

# Stand der Technik der Grünfütter-Heißlufttrocknung

Von Reinhart von Nordenskjöld, Göttingen

Beim Grüngut sind die Kosten je Nährstoffmenge bei der Konservierung durch Heißlufttrocknung oder durch Silierung etwa gleich hoch. Dadurch eröffnet sich für die Trocknung – neben dem Bedarf der Mischfutterindustrie – das weite Feld der direkten Produktion von Trockengut für die Rindviehhaltung. Diese Arbeit soll auf die noch offenen Probleme eines Verfahrens hinweisen, das gerade im Zusammenhang mit der Umstrukturierung der europäischen Landwirtschaft Aufmerksamkeit verdient.

100 kg hochwertiges Trockengrün können aus frischem Material durch Heißlufttrocknung für rd. DM 17,50 hergestellt werden; dieser Wert schließt sämtliche Kosten ein. Es ist zu erwarten, daß durch die neuerdings entwickelten versetzbaren Heißlufttrocknungsanlagen diese Kosten noch um rd. 2,- DM/100 kg gesenkt werden können. Bis zur Verwirklichung dieses Zieles ist jedoch noch mit mindestens einer einjährigen Entwicklungsarbeit zu rechnen.

## Wirtschaftliche Lage

Die Heißlufttrocknung von Grüngut gilt heute in der Bundesrepublik Deutschland als unwirtschaftlich und daher für unsere Landwirtschaft als ungeeignet. Dies ist zwar von der historischen Entwicklung aus gesehen verständlich, grundsätzlich jedoch falsch, denn die wenig positive Erfahrung, die unsere Landwirtschaft mit der Heißlufttrocknung gemacht hat, ist nicht im Verfahren selbst begründet. Deshalb sei nachfolgend noch einmal auf das Verfahren als solches, aber auch auf Fragen der Wirtschaftlichkeit und der Verwertung von Trockengrün eingegangen.

Über einfache Darren – vor 1900 – führte die Entwicklung landwirtschaftlicher Heißlufttrockner zum Schubwendetrockner – einer mechanisierten Darre – und zum heute gebräuchlichen Trommel-trockner. Schon früh wurden Getreide, Rübenblatt, Rübenblatt und Kopf, Klee und später jegliches Grünfütter verarbeitet. Heute liegt der Schwerpunkt bei uns auf Hackfrucht, Grüngut und Getreide.

Nach dem Kriege setzte ab 1950 in der Bundesrepublik Deutschland eine Welle von Neuerrichtungen ein. H. Wacker [1] berichtet, daß es 1956 bei uns 145 Heißlufttrocknungsanlagen gab (damals wurden schon zu 75 % Trommel-trockner installiert). Zweck der neu errichteten Anlagen war es, Grünfütter zu verarbeiten. Die damals errichteten Anlagen sind bis auf wenige wegen finanzieller Schwierigkeiten eingegangen.

Anfänglich rein auf die Trocknung von Kartoffeln ausgerichtet, setzte dann um 1965 bei uns wieder verstärkt der Bau von Heißluft-Trocknungsanlagen für die Landwirtschaft ein. Inzwischen sind rd. 40 Anlagen neu errichtet worden und die Bautätigkeit hält weiter an.

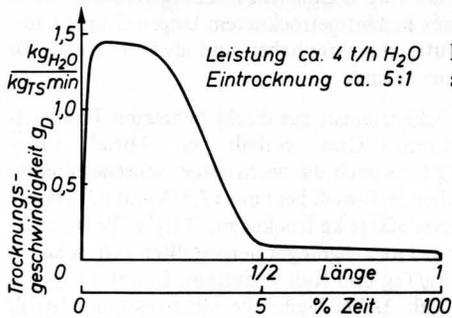
Die Entwicklung der Heißlufttrocknung in der Deutschen Demokratischen Republik sowie bei unseren westlichen und osteuropäischen Nachbarn war nach dem Kriege konsequent auf das Erzeugen hochwertigen Trockengrüngutes ausgerichtet. Die Herstellerfirmen von Heißlufttrocknern entwickelten und installierten dort schlüsselfertige Anlagen mit Wasserverdampfungsleistungen von 10 bis 40 t/h. Obwohl klimatisch in sehr ähnlicher Situation hat sich unsere Landwirtschaft von den erwähnten Ländern weit überflügeln lassen. Die Produktion von heißluftgetrocknetem Grüngut, die heute fast noch ausschließlich in Form von Pellets von der Mischfutterindustrie aufgenommen wird, hatte 1968 den Umfang entsprechend **Tafel 1**.

Tafel 1. Grünfütterproduktion in 1000 t.

