

# Die Trocknung von Abfallstoffen der tierischen Produktion

Von Anton G. Meiring und F.B. Hesse, Guelph\*)

DK 636.004.8:628.5:66.047:66.074.8

Konzentrierte Tierhaltungen gehen wegen mangelnder Betriebsfläche häufig dazu über, die tierischen Abfälle zu trocknen und als Dünger oder auch als Futtermittelzusätze zu vermarkten. Wegen des hohen Anfangswassergehaltes ist eine direkte Heißlufttrocknung meistens unrentabel. Billige mechanische Trennverfahren oder in Hühnerställen auch eine Vortrocknung mit Stallluft können die Gesamtkosten soweit verringern, daß ein konkurrenzfähiges Produkt entsteht. Die bei der Heißlufttrocknung in beträchtlicher Konzentration freigesetzten Emissionen lassen sich in einem Nachbrenner bei hohem Luftverhältnis und Temperaturen von mindestens 650° C sicher beseitigen. Über die Hälfte der dazu benutzten Wärme läßt sich über Wärmetauscher für die Trocknung zurückgewinnen. Trocknungstemperaturen über 450° C führen zu Trocknerbränden.

Die Ausweitung der Betriebskapazitäten hat sowohl in der Landwirtschaft als auch in der Nahrungsmittelindustrie zu bisher nicht gekannten Emissionsproblemen geführt. Konzentrierte Tierhaltungen besitzen zum Beispiel oft nicht mehr genügend eigene Betriebsfläche, um die Abfälle in traditioneller Weise als natürlichen Dünger der pflanzlichen Produktion wieder zuführen zu können. Moderne Großmolkereien können Nebenprodukte wie Molke nicht mehr wie noch vor wenigen Jahrzehnten als Futtermittel an die anliefernden Betriebe zurückgeben. Zuckerfabriken, die bisher ihre Abwässer ungeklärt in das allgemeine Wassernetz abgeleitet haben, geraten jetzt deswegen unter zunehmenden Druck der öffentlichen Meinung. Weitere Beispiele ungelöster Immissionsprobleme ließen sich leicht anführen.

Ein Abbau der aus Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie anfallenden Abfallstoffe in kommunalen Anlagen bereitet beträchtliche Schwierigkeiten. Er würde in vielen Klein- und Mittelstädten zu einer Überlastung der Anlagen führen. Eine Hühnerhaltung mit 60000 Legehennen erzeugt zum Beispiel die gleiche Menge organischer Abfälle wie eine Stadt mit etwa 10000 Einwohnern. Nicht nur in Anbetracht des Kapazitätsmangels erhebt sich daher die Frage, ob Abfälle mit so hoher Konzentration an pflanzlichen oder tierischen Nährstoffen nicht zu handelsfähigen Düng- oder Futtermitteln verarbeitet werden sollten. Solche Verfahren werden besonders im Ausland von Hühner- und Rindviehhaltungen praktiziert [1 bis 6].

\*) Dr. Anton G. Meiring ist Professor für Food Engineering in der School of Engineering der University of Guelph in Guelph, Ontario, Kanada. Ing. (grad.) Franz B. Hesse, M.Sc. war dort bis 1973 Research Engineer und ist jetzt Versuchsingenieur bei der Daimler-Benz AG in Gaggenau.

## 1. Trocknungsanlagen für Abfälle

In vielen Fällen werden die Abfälle in konventionellen Trommel- oder Hordentrocknern mit Heißluft mit Rauchgasbeimischung getrocknet. Ein solches Verfahren ohne Nachverbrennung der in der Trocknungsluft enthaltenen Geruchsubstanzen und Staubteilchen führt zu erheblichen Beeinträchtigungen der Luftqualität in der Umgebung des Trockners. Neuere Entwicklungen von Spezialtrocknern besitzen daher Nachbrennsysteme. Eine solche Anlage wird von der Weldon Organic Fertilizers Company, einem Lohnunternehmen mit Abholdienst für Abfälle aus Hühnerhaltungen, in Methwold, England, betrieben. Die Abluft des Trockners mit einer Stundenleistung von 10 Tonnen wird in einem Nachbrennaggregat mit Hochdruckgasbrennern auf ca. 600° C erhitzt und über einen ca. 30 Meter hohen Schornstein in die Atmosphäre entlassen. Auf eine Wiedergewinnung von Abwärme wird zugunsten eines stärkeren Auftriebes verzichtet.

