

dichten Schwimmedecke reichte, nachdem die Hälfte vermischt war, die Flüssigkeit der Gülle nicht mehr aus, und es mußte Wasser zugesetzt werden. Beschickt wurde der Strahlapparat durch eine Kolbenpumpe (Triplex), der Betriebsüberdruck lag bei 3,5 bis 4,0 at und die Fördermenge betrug 25 bis 30 m³/h. Betriebsstörungen traten durch Verstopfen der Düse dann auf, wenn feste Gegenstände mit der Gülle gefördert wurden, deren Durchmesser größer als die der Düsenweite waren. Die Einsatzgrenzen des Gerätes werden somit von der Größe der in der Gülle vorhandenen Fremdkörper und von der Förderleistung der Pumpe bestimmt. Der Einsatz ist im Rundbehälter bis 12 m Dmr. zu befürworten. Die Erprobung in Behältern mit größerem Durchmesser muß erst noch erfolgen, doch dürfte, wenn die entsprechende leistungsfähige Pumpe vorhanden ist, dem nichts im Wege stehen.

Das Gerät wird von der PGH des Schlosser- und Schweißhandwerks in (425) Eisleben hergestellt.

Zusammenfassung

Ausgehend von den Ergebnissen bei der Schwimmedeckenzerstörung bei dem Biogasverfahren und praktischen Ergebnis-

sen wurde zur Homogenisierung von Gülle der beschriebene Strahlapparat entwickelt. Er ist geeignet, Gülle mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt bis 8% ohne Wasserzusatz zu homogenisieren. Dabei wird die Gülle gleichzeitig als Arbeitsmittel benutzt und mit Hilfe einer Pumpe im Kreislauf umgepumpt. Bei Güllen mit über 8% TS-Gehalt muß zur Homogenisierung zusätzlich Wasser, Abwasser oder Jauche als Arbeitsmittel benutzt werden. Weitere Voraussetzungen sind Rundbehälter und stützenfreier Lagerraum. Unter den genannten Bedingungen ist der Einsatz in der Praxis zu empfehlen.

Literatur

- [1] SCHMIDT, F./EGGERGLUSS: Verfahren und Vorrichtung zum Zerstören und Ausbringen von Schwimmschlamm in Faulräumen. DBR-Patent Kl. 85c Gr. 6.05 Nr. 852378
- [2] KASSATKIN, A. G.: Chemische Verfahrenstechnik Bd. I. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig 1960
- [3] ROBEL, H.: Mechanische Verfahrenstechnik - Mischen flüssiger Systeme (Rühren). Technische Hochschule Otto-von-Guericke Magdeburg 1963
- [4] HÜDE, M.: Probleme der Güllewirtschaft im sozialistischen Großbetrieb. WTF (1964) H. 10 A 6891

Prof. Dipl.-Ing. E. PÖHLS, KDT* / cand. ing. CHR. FÜLL, KDT* / cand. ing. M. TÜRK, KDT*

Aufgaben und Ziele der Untersuchung

Im Jahre 1966 wurden vom Institut für Landtechnik der Universität Rostock in einer Trommeltrockner-Standardanlage wärmetechnische Messungen als Langzeitmessungen durchgeführt. Sie erfolgten aus betriebstechnischen und funktionellen Gründen in Satow, Bezirk Rostock, und hatten die Aufgabe, Grundlagen für die Aufstellung von Stoff- und Wärmebilanzen zu schaffen. Die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse lassen Schlußfolgerungen hinsichtlich der Gestaltung der Feuerungsanlage, der Bestimmung der Falschlufmenge, der Trocknerleistung, des Gesamtenergieaufwands, des Wirkungsgrades der Anlage und über konstruktive Änderungen an Trommeltrockneranlagen zu.

Insgesamt erfolgten sieben Versuche, wobei bei zwei Versuchen die Versuchsdauer 15,7 h bzw. 22,6 h betrug. An Gutarten wurden — in dieser Reihenfolge — Rübenblatt, Klee, Rübenblatt, Luzerne, Senf, Raps und Marktammkohl verarbeitet.