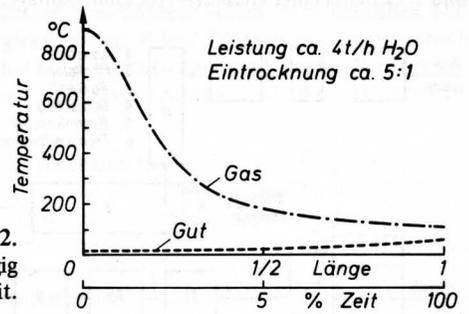
	1961	1963	1965	1967	1968
Dänemark	22	70	120	180	250
Frankreich	75	115	180	320	450
BRD	42	35	34	35	32
DDR		67	130	204	250
Polen		44	120	160	250
Ungarn	1	32	37	43	50

Nach Oehring

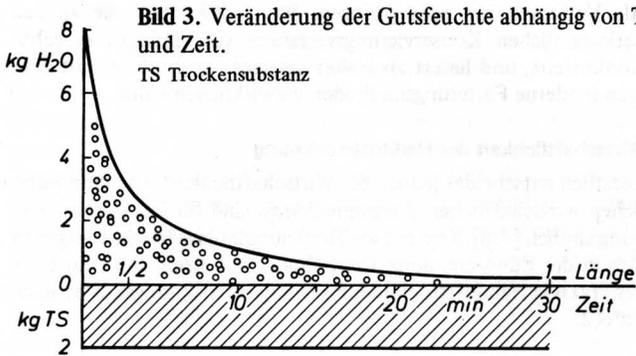
Dipl.-Ing. Reinhart von Nordenskjöld ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Landmaschinen-Instituts der Universität Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Franz Wieneke).



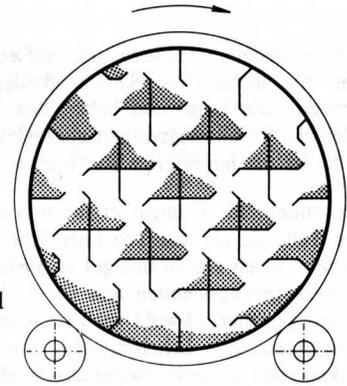
**Bild 1.** Trocknungsgeschwindigkeit abhängig von Trommellänge und Zeit.



**Bild 2.** Temperaturverlauf abhängig von Trommellänge und Zeit.



**Bild 3.** Veränderung der Gutsfeuchte abhängig von Trommellänge und Zeit.



**Bild 4.** Einwegtrommel mit Kreuzeinbauten.

Die insbesondere im Ausland sehr schnell gewachsene Produktion überschwemmt den westdeutschen Markt und leitet eine unsichere Preisentwicklung ein. Das ungünstige Verhältnis von 32000 t/a Eigenproduktion zu rd. 165000 t/a Import bei völlig unbedeutendem Export im Jahre 1968 wird sich noch verschlechtern.

#### Stand der Technik heute

Das Problem jeglicher Heißlufttrocknung besteht darin, Heißluft und Gut entsprechend dem Trocknungsverlauf des Guts, unter den sich ständig ändernden Bedingungen durch die Trommel oder eine sonstige Einrichtung zu führen. Dies soll beim landwirtschaftlichen Trockner in gleicher Weise für verschiedenes Grünzeug, wie auch für Hackfruchtschnitzel, Mais und andere Getreide vor sich gehen. Zum Regeln läßt sich die Eintrittstemperatur von Luft bzw. Gas, der Luftdurchsatz, der Gutsstrom und die Drehzahl der Trommel (falls es sich um eine solche handelt) ändern. Die extremen Bedingungen – es wird bei 700 bis 1100 °C Eintrittstemperatur der Trocknungsgase und mit 2 bis 5 m/s Gasgeschwindigkeit gearbeitet – haben eine systematische und praxisnahe Untersuchung der Vorgänge im Trockner bisher nicht zugelassen. I.K. Tuncer [2] ermittelte für hohe Temperaturen die Bräunungsgrenze von Grünzeug; sie tritt bereits nach wenigen Minuten ein. W. Maltry [3] stellte Untersuchungen an Trommeltrocknern mit Kreuzeinbauten an. Die üblichen Standardwerke der Trocknung von Krischer/Kröll [4], F. Kneule [5], Maltry/Pötke [6] u.a. geben nur die einfachsten Formeln (z.B. für den Durchsatz) für die Heißlufttrocknung an.