Die von der englischen Firma Douglas-Rowson in Basingstoke, Hampshire, hergestellte Trocknungsanlage arbeitet mit einer Brennkammer, in der die im Abgas enthaltenen Geruchsstoffe und der Staub unter Frischluftzufuhr oxydiert werden, Bild 1. Ein Teil des Rauchgas-Luftgemisches wird zum Trockner zurückgeführt. Der andere Teil durchläuft vor dem Eintritt in den Schornstein einen Wärmeaustauscher, in dem ein Teil der Abwärme zum Vorwärmen der Trocknungsluft genutzt wird. Das Frischgut wird vor der Trocknung mit Trockengut vermisch, um ein besseres Förder- und Trocknungsverhalten zu erzielen.

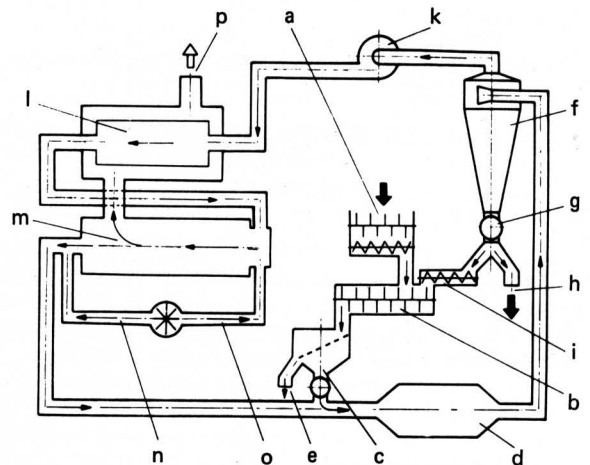


Bild 1. Trocknungsanlage für Abfälle der Fa. Douglas-Rowson Comp. (schematische Darstellung nach Firmenangaben).

- |                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| a Frischgutzufuhr          | i Rückführschnecke                 |
| b Rückmischanlage mit Sieb | k Hauptgebläse                     |
| c Zellenrad                | l Wärmeaustauscher                 |
| d Trockner                 | m Brennkammer                      |
| e Federwurf                | n Frischluftzufuhr zum Trockner    |
| f Zyklon                   | o Frischluftzufuhr zur Brennkammer |
| g Zellenrad                | p Schornstein                      |
| h Trockengutauslaß         |                                    |

Mit einem Nachbrenner und Rückmischung von Trockengut arbeitet auch der von einer amerikanischen Firma hergestellte OPCCO-Trockner [7]. In diesem Trockner werden die bei der Heißlufttrocknung durch Verkrustung entstehenden Gutsaggregate von Rüttelsieben zurückgehalten und einer Hammermühle zugeführt, darin zerkleinert und zur Nachtrocknung zum Trocknereingang zurückgeworfen, Bild 2.

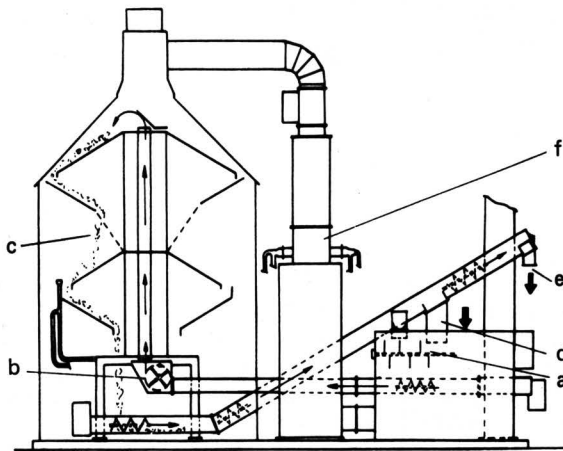


Bild 2. Schematische Darstellung des OPCCO-Trockners, nach Wenger [7].

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| a Mischanlage                       | d Auslaß für Rückmischung von Trockengut |
| b Hammermühle                       | e Trockengutauslaß                       |
| c Heißlufttrockner mit Rüttelsieben | f Nachbrenner und Heizanlage             |

Die Trocknungsanlage der A/S Atlas, Kopenhagen, Dänemark, besitzt zwei Brennkammern, Bild 3. In diesem System wird ebenfalls ein Teil der Trocknungsluft über das Hauptheizaggregat zum Trockner zurückgeführt. Der andere Teil wird über eine zweite Brennkammer in die Heiztrommel für die Sterilisierung des Trockengutes geleitet. Auch in diesem Trockner wird das Naßgut mit Trockengut aufgemischt.