Beurteilung der Feuerungsanlage

In die Untersuchungen wurde die Feuerungsanlage mit einbezogen. Generell rechnet man z. B. bei Industrieöfen mit einem Wirkungsgrad der Kohlefeuerungsanlage $\eta = 0,90$ bis $\eta = 0,92$ [1]. Dieser Wirkungsgrad wurde bei der untersuchten Anlage nur im Versuch 1 ($\eta = 0,92$) erreicht. Der Durchschnittswert der 7 Versuche lag bei $\eta = 0,82$.

Es zeigte sich, daß diese ungünstigen Verhältnisse auf die Art der Feuerführung durch das Bedienungspersonal zurückzuführen sind. So betrug z. B. der Wirkungsgrad im Versuch 1 $\eta = 0,92$, während er im Versuch 7 nur $\eta = 0,75$ betrug. Die Schichthöhe der Kohle war in beiden Fällen mit 30 cm gleich hoch, so daß von dieser Seite aus kein subjektiver Einfluß vorlag.

Die zulässige Wärmeleistung der Feuerungsanlage von $6 \cdot 10^6$ kcal/h wurde in einem Versuch zwar geringfügig überschritten, ansonsten aber nicht erreicht.

* Institut für Landtechnik der Universität Rostock

Wärmetechnische Untersuchungen einer Trommeltrockner-Standardanlage

Beim Bau des Ofens könnten Mittel eingespart werden, wenn die gesamte durch den Trockner gehende Luft auch durch den Ofen strömen würde. Die Luft, die nach dem Wanderrost einströmt, z. B. durch die Mischklappen, die Naßgutzuführung oder durch den Spalt zwischen Ofenstützen und Trommel, bringt zwar keine direkten Wärmeverluste mit sich, so wie es manchmal behauptet wird; sie verursacht aber eine zusätzliche Belastung der Feuerungsanlage. Um eine bestimmte Lufteingangstemperatur einhalten zu können, muß die Wärmemenge, die aus dem Ofen kommt, erhöht werden, was eine Erhöhung der Feuerraum-Wärmebelastung zur Folge hat.

Bestimmung der Falschlufmenge [2]

Der aus 6 Versuchen ermittelte prozentuale Anteil der Falschluf an der gesamten durch die Trockentrommel strömenden Luft betrug 30% (Minimalwert 23% und Maximalwert 39%). Für die Bestimmung der Falschluf standen zwei Methoden zur Auswahl. Die eine, mit Hilfe von CO₂-Gehalt-Messungen vor und hinter der Trockentrommel erforderte großen manuellen Aufwand. Deshalb erfolgte die Bestimmung über das Mollier- i, x -Diagramm für feuchte Luft. Diese Methode, die in der Praxis noch keinen allgemeinen Eingang gefunden hat, soll im Folgenden beschrieben werden (Bild 1):

Punkt 1 gibt den Zustand der Ansaugluft wieder. Punkt 2 stellt den Zustand des Rauchgases dar, wenn eine Verbrennung des Heizmaterials ohne Luftüberschuß, d. h. $\lambda = 1$, erfolgen würde. Die Luftmengen der beiden Zustände wurden durch die Verbrennungsrechnung, die von den gemessenen Größen, dem CO₂-Gehalt der Rauchgase und der Brennstoffmenge sowie der Brennstoffanalyse ausgeht, bestimmt. Auf Grund dessen kann der Mischungspunkt, der dem Zustand des Rauchgases am Ofenaustritt theoretisch entspricht, bestimmt werden. Auf diese Weise wird der Zustandspunkt 3 gefunden. Die so ermittelte theoretische Rauchgastemperatur war bei allen Versuchen höher als die praktisch gemessene. Das liegt daran, daß sich die Verbrennung mit endlicher Geschwindigkeit vollzieht, so daß während der Verbren-