Folgende Daten bei der Trocknung von Grünzeug in Trommeltrocknern lassen sich einfach ermitteln:

Gas- und Lufteintrittstemperatur	600 bis 1100 °C
Gas- und Lufttemperatur in Trommelmitte	200 bis 350 °C
Gas- und Luftaustrittstemperatur	105 bis 140 °C
spez. Energieverbrauch	700 bis 1100 kcal/kg F <sub>1,2</sub> O

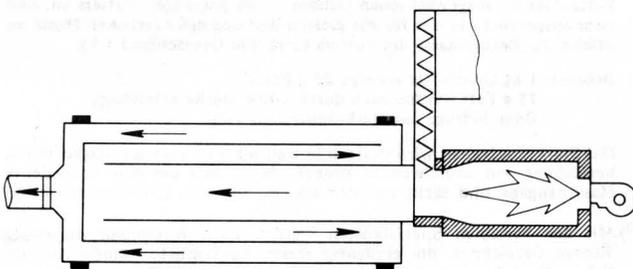
Auf Grund dieser Daten und theoretischer Überlegungen muß die Trocknungsgeschwindigkeit sowie der Verlauf der Temperaturen über die Trommellänge bzw. die Trocknungszeit aufgetragen, eine Charakteristik nach Bild 1 und 2 aufweisen.

Die Gutsfeuchte verändert sich in ähnlicher Weise, Bild 3.

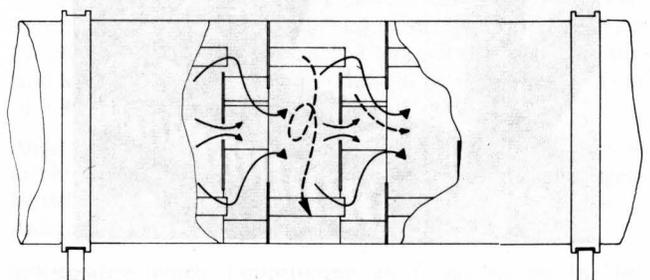
Die angegebene Trocknungszeit von 30 min ist in der Größenordnung richtig, sie schwankt mit den Trocknungsbedingungen, z.B. der Anfangsfeuchte.

Das Kernstück einer modernen Heißluft-Trocknungsanlage für Grünzeug ist der Trommeltrockner. Bis heute haben sich folgende Bauarten herausentwickelt und durchgesetzt.

1. die Einwegtrommel mit Kreuzeinbauten, Bild 4;
2. die Mehrwegtrommel, Bild 5 und
3. die Einwegtrommel mit Verzögerungsblenden, Bild 6.

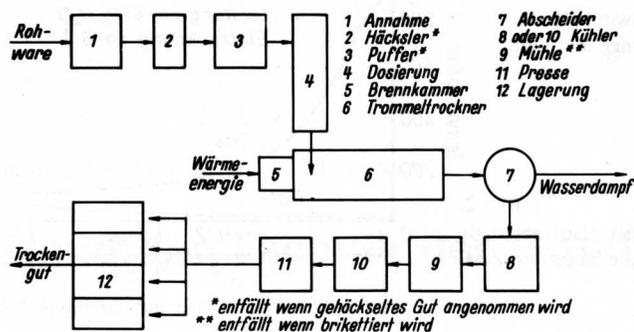


**Bild 5.** Mehrwegtrommel.



**Bild 6.** Einwegtrommel mit Verzögerungsblenden.

Bild 7. Schema einer Heißluft-Trocknungsanlage.



Die verschiedenen teilweise sehr aufwendigen Trommelbauarten lassen die technischen Schwierigkeiten der Heißlufttrocknung erkennen. Die Einbauten haben den Zweck, den zeitlich sehr ungleichen Trocknungsverlauf auszugleichen; sie zielen darauf ab, gerade für die langwierige Resttrocknung verzögernd zu wirken.

Insbesondere für Grüngrut ergibt sich zudem die Aufgabe, auch lange Teile durch den Trockner bzw. die Trommel zu führen. Kreuzeinbauten eignen sich gut als Vielzwecktrockner. Trommeln mit Verzögerungsblenden sind für die Verarbeitung langen Grüngruts gut geeignet, obwohl auch sie eine gewisse Vorzerkleinerung voraussetzen. Zur Erhaltung des Rohfuttercharakters ist das Trocknen von langem Grüngrut anzustreben.

Den Aufbau und Betriebsablauf einer modernen Heißluft-Trocknungsanlage für Grüngrut zeigt Bild 7.

Heißluftgetrocknetes Gut wurde bisher ausschließlich gemahlen und zu „Pellets“ geformt, Bild 8, an die Mischfutterindustrie abgegeben. Neuerdings werden im steigenden Umfang „Briketts“ aus ungemahlenem Trockengrüngrut in Kalandern und Kolbenpressen gefertigt. In beiden Fällen wird das trockene, ungemahlene Gut unter Einfluß von Temperatur und hohem Druck durch einen Preßkanal von 30 bis 50 mm Weite gedrückt. Dabei entstehen Stränge, die am Ende des Kanals in 20 bis 40 mm langen Briketts zerfallen. Insbesondere durch ihre verschmierte Außenfläche halten sie den mechanischen Anforderungen bei Transport und Lagerung stand.