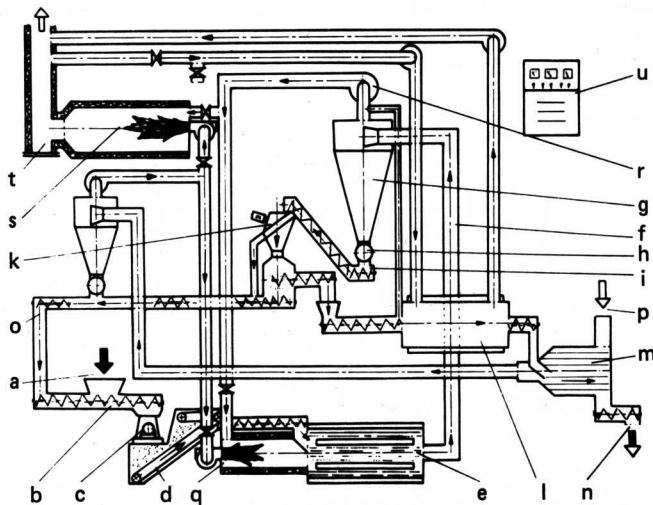


Bild 3. Trocknungsanlage der Fa. A/S Atlas, Kopenhagen, nach Firmenunterlagen.

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| a Frischgutzufuhr      | l Sterilisierungstrommel     |
| b Mischschnecke        | m Kühltrommel                |
| c Mischanlage          | n Trockengutauslaß           |
| d Mischgutzufuhr       | o Rückführschnecke           |
| e Trommeltrockner      | p Frischluftzufuhr           |
| f Trockengutleitung    | q Brennkammer                |
| g Trockengutabscheider | r Hauptgebläse               |
| h Zellenrad            | s Brennkammer                |
| i Förderschnecke       | t Schornstein                |
| k Rüttelsieb           | u Vollautomatische Steuerung |

Weitere Systeme, die sich im Prinzip nicht wesentlich von den oben beschriebenen unterscheiden, ließen sich anführen. Auch Walzentrockner und Trommeltrockner mit Schneckenförderung werden bei der Abfalltrocknung eingesetzt [8, 9].

Die Wirtschaftlichkeit der Abfalltrocknung wird durch die bisher beschränkte Verwendungsfähigkeit des getrockneten Gutes und besonders durch die hohen Anfangswassergehalte beeinträchtigt. Einfache mechanische Verfahren zur Abtrennung der Flüssigkeit oder auch eine einfache vorgeschaltete Belüftungstrocknung besonders in Hühnerhaltungen bieten Möglichkeiten zur Kostensenkung. Bressler und Bergmann [10] entwickelten ein Verfahren zur Vortrocknung, mit dem sich bei sehr geringen Kosten mehr als zwei Drittel des anfänglich in Hühnerfäkalien enthaltenen Wassers während der Lagerung unter den Käfigen verdunsten lassen. Oheimb [11] beschreibt ein Verfahren, das mit einer geringen Aufheizung der Fäkalien arbeitet.

## 2. Trocknungsversuche mit tierischen Abfällen

Die Heißlufttrocknung vortrockneter Hühnerfäkalien wurde im Rahmen eines interdisziplinären Programmes in der Pollution Control Research Station der University of Guelph in folgenden drei Punkten näher untersucht:

1. Trocknungsverhalten des Gutes im Heißlufttrockner
2. Einfluß der Gutserwärmung auf die Nährstoffqualität
3. Beseitigung der bei der Heißlufttrocknung entstehenden Geruchsemissionen.

Die Vortrocknung der Fäkalien erfolgte mit einem Belüftungssystem. Warme Stallluft wurde in Deckennähe abgesaugt und in zwei großvolumige, durch Abdecken vorhandener Gruben erstellte Kanäle unterhalb der Käfigreihen gefördert, Bild 4. Die Luft konnte durch Belüftungsreiter an den Längsseiten des Kanals austreten und die auf den Kotbrettern liegenden Fäkalien bestreichen. Diese Anlage war für den Zeitraum eines Jahres in Betrieb. Die thermostatisch gesteuerte Stallbelüftungsanlage blieb während dieser Zeit im normalen Betriebszustand. Während des Versuchszeitraumes von etwa einem Jahr betrug der Wassergehalt der Fäkalien auf den Kotbrettern kontinuierlich 50 bis 55 %. Bei einem Anfangswassergehalt von 75 bis 80 % und einem Wasseraufnahmevermögen der Stallluft von 1 bis 2 g pro kg Luft wurde also durch das Belüftungssystem mehr als die Hälfte der ursprünglichen Feuchtigkeit entzogen. Der Wasserentzug bewirkte eine Reduzierung der mikrobiellen Zersetzungs Vorgänge und trug damit zu einer deutlichen Verbesserung des Stallklimas bei.