nungsdauer schon Wärme an die Umgebung abgeführt wird. Diesen Umstand kann man berücksichtigen, wenn man annimmt, daß sich das Rauchgas von der theoretischen Temperatur des Zustands 3 auf die wirklich gemessene abkühlt. Diese Zustandsänderung verläuft bei gleichem Wassergehalt $x = \text{const.}$ von Punkt 3 nach Punkt 4. Der Punkt 5 ist der Rauchgaszustand am Ende der Trockentrommel. Eine Zustandsänderung des Rauchgases während des Trocknungsvorgangs vom Zustandspunkt 4 zum Zustandspunkt 5 ist theoretisch nicht möglich, d. h., daß der Rauchgaszustand am Trockneranfang durch Zumischung von Raumluft (sogenannter Falschluff) gegenüber dem Zustandspunkt 4 verändert wird. Der wirkliche Zustandspunkt muß notwendigerweise auf der Mischungsgeraden 14 liegen. Nimmt man einen theoretischen Trocknungsverlauf bei gleicher Kühlgrenztemperatur an, muß der Zustand des Rauchgases am Trocknereintritt durch den Punkt 6 beschrieben werden. Die Falschluffmenge kann nun mit Hilfe der Mischungsregel für feuchte Luft errechnet werden:

$$\frac{m_F}{m_4} = \frac{x_1 - x_6}{x_6 - x_1} \quad [\text{kg/kg}] \quad m_F = \frac{x_1 - x_6}{x_6 - x_1} \cdot m_4 \quad [\text{kg}]$$

wobei

m_F Falschluffmenge [kg]

$x_1 \dots x_6$ absoluter Wassergehalt [kg/kg] sind.

Beurteilung der Trocknerleistung

Die für die Leistung des Trockners aussagekräftigste Größe ist die stündlich verdampfte Wassermenge. Der Mittelwert der durchgeführten Versuche lag bei einer Wasserverdampfung von 5300 kg/h, wobei der Maximalwert von 6500 kg/h bei Rübenblatt und der Minimalwert von 4150 kg/h bei Luzerne erreicht wurde.

Die Wasserverdampfungsleistung des Trockners ist nicht so sehr von der zugeführten Wärmeenergie, sondern in erster Linie von der Höhe der Rauchgas Eintrittstemperatur abhängig. Die Wärmeenergie ist für die Trocknung nur wertvoll, wenn sie mit hohen Temperaturen geliefert wird. Diese Tatsache wird durch das Daltonsche Gesetz der Trocknungsgeschwindigkeit bestätigt. Für den Trocknungsprozeß müßten also die Rauchgas-Eintrittstemperaturen so hoch gesteigert werden, wie es die zulässige Guttemperatur, die von der Tierernährung vorgeschrieben wird, (bereits bei 45 °C Guttemperatur beginnen Eiweißumsetzungen im Gut und damit Nährstoffverluste [3]) erlaubt, und die Rauchgasmenge müßte soweit herabgemindert werden, daß die relative Feuchte der Abluft (Ausdruck der Sättigung) entsprechend den Sorptionsisothermen immer so hoch ist, daß noch eine genügende Trocknung des Gutes gewährleistet wird. Angestrebt werden muß eine relative Feuchte des Abgases von 15 bis 20 % (in Satow erreicht: 10,5 % als Durchschnittswert von 6 Versuchen).

Ein anderes Problem entsteht mit der Verweilzeit des Gutes in der Trockentrommel. Im derzeitigen Zustand kann die Verweilzeit nur geringfügig durch die Erhöhung des Saugwindzuges verringert werden.

Dadurch vermindert sich aber die Eingangstemperatur, und die Wasserverdampfungsleistung würde erneut sinken. Andererseits muß auch darauf geachtet werden, daß die Sättigung der Abluft, d. h. deren relative Feuchte, nicht so gering wird, daß eine zu starke Übertrocknung des Gutes erfolgt.

Diese Verhältnisse können anhand zweier Versuche, bei denen Luzerne bzw. Rübenblatt getrocknet wurden, nachgewiesen werden (Tafel 1).

Für Luzerne wäre also eine kürzere Verweilzeit des Gutes in der Trommel nötig gewesen, um bei höheren Temperaturen trocknen zu können, bei gleichzeitiger Einhaltung der höchstzulässigen Trockenguttemperatur. Die Eingangstemperaturen ließen sich angleichen, wodurch die Wasser-