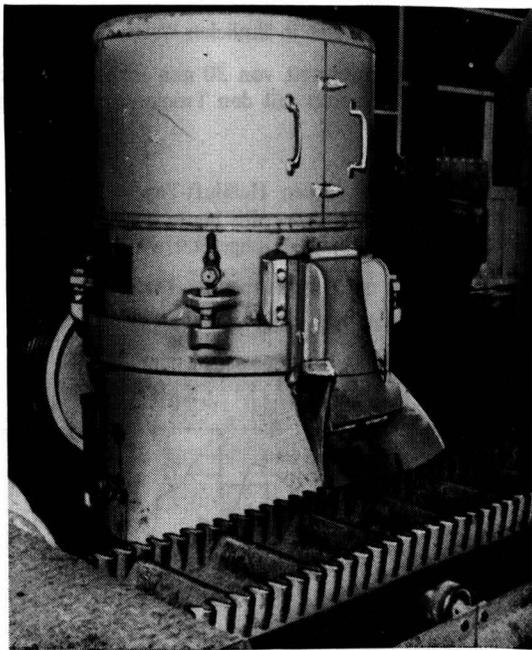


Bild 8. Pelletierpresse.

Seit 1965 in Dänemark vorgenommene Fütterungsversuche bestätigen, daß Briketts aus heißluftgetrocknetem langem Grüngrut ausgesprochenen Rohfuttercharakter haben und als Grundfutter für das Rindvieh gut geeignet sind.

Die Qualität von Trockengrüngrut aus direkt beheizten Trommelrocknern ist bekannt. Gras enthält im Mittel außer > 200 mg Carotin/kg Gras auch die wichtigsten Spurenelemente; der Gehalt an verdaulichem Eiweiß liegt um 17,5 % und die Stärckeenheiten betragen etwa 500 je kg Trockengut (TG)<sup>1</sup>). Die üblicherweise aus gemahlenem Trockengrüngrut hergestellten Pellets lassen sich bis maximal 6 kg/Tag und Kuh verfüttern, Briketts dagegen bis 14 kg/Tag und Kuh. Dabei bleibt die Milchleistung normal, während der Fettgehalt geringfügig sinkt.

Damit ist die Heißlufttrocknung in eine völlig neue Phase getreten: Als Verfahren mit sehr geringem Wetterisiko tritt sie zu den herkömmlichen Konservierungsverfahren von Grüngrut in echte Konkurrenz, und liefert als bisher einziges ein Produkt, mit dem man moderne Fütterungsmethoden verwirklichen kann.

#### Wirtschaftlichkeit der Heißlufttrocknung

Letztlich entscheidet jedoch die Wirtschaftlichkeit. Die grundsätzlichen wirtschaftlichen Zusammenhänge sind für jede Großtrocknung ähnlich [7;8]. Rein auf die Trocknungsanlage bezogen, ergeben sich in der Bundesrepublik Deutschland z.Z. nach Ermittlung aus der Praxis in Heißlufttrocknern für Grüngrut Trocknungskosten nach Tafel 2.

Tafel 2. Trocknungskosten je 100 kg Trockengut (Trommelrockner).

	DM/dz	% von 5.	% von 7.
1. Öl	4,10	53	35,0
2. Strom	1,60	21	13,5
3. Lohn	1,00	13	8,5
4. Reparatur etc.	1,00	13	8,5
5. Σ variabel	7,70	100	
6. Σ Fixkosten	+ 4,00		34,5
7. Gesamtkosten	11,70		100

Private und genossenschaftliche Betriebe in Frankreich, Dänemark und Holland haben diese Kosten. Wenn dagegen von deutschen Genossenschaften Trocknungskosten bis zu 18 DM/dz Trockengut erhoben wurden und werden, so liegt der Grund hierfür in zu hohen und ungünstigen Investitionen, zu hohem Personalbestand, zu geringer Jahresauslastung, zu vielen Unterbrechungen des Trocknungsbetriebes, zu vielen Einzelchargen mit unterschiedlicher Qualität der Rohware.