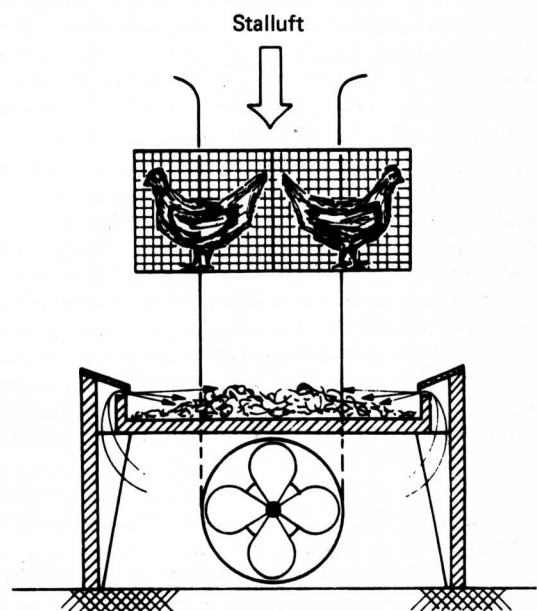
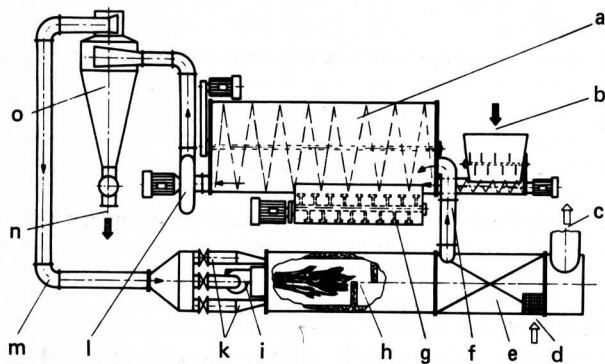


Bild 4. Aufbau der Unterkäfigbelüftung zur Kottrocknung.

Die vorgetrockneten Abfälle wurden in einem Heißlufttrockner auf einen Endwassergehalt von ca. 14 % getrocknet. Dieser Versuchstrockner verursachte keine störenden Emissionen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die Trocknertrommel aus Gründen der besseren Abdichtung fest aufgebaut. Innerhalb der Trommel, die auf der Saugseite des am Trocknerausgang angebrachten Wurfgebläses liegt, **Bild 5**, herrschte dauernd Unterdruck bezogen auf die umgebende Atmosphäre. Durch eventuell vorhandene Lecks konnte also lediglich Luft in den Trockner einströmen. Eine langsam rotierende Schnecke sorgte für den Transport des Trocknungsgutes in der Trommel. Im ersten Drittel der Trommel befand sich eine querfördernde Schlegeltrommel, in der nach der anfänglichen Oberflächentrocknung die Gutsaggregate bei hoher Umdrehungsgeschwindigkeit zerkleinert wurden. Dieser Vorgang führte nicht nur zu einer Ausschaltung des mit der Verkrustung zunehmenden Diffusionswiderstandes innerhalb der Gutsteilchen, sondern wegen der intensiven Verwirbelung und bei gleichzeitig vergrößerter spezifischer Guts Oberfläche auch zu einer Erhöhung der konvektiven Austauschvorgänge.

Auf der Druckseite des Wurfgebläses war eine vollständige Abdichtung der Förderwege verhältnismäßig leicht zu verwirklichen. Die vom Trockengutabscheider kommende, mit Staub und überriechenden Gaskomponenten beladene Luft wurde über Regelventile des Verteilers in die Brennkammer geleitet. Die Verbrennung dieser Substanzen erfolgte aus Versuchsgründen mit Propangas. Zwecks intensiver Vermischung der Rauchgase besaß die hintere Hälfte der Brennkammer alternierende Querwände. In dem daran anschließenden Röhrenwärmetauscher wurden ca. 55 % der zugeführten Wärmeenergie für den Trocknungsprozeß zurückgewonnen. Auf eine Rückmischung von Trockengut, die zusätzliche Regelgeräte erfordert, wurde verzichtet.



