieren von Halmgut. Proc. CIGR-Tagung, Sektion 3, Paris 1971
- [13] GEFAHRT, J.: Holz Trocknung durch kombinierte Hochfrequenz- und Kontaktwärmerung. Holz als Roh- u. Werkstoff, 28 (1970) S. 53—58
- [14] VOIGT, H., KRISCHNER, O., und H. SCHAUSS: Sonderverfahren der Holz Trocknung. Holz als Roh- u. Werkstoff 3 (1940) S. 364—375
- [15] KNIPPER, N. V.: Use of High-Frequency Currents for Grain Drying. Journ. of Agric. Engng. Res. (1959) S. 349—360
- [16] TUNGER, I. K., WIENEKE, F., und D. LEHMANN: Das Trocknungsverhalten einiger Futtergräser. Proc. of the 3rd Gen. Meeting of the Europ. Grassl. Fed., Braunschweig 1969, S. 85—94
- [17] WALTER, H.: Grundlagen des Pflanzenlebens. Verlag E. Ulmer, Stuttgart 1962

Vergleich verschiedener Methoden der Ermittlung von Arbeitszeitfunktionen

Wilfried Hammer, Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach

und

Eduard Wilking, Institut für Obstbau und Baumschule, TU, Hannover

1. Einleitung

In diesem Beitrag sollen Methoden der Ermittlung von Arbeitszeitfunktionen miteinander verglichen werden. Es handelte sich bei den Vergleichen um folgende Methoden: Ganzzeitmethode mit Direkt-Zeitmessung — Teilzeitmethode mit Direkt-Zeitmessung — Kleinstzeitmethode nach MTM (Methods-Time-Measurement), einem Verfahren der „Systeme vorbestimmter Zeiten“ (SvZ). HAMMER führte die Versuche für die Ganz- und Teilzeitmethode und den Vergleich der drei Methoden durch, während WILKING die Analysen nach dem MTM-Verfahren für die Kleinstzeitmethode bearbeitete.

2. Problem

Neben einigen klassischen Gebieten der Arbeitswissenschaft wie der Arbeitsgestaltung, der Entwicklung und Beurteilung von Arbeitsverfahren gewinnen Planungsaufgaben immer mehr an Bedeutung. Dabei geht es um die optimale Abstimmung und Zueinanderordnung von vorhandenen und erforderlichen Kapazitäten von menschlichen Arbeitskräften und anderen Einsatzmitteln innerhalb eines Arbeitssystems.

Um diese komplexen Aufgaben zu lösen, genügt die Intuition nicht mehr als Grundlage für unternehmerische Entscheidungen. Verlässliche quantitative Unterlagen werden dafür benötigt. KAMINSKY [6] bezeichnet daher deren Erarbeitung als gemeinsame Aufgabe von Arbeitsstudium und Operations Research. In diesem Sinne hat REFA [12] als deutsche Übersetzung von „operations research“ die Bezeichnung „Mathematische Entscheidungsvorbereitung“ vorgeschlagen.

Zur Erfassung der obengenannten komplexen Tatbestände genügen Fallstudien und aufs sorgfältigste ausgewählte Beispiele der landwirtschaftlichen Praxis nicht. Zweckmäßiger erscheint daher die Verwendung von Modellen als abstrakte, verallgemeinerte Darstellung eines Stückes Wirklichkeit [2; 12]. Im Rahmen dieser Modelle können die funktionalen Zusammenhänge der zu untersuchenden Vorgänge mit mathematischen Methoden erfaßt werden.

Die Autoren danken Herrn Dr. JOHN vom REFA und mehreren Mitarbeitern des Deutschen Rechen-Zentrums (DRZ) für Beratung bei mathematisch-statistischen Fragen

2.1. Schaffen von Kalkulationsunterlagen

Für die obengenannten Berechnungen werden Kalkulationseinheiten benötigt. Um diese zu gewinnen, müssen die Grenzen der phänomenologischen Beschreibung des Komplexen überschritten und eine Analyse als pragmatische Grundlage der naturwissenschaftlichen Behandlung der Arbeit betrieben werden [17]. Denn nur so können quantitative, objektive und reproduzierbare Ergebnisse geschaffen werden.

In diesem Sinne muß der gesamte Arbeitsablauf analysiert werden, um Bausteine für eine Synthese im Rahmen des Modells zu schaffen.

Für die Analyse kommen zur Zeit drei Formen in Frage [4]:

Ganzzeitmethode — Behandlung des gesamten Arbeitsvorganges als nicht unterteilte Einheit mit statistischen Verfahren der Einflußgrößenrechnungen (Korrelations- und Regressionsanalysen)

Teilzeitmethode — Zerlegung des gesamten Arbeitsvorganges in Teilvorgänge und Behandlung dieser unterteilten Einheiten mit den bei der Ganzzeitmethode genannten statistischen Verfahren; danach additive Zusammenfassung der daraus abgeleiteten Teilergebnisse

Kleinstzeitmethode — durch Analyse in Bewegungselemente.

2.1.1. Ganzzeitmethode

Grundsätzlich sollte eine Arbeit als physischer, psychischer, technischer und organisatorischer Komplex betrachtet werden. Bei einem Teil aller Arbeiten sind die verschiedenen Verrichtungen so eng miteinander verwoben, daß eine gedankliche Analyse in Teilarbeitsvorgänge nicht eindeutig und allgemein überzeugend durchgeführt werden kann. In anderen Fällen ist es offensichtlich, daß mehrere Einflußgrößen gleichzeitig in multipler Form den Zeitbedarf von Arbeitsabschnitten bedingen. Es erscheint zur Lösung dieser Probleme nur möglich, die Gesamtzahl eines Arbeitsvorganges als Einheit der Betrachtung zu wählen, die verschiedenen denkbaren Einflußgrößen in ihrer vorkommenden Variation zu bestimmen und mit Hilfe von Korrelations- und