In Tafel 2 sind (in der Größenordnung richtig) pauschal 4 DM Fixkosten/dz Trockengut eingesetzt worden. Dieser Wert bezieht sich auf eine Anlagengröße von mindestens 5 t/h Wasserverdampfungsleistung und 2500 Betriebsstunden im Jahr. Weiterhin kann angenommen werden, daß die variablen Spezialkosten<sup>2</sup>) des

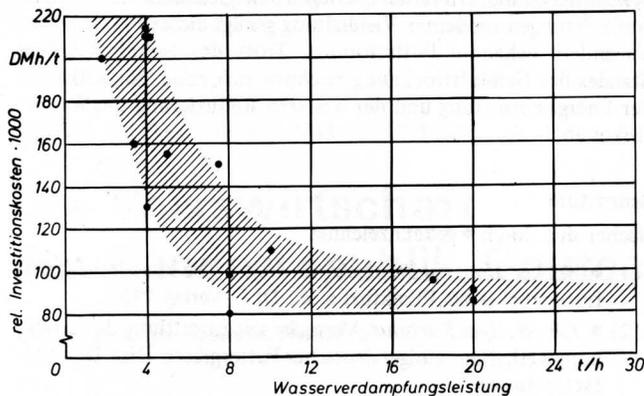
1) Das Stärkeäquivalent gibt die physiologische Wirkung – in Form von Fettansatz an ausgewachsenen Ochsen – des jeweiligen Futters an, und zwar ausgedrückt in der für die gleiche Wirkung erforderlichen Masse an Stärke; die Bezugsmasse des Futters beträgt in Deutschland 1 kg.

Beispiel: 1 kg Grünfutter erzeuge 25 g Fett;  
25 g Fett würden auch durch 100 g Stärke entstehen.  
Dann betrüge das Stärkeäquivalent 100.

Das Stärkeäquivalent wird vielfach in Deutschland auch als Stärkeeinheit bezeichnet, ein irreführender Begriff, da es sich um eine äquivalente Massenangabe und nicht um eine Einheit handelt. (Die Schriftleitung)

2) Mit den variablen Spezialkosten werden nach *Woermann* diejenigen Kosten bezeichnet, die eindeutig einem bestimmten landwirtschaftlichen Produktionsverfahren zuzuordnen sind (z. B. Saatgut, Düngung, variable Maschinenkosten sowie Fixkosten aus speziellen Einrichtungen zur Durchführung des Verfahrens).

**Bild 9.** Relative Investitionskosten =  $\frac{\text{Investition}}{\text{stündl. Wasserverdampfung}}$



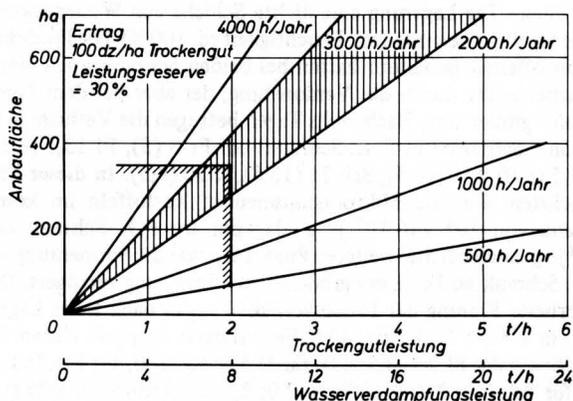
Grüngutanbaus den Doppelzentner Trockengut mit 6 DM/dz belasten. Somit wird also der dz Trockengut von einem guten Betrieb für insgesamt 17,70 DM Gesamtkosten/dz gewonnen. Daraus errechnen sich die Kosten je kg Stärkeeinheit zu nur 35,4 Dpf. Die Angabe je kg Stärkeeinheiten ist zwar problematisch, doch ist es ein Wert, wie er von der Silage her bekannt ist und deshalb (unter Vorbehalt) zum Vergleich herangezogen werden kann. Seine Größenordnung beweist, daß die Heißlufttrocknung zum Herstellen von Trockengrünung auch wirtschaftlich sehr interessant ist. Die geschilderten Zusammenhänge wurden in neuer Zeit auch von G. Kretzschmar [9] und M. Oehring [10] herausgestellt.

Welche Möglichkeiten der Kostensenkung zeichnen sich ab? Die Fixkosten seien wegen ihres entscheidenden Einflusses auf die Gesamtwirtschaftlichkeit vorweg betrachtet. Die relativen Investitionskosten, d.h. hier die auf die Wasserverdampfungsleistung bezogenen Kosten, ändern sich mit der Anlagengröße, Bild 9. Diese Kosten sind hauptsächlich wegen der leistungsabhängigen Aufwendungen (z.B. Wegebau, Trafostation) im unteren Leistungsbereich sehr hoch.

Wie groß soll jedoch eine Anlage gewählt werden: Bei bekannter Anbaufläche, Durchschnittserträgen von 100 kg Trockenmasse/ha und 2000 bis 3000 Jahresbetriebsstunden läßt sich leicht die erforderliche Wasserverdampfungsleistung für die jeweilige Fläche bestimmen, Bild 10.