**Bild 5.** Versuchsanlage zur Kottrocknung.

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| a Trocknertrommel mit Schnecke | h Brennkammer                    |
| b Naßgutbehälter mit Schnecke  | i Gasbrenner                     |
| c Schornstein                  | k Luftverteilsystem              |
| d Frischlufteinlaß             | l Wurfgebläse                    |
| e Wärmeaustauscher             | m Abluftkanal                    |
| f Heißluftkanal                | n Trockengutauslaß mit Zellenrad |
| g Schlegeltrommel              | o Trockengutabscheider           |

### 3. Analyse des Trocknungsvorganges

Bei der Analyse des gekoppelten Wärme- und Stoffaustausches wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

1. Die Schlegeltrommel bewirkt mit der intensiven Verwirbelung eine gleichmäßige Gutsverteilung über dem Trommelquerschnitt.
2. Die Trocknungsluft verteilt sich gleichmäßig über dem Trommelquerschnitt.
3. Es existieren keine Feuchtigkeits- und Temperaturgradienten senkrecht zur Fließrichtung des Trocknungsgutes.

4. Durch den Zerkleinerungsprozeß der Schlegeltrommel verringern sich die Biotzahlen für den Stoffübergang soweit, daß Feuchtigkeits- und Temperaturgradienten innerhalb der Gutsteilchen vernachlässigt werden können.
5. Der Trocknungsvorgang verursacht keine nennenswerten chemischen Umsetzungen im Gut.

Unter der Bedingung eines konstanten Luft- und Gutsdurchsatzes lassen sich die Luft- und Gutsfeuchte, sowie die Luft- und Guts-temperatur als Funktionen des im Trockner zurückgelegten Weges, **Bild 6**, durch folgendes Gleichungssystem beschreiben [12, 13, 14]:

$$\frac{dT_L}{dx} = \frac{a F_G (1,0 - \epsilon)}{v_L \rho_L c_{pL} \epsilon} (T_G - T_L) \quad (1a)$$

$$\frac{dX_L}{dx} = \frac{\sigma F_G (1,0 - \epsilon)}{v_L \rho_L \epsilon} (X_{G1} - X_L) \quad (1b)$$

$$\frac{dT_G}{dx} = \frac{F_G}{v_G \rho_G \sigma} \left[ a (T_L - T_G) - r' \cdot \sigma (X_{G1} - X_L) \right] \quad (1c)$$

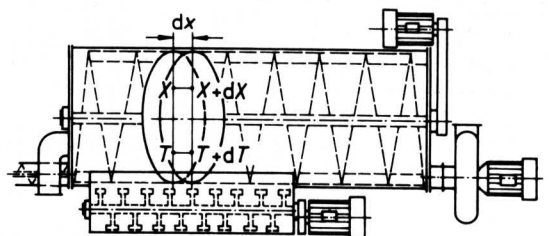
$$\frac{dX_G}{dx} = \frac{\sigma F_G}{v_G \rho_G} (X_{G1} - X_L) \quad (1d)$$

Darin sind

$$X_{G1} = 0,622 \frac{\varphi P_S}{P_{ges} - \varphi P_S} \quad (2)$$

$$\varphi = 0,47 \left[ \cos \pi/25 (100 X_G + 25) \right] + 1,0 \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{a}{c_{pL}} \frac{X_{G1} + 0,622}{0,622} \quad (4)$$



**Bild 6.** Bezeichnungen zur Analyse des Wärme- und Stoffaustausches in einem Volumelement der Trocknertrommel.

Das Gleichungssystem (1) gilt nur für den stationären Bereich. Es läßt sich leicht mit Digitalrechnern unter Verwendung impliziter numerischer Integrationsverfahren lösen. Mit den gemessenen Eingangswerten der Trocknungsluft, **Bild 7**, und den weiteren Betriebswerten, wie sie zum Beispiel in **Tafel 1** für einen typischen Trocknungsversuch angegeben sind, lassen sich die Gutsfeuchte und -temperatur, sowie Luftfeuchte und -temperatur berechnen und in Abhängigkeit von dem in der Trommel zurückgelegten Weg darstellen, **Bild 8**. Neben der Gutsfeuchte stand vor allem der Verlauf der Gutstemperatur im Vordergrund des Interesses. Die

Gleichgewichtsfeuchte der Luft in der Grenzschicht der Gutsteilchen und die relative Feuchte der Trocknungsluft nahmen schon im Bereich der Schlegeltrommel identische Werte an. Analog dazu vollzog sich die Annäherung der Luft- und Gutstemperaturen. Der Trocknungsprozess wurde also bereits vor dem Verlassen der Schlegeltrommel abgeschlossen. Das Gut erwärmte sich zunächst auf die Kühlgrenztemperatur, bei der die gesamte Wärmezufuhr für die Verdunstung von Gutsfeuchtigkeit verbraucht wird. Nach Beendigung des Stoffüberganges glichen sich Luft- und Guttemperatur an, blieben aber deutlich unter der Grenze von 100°C.