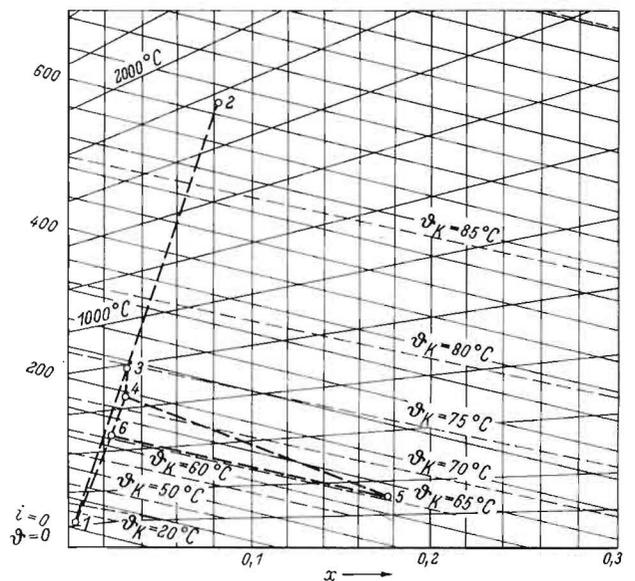


Bild 1. Theoretischer Verlauf des Trocknungsvorgangs im i, x -Diagramm

Tafel 1. Kennwerte zweier Trocknungsversuche

	Luzerne	Rübenblatt
Eingangstemperatur des Rauchgases [°C]	498	672
Rauchgasmenge [kg/kg Brennstoff]	48,00	28,49
Wasserverdampfung je h [kg/h]	4150	5535
relative Feuchte der Abluft [%]	9,4	9,9
Feuchtigkeit des Trockengutes [%]	5,4	13,9
Abgaswärmeverluste [%]	28,50	19,60

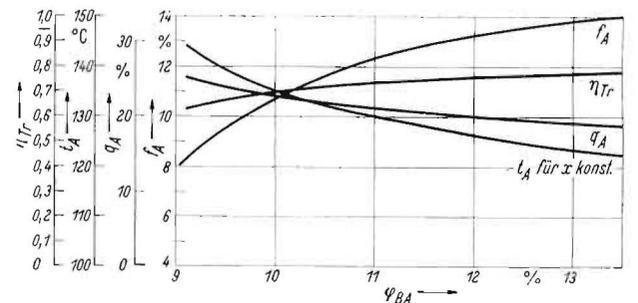


Bild 2. Darstellung der Abgasverluste q_A , der Trockengutfeuchtigkeit f_A , der Rauchgas-Ausgangstemperatur t_A und des thermischen Wirkungsgrades η_{Tr} in Abhängigkeit von der relativen Feuchtigkeit des austretenden Rauchgases ϕ_{BA}

verdampfungsleistung erhöht werden würde, eine Übertrocknung der Luzerne würde vermieden und die Abgasverluste könnten gesenkt werden.

Beurteilung des Gesamtenergieaufwands

Der mittlere Gesamtenergieaufwand betrug bei den durchgeführten Versuchen 1070 kcal/kg Wasserverdampfung. Dieses Ergebnis kann, gemessen an internationalen Maßstäben (erreicht werden 800 bis 900 kcal/kg bei Trommel-trocknern [4]), nicht völlig befriedigen. Bei der Auswertung der Versuche konnte man weiterhin erkennen, daß die spezifischen Energieaufwände sinken, wenn die Eingangstemperaturen groß und die Rauchgasmengen klein sind. Bei kleinen Rauchgasmengen wurden die Abgasverluste kleiner, die im Mittel 27,8 % betragen und also auch nicht internationalen Maßstäben entsprechen [4]. Eine Regulierung (z. B. Variation der Trommeldrehzahl) der Verweilzeit des Gutes im Trockner würde eine Verringerung des Gesamtenergieaufwands bringen.

Beurteilung des wärmetechnischen Wirkungsgrades für den Abschnitt Trockentrommel

Dieser Wirkungsgrad wird nach der folgenden Beziehung errechnet:

$$\eta_{Tr} = 1 - \frac{c_{pA} \cdot t_{\text{Ausgang}}}{c_{pE} \cdot t_{\text{Trommeleintritt}}} \quad [-]$$

wobei

- c_{pA} spezifische Wärme bei konstantem Druck der Rauchgase am Trocknerausgang [kcal/kg · °C]
- c_{pE} spezifische Wärme bei konstantem Druck der Rauchgase am Trocknereingang [kcal/kg · °C]