Werden die bisher aufgezeigten Abhängigkeiten zusammengefaßt, ergeben sich für den Fixkostenanteil der Trocknungskosten die Werte nach Bild 11.

Es zeigt sich bezüglich der Größe der Anlage die gleiche Tendenz wie bei den relativen Investitionskosten, aber darüber hinaus auch der große Einfluß verschieden hoher jährlicher Betriebsstundenzahlen.

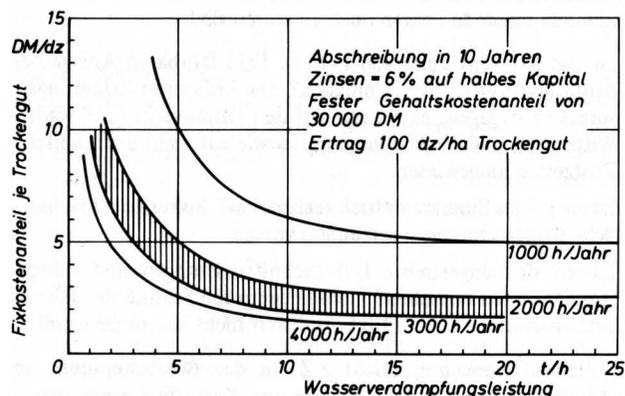


**Bild 10.** Anlagegröße = f(Fläche und Jahres-Betriebsstundenzahl). Bei 8 t/h Wasserverdampfungsleistung ist die untere Grenze für günstige rel. Investitionskosten eingezeichnet worden

Die variablen Trocknungskosten lassen sich durch verfahrenstechnische Maßnahmen beeinflussen. Allein 74 % derselben entfallen auf die Energiekosten, vgl. Tafel 2. Diese lassen sich theoretisch durch eine „mechanische Vorentwässerung“, einen „Wärmerückgewinn“ und einen „geringstmöglichen spez. Wärmeverbrauch“ reduzieren.

Untersuchungen zur mechanischen Vorentwässerung von Grünung sind im vollen Gange; eine endgültige Beurteilung der bisherigen Ergebnisse ist sehr schwer, denn es müssen die mit der mechanischen Vorentwässerung einhergehende Reduzierung des Wetterrisikos sowie unvermeidliche Nährstoffverluste in Geldwert ausgedrückt werden. Arbeiten zum Wärmerückgewinn bei der Trocknung wasserreicher landwirtschaftlicher Produkte stehen noch aus. Für Getreide liegt eine diesbezügliche Arbeit von F. Bretzke [11] vor.

Der spez. Wärmeverbrauch erreicht bei der Trocknung von Grünung in den heutigen Trommeltrocknern mit 700 bis 900 kcal/kg verdampften Wassers sehr günstige Werte. In diesen niedrigen Werten drückt sich der Vorteil der Heißlufttrocknung aus. Die Trocknungsluft nimmt durch die hohen Anfangs-Temperaturen rd. 350 g Wasser/kg Luft auf; die je Trockervolumen erzielte Verdampfungsleistung ist – bedingt durch die hohen Temperaturdifferenzen – sehr hoch.



**Bild 11.** Fixkosten bei Heißluft-Grünguttrocknung je 100 kg Trockengut.

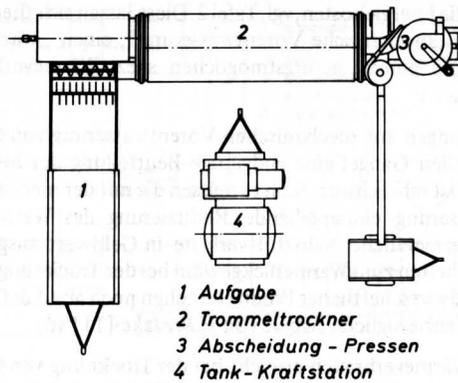
Durch die z.Z. üblichen spez. Energiekosten für Strom und Öl bieten sich konkrete Möglichkeiten einer Energiekosten-Einsparung. Weil in der Bundesrepublik die Energieeinheit aus Strom noch fast das Zehnfache derjenigen aus Öl kostet, betragen bei der Heißlufttrocknung die Stromkosten rd. 30 % der Gesamtenergiekosten, obwohl ihr Anteil am Gesamtenergieverbrauch nur rd. 5 % beträgt. Aus diesem Grunde ist ein „Energieverbund“ zwischen der thermischen und mechanischen Energie anzustreben.