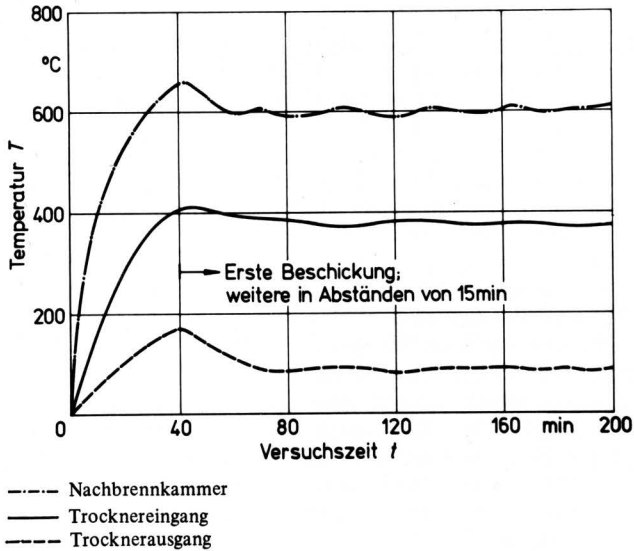


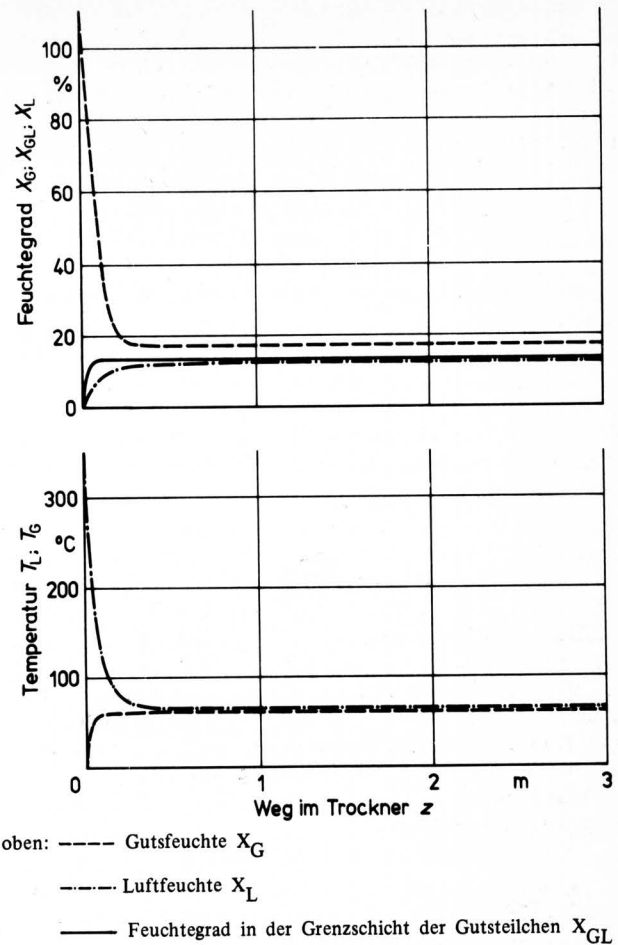
Bild 7. Verlauf der bei einem Trocknungsversuch gemessenen Lufttemperaturen.

Trocknerdurchsatz	100 kg/h
Anfangsfeuchte des Gutes (Feuchtbasis)	55 %
Endfeuchte des Gutes (Feuchtbasis)	13 ÷ 16 %
Gesamtwasserverdunstung	ca. 50 kg/h
Luftdurchsatz	ca. 850 kg/h
Lufttemperatur am Trocknereingang	ca. 385°C
Lufttemperatur am Trocknerausgang	ca. 80°C
Feuchtigkeitsgehalt der Abluft	61 g/kg tr. Luft
Wärmebedarf pro kg Wasserverdunstung	5000 ÷ 5900 kJ/kg

Tafel 1. Typische Trocknungsbedingungen und -ergebnisse

Eine sichere Sterilisierung des Gutes wird bei diesen Temperaturen nicht erreicht. Höhere Eingangstemperaturen der Trocknungsluft würden zu leicht erhöhten Gutstemperaturen und vor allem zu einer Beschleunigung des Trocknungsvorganges führen [12]. Temperaturen über 450°C würden jedoch die Gefahr von Staubexplosionen heraufbeschwören. Außerdem würden sich die Wärmeverluste erhöhen, da der Wärmeaustauscher nur ca. 55 % der Gesamtwärme für die Trocknung ausnutzen kann.

Die Nachverbrennung erfolgte durch Erhitzung der Abluft auf 650°C bei einem Luftverhältnis von  $\lambda = 5,3$ . Unter diesen Bedingungen waren keine Geruchs- oder Staubemissionen mehr festzustellen, die bei Temperaturen um 550°C in der Brennkammer bereits unerträgliche Werte annehmen. Die unangenehmsten aus der Eiweißzersetzung stammenden Geruchssubstanzen wie Skatole, Mercaptane sowie Schwefelwasserstoff verbrennen bei Temperaturen unter 500°C. Organischer Staub, der ebenfalls in beträchtlicher Konzentration vom Zyklon abgegeben wurde, hat eine Entzündungstemperatur von 450°C.



oben: ---- Gutsfeuchte  $X_G$

--- Luftfeuchte  $X_L$

— Feuchtegrad in der Grenzschicht der Gutsteilchen  $X_{GL}$

unten: ---- Gutstemperatur  $T_G$

--- Temperatur der Trocknungsluft  $T_L$

Bild 8. Verlauf der theoretisch ermittelten Temperaturen und Feuchtigkeiten in der Trocknertrommel.

#### 4. Wirtschaftlichkeit der Trocknung

Der Versuchstrockner wurde in der School of Engineering gebaut. Seine Kapazität entsprach aus Gründen der Versuchsplanung nicht den Ansprüchen, die sich aus den vorherrschenden Bestandsgrößen der Geflügelhalter ergeben. Die auf dieser Basis errechneten Festkosten der Trocknung waren daher nicht typisch für rein industrielle Verfahren. Sie wurden trotzdem zusammen mit den leicht zu ermittelnden Betriebskosten für eine Berechnung der Gesamttrocknungskosten benutzt. Dabei ergab sich, daß die Trocknung bei einer Anfangsfeuchte von 55 % und einer Endfeuchte von ca. 14 % (Feuchtbasis) 37,75 can. Dollar (102,00 DM\*) pro Tonne getrockneten Materials kostet [15]. Wird eine Unterkäftigtrocknung mit dem von Bressler [10] beschriebenen System auf ca. 30 % Anfangswassergehalt (Feuchtbasis) vorgenommen, ermäßigen sich die Gesamtkosten auf 10,20 can. \$/t (27,55 DM/t) bei vergleichbarer Gesamttrocknungszeit. Diese Einsparung würde sich dann über eine beträchtliche Vergrößerung der Trocknerleistung ergeben. Die Unterkäftigtrocknung verursacht in diesem Falle zusätzliche Kosten von ca. 1,50 can. \$/t (4,05 DM/t) [10].

Das Trockengut, das in seiner Konsistenz etwa handelsüblichem Getreideschrot entspricht, ist reich an mineralischen und organischen Nährstoffen. Handelsdünger mit einem vergleichbaren Gehalt an Nährstoffen kostet heute in Kanada etwa 40,00 can. \$/t (108,00 DM/t) [15]. Die Verwertung des Materials als Futterkomponente ist ausgezeichnet bei Wiederkäuern, wenn ein Anteil von

\* umgerechnet mit einer Parität von 1 can. \$ = 2,70 DM

20 % an der Gesamtration nicht überschritten wird [3]. Toxische Effekte wurden bisher nicht nachgewiesen. Es bedarf aber weiterer Forschungen in dieser Richtung.

Die Trocknung von Hühnerfäkalien kann bei geeigneter Vorbehandlung des Materials kostendeckend erfolgen. Sie kann daher als eine echte Alternativlösung betrachtet werden, wenn für eine direkte Ausbringung zu Düngezwecken nicht genügend Fläche zur Verfügung steht. Soll das Trockengut als Futtermittel verwendet werden, erscheint eine Sterilisierung bei Temperaturen über 100° C notwendig. Sie könnte in einem Zusatzgerät, das in die Trocknungsanlage eingebaut und mit Abwärme beheizt wird, vorgenommen werden.