Die mechanische Energie sollte mit Hilfe von Verbrennungsmaschinen erzeugt werden; entstehende Verlustwärme (Abgas und Kühlung) könnte dem Trocknungsprozeß direkt zugeführt werden. Es ergäben sich bei einer wirtschaftlich sinnvollen Jahresproduktion von 3000 t TG/a und einer Anlage mit 5 t/h Wasserverdampfungsleistung jährliche Einsparungen von 30000 bis 40000 DM, denen einmalige Mehrinvestitionen von nur rd. 40000 DM gegenüberstehen. Bei diesen Überlegungen wird davon ausgegangen, daß die Dieselmotoren Ölkosten von 0,20 DM/kg verursachen. Im Ausland haben Heizöl- oder Heizgas-Motoren Betriebskosten von nur rd.  $1,4 \cdot 10^{-3}$  Dpf/kcal bzw. von 0,14 DM/kg Öl.

Angeregt durch die beschriebenen Erfolge in der Verfütterung von heißluftgetrockneten Grünungsbriketts haben die Trockenanlagenhersteller wieder „fahrbare“, oder besser gesagt „versetzbare“, Anlagen auf den Markt gebracht, Bild 12.

Insbesondere durch Einsparungen an Gebäuden werden bei Wasserverdampfungsleistungen von 2 bis 3 t/h relative Investitions-

**Bild 12.** Schema einer versetzbaren Trommeltrocknungsanlage.



kosten von nur rd. 70000 DM h/t angegeben. Damit hätten sie zumindest die Aussicht, ähnlich wirtschaftlich wie Großanlagen zu arbeiten. Aus bisher theoretischen Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergeben sich sogar Trocknungskosten von rd. 10 DM/dz TG. Die mechanische Energie wird hier wegen des Feldbetriebes mit Verbrennungsmotoren erzeugt. Die Leistung der fahrbaren Trockner ist auf die heutigen Erntemaschinen und etwa 100 ha Anbaufläche abgestimmt. Diese Anlagen sollten möglichst bald genau untersucht werden, da folgende Fragen noch zu klären sind:

1. Ist das Konzept einer von Feld zu Feld fahrbaren Anlage bei deutschen Verhältnissen möglich? Die bisherigen Erfahrungen sprechen dagegen; es sei nur auf den Öltransport (250 kg/h), Witterungs- und Wegebedingungen sowie auf nicht unerhebliche Rüstzeiten hingewiesen.
2. Ist ein echter Einmannbetrieb realisierbar? Bisherige Wirtschaftlichkeitsberechnungen setzen ihn voraus.
3. Lassen sich angestrebte Durchschnittsleistungen und Jahresstundenzahlen erreichen? Gerade der große Einfluß der Jahresbetriebsstunden auf die Fixkosten darf nicht übersehen werden.

Die Heißlufttrocknung erlebt z.Z. in der Bundesrepublik im Zusammenhang mit der Trocknung von Kartoffeln einen neuen Aufschwung. Unsere Nachbarländer haben in den vergangenen zehn Jahren, aus der richtigen Einschätzung der klimatischen und betriebswirtschaftlichen Verhältnisse heraus der Heißlufttrocknung

von Grüngut große Aufmerksamkeit geschenkt. Durch sie läßt sich heute, insbesondere für die Rindviehhaltung, ein hochwertiges Grundfutter herstellen, das fütterungstechnisch und wirtschaftlich bekannten Grundfutterarten überlegen bzw. gleichzusetzen ist. Den Anforderungen moderner Viehhaltung genügt dieses Futter besser als andere bekannte Futterformen. Trotz des technisch hohen Standes der Heißlufttrocknung zeichnen sich neue Möglichkeiten der Energieeinsparung und der weiteren Reduzierung des Wetterrisikos ab.

#### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] ● *Wacker, Hans, u. Bernhard v.d. Mosel:* Die künstliche Grünfütterungstrocknung. Frankfurt a.M.: DLG-Verlag 1957.
- [2] ● *Tuncer, Ilyas Kurtulus:* Versuche zur Ermittlung des Trocknungsverhaltens einiger deutscher Futtergräser. Diss. Universität Göttingen.
- [3] *Maltry, W.:* Untersuchungen an Trommeltrocknern mit Kreuzeinbauten. Dtsch. Agrartechnik 19 (1969) Nr. 1.
- [4] ● *Krischer, O., K. Kröll:* Trocknungstechnik. Bd. I u. II. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag 1959.
- [5] ● *Kneule, Friedrich:* Das Trocknen. 2. Aufl. Aarau u. Frankfurt a.M.: Verlag H.R. Sauerländer 1959.
- [6] ● *Maltry, W., E. Pötke u.a.:* Landwirtschaftliche Trocknungstechnik. 1. Aufl. Berlin: VEB-Verlag Technik 1962.
- [7] *von Nordenskjöld, Reinhart:* Wo steht die Kartoffeltrocknung heute? Der Kartoffelbau (1968) Nr. 11, S. 320/22, Hrsg. Förderungsgemeinschaft für die Kartoffelwirtschaft e.V. Hamburg.
- [8] *von Nordenskjöld, Reinhart:* Trocknung von Kartoffeln zu Futterzwecken, Notwendigkeit, Stand und Forschungsaufgaben. Vortrag gehalten am 5. Tag der Kartoffelforschung. Förderungsgemeinschaft der Kartoffelwirtschaft e.V. Hamburg 1968.
- [9] *Kretzschmar, G.:* Mit Trockengrün zu neuen Ufern. Mitt. der DLG (1969) Nr. 27, S. 882.
- [10] *Oehring, Manfred:* Neue Perspektiven in der Trockengrün-erzeugung. Bericht des Fachverbandes landw. Trocknungs-werke e.V. Kiel 1969.
- [11] ● *Bretzke, Fritz:* Die Getreidevakuumtrocknung. Diss. T.H. Hannover Nov. 1966.

## Relative Feuchtigkeit im Kühlschrank beeinflusst Haltbarkeit von Lebensmitteln

Kühlschränke mit einem „Feucht-Kälte-System“ (F.-K.-Schränke), in denen sich eine doppelt so hohe relative Luftfeuchtigkeit einstellt (rd. 71 %) wie bei üblichen Kühlschränken (rd. 43 %), sollen das Austrocknen unverpackter Lebensmittel vermindern. Die Untersuchungen über den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Haltbarkeit und Frischwertigkeit von solchen Lebensmitteln bezogen sich u.a. auf gekochtes Hackfleisch, Frikadellen (Fr), gekochten Schinken (Sch), Fleischwurst (Fl), rohe Möhren (M), Erdbeeren (E) und gekochte Salzkartoffeln (K). Die Waren wurden bei 5 °C in offenen oder verschlossenen Plastikbehältern gelagert und in bestimmten Zeitabständen gewogen, mikrobiologisch untersucht sowie von fünf geschulten Personen sensorisch geprüft, nachdem die zubereiteten Lebensmittel hausüblich erwärmt und die anderen 2 bis 3 h außerhalb des Kühlschranks gestanden hatten. Im konventionellen Kühlschrank (konv. Schrank) erreichte die Feuchtigkeit nach rd. 7 h einen konstanten Wert; im

F.-K.-Schrank war die Zeit im Mittel doppelt so lang. Die geschlossenen Plastikbehälter zeigten in beiden Kühlschränken nach einem Tag Lagerung eine dichte Schicht von Wassertropfen an der Deckelinnenseite (rel. Feuchtigkeit rd. 100 %). Die Produkte in den offenen Behältern hatten bei beiden Schranktypen einen Gewichtsverlust durch die Verdunstung, der aber bei dem konv. Schrank größer war. Nach sechs Tagen betragen die Verluste in % im konv. Schrank (im F.-K.-Schrank) bei Fr 8 (5), Fl 13,5 (8,5), M 13,5 (6,0), E 10 (4,5), Sch 21 (13,5), K 20 (8,5). In dieser Zeit vermehrten sich die Mikroorganismen in Kartoffeln im konv. Schrank von  $10^4$  auf  $10^7$  je g, dagegen im F.-K.-Schrank auf  $10^{8,5}$  je g; auch bei drei weiteren Produkten war die Vermehrung im konv. Schrank als Folge der größeren Austrocknung verzögert. Die sensorische Prüfung der Frischwertigkeit ergab nach sechs Lagerungen in 100 %; 71 % bzw. 43 % Feuchtigkeit folgende Noten für Fr 7; 8; 10, für Fl 2,7; 3,3; 4,0, für M 5,5; 6,8; 8,0, für E 1,2; 1,5; 1,8, für Sch 2,0; 2,3; 2,6, für K 2,0; 2,3; 3,4 (Noten: 9 sehr gut, 6 befriedigend, 4 kleine Mängel, 2 schlecht, 0 verdorben). Die Haltbarkeitsverlängerung im F.-K.-Schrank ist also im Vergleich gering, andererseits sind die Lebensmittel weniger ausgetrocknet.

KR 22279

*Schmidt-Lorenz, W.:* Der Einfluß unterschiedlicher relativer Luftfeuchtigkeit im Kühlschrank auf die Haltbarkeit und Erhaltung der Frischwertigkeit von Lebensmitteln. Kältetechn.-Klimatisierung Bd. 21 (1969) Nr. 6, S. 155/62.