#### Verwendete Formelzeichen

$\bar{\tau}$	Mittlere spez. Wärme des Gutes
$c_{pL}$	Spez. Wärme der Luft
$F_G$	Spez. Gutsoberfläche
$P_S$	Sättigungsdruck des Wassers
$P_{ges}$	Gesamtdruck
$r$	Verdampfungswärme der Gutsfeuchtigkeit
$T_L$	Lufttemperatur
$T_G$	Gutstemperatur
$v_L$	Luftgeschwindigkeit
$v_G$	Fließgeschwindigkeit des Gutes
$X_L$	Feuchtegrad der Luft
$X_{GL}$	Feuchtegrad der Luft in der Grenzschicht
$X_G$	Feuchtegrad des Gutes
$x$	Wegordinate in Richtung der Trommelachse
$a$	Wärmeübergangszahl
$\epsilon$	Hohlraumanteil des Trocknungsgutes
$\rho_G$	Dichte des Trocknungsgutes
$\rho_L$	Dichte der Luft
$\sigma$	Stoffübergangszahl
$\varphi$	relative Feuchte der Luft

#### Schrifttum

- [ 1 ] *Buchholtz H.F., H.E. Henderson, F.W. Thomas u. H.C. Zindel:* Dried animal waste as a protein supplement for ruminants. Proceedings of the International Symposium on Livestock Wastes. ASAE-Publication PROC-271 (1971) S. 308/10.
- [ 2 ] *Hodgetts, B.:* The effects of including dried poultry waste in the feed of laying hens. Proceedings of the International Symposium on Livestock Wastes. ASAE-Publication PROC-271 (1971) S. 311/13.
- [ 3 ] *Surbrook T.C., C.C. Sheppard, J.S. Boyd, H.C. Zindel u. C.J. Flegal:* Drying poultry waste. Proceedings of the International Symposium on Livestock Wastes. ASAE-Publication PROC-271 (1971) S. 192/94.
- [ 4 ] *Sheppard, C.C., C.J. Flegal, D. Dorn u. J.L. Dale:* The relationship of drying temperature to total crude protein in dried poultry waste. Michigan State University (1971) Mich. Agr. Expt. Sta. Res. Rep. 152, S. 12.
- [ 5 ] *Buchholtz, H.F. u. H.E. Henderson:* Dried poultry waste as a protein source for feedlot cattle. Michigan State University (1971) Mich. Agr. Expt. Sta. Res. Rep. 152, S. 28.
- [ 6 ] *Polin, D., S. Baighese, M. Neff, M. Gomez, C.J. Flegal u. H.C. Zindel:* The metabolizable energy value of dried poultry waste. Michigan State University (1971) Mich. Agr. Expt. Sta. Res. Rep. 152, S. 32.
- [ 7 ] *Wenger, H.:* The OPCCO drier. Agricultural Engineering Journal Vol. 53 (1972) No. 6, S. 16.
- [ 8 ] *Schirz, St. u.a.:* Geruchsbelästigung durch Nutztierhaltung. KTBL-Bauschrift 13 (1971) S. 177.
- [ 9 ] Firmenangabe der Mc Intyre & Sons Ltd, Harefield, Uxbridge, Middx., England.
- [ 10 ] *Bressler, G.O. u. E.L. Bergman:* Solving the poultry manure problem economically through dehydration. Proceedings of the International Symposium on Livestock Wastes. ASAE-Publication PROC-271 (1971) S. 81/84.
- [ 11 ] *Oheimb, R.A.:* Poultry manure odor reduction through low temperature dehydration. Thesis, Dept of Agr. Engineering, West Virginia University (1973) Morgantown, WV, USA.
- [ 12 ] *Meiering, A.G.:* Ein Beitrag zur numerischen Behandlung des gekoppelten Stoff- und Wärmeaustausches bei der Trocknung von Frischkompost. Grundlagen der Landtechnik, Bd. 20 (1970) Nr. 3, S. 71/76.
- [ 13 ] *Meiering, A.G., W.H. Clifford u. F.W. Bakker-Arkema:* Drying of a bed of composted waste. Transactions of the ASAE, Vol. 15 (1972) No. 1, S. 116.
- [ 14 ] *Hesse, F.B.:* Dehydration of poultry waste with afterburning of odorous exhaust compounds. Thesis, School of Engineering, University of Guelph (1973) Guelph, Ontario, Canada.
- [ 15 ] *Meiering, A.G., L.A. Rudgers, L. Walker u. F.B. Hesse:* Possibilities for utilization of dehydrated poultry manure. CSAE-Paper No. 73-220 (1973) Victoria B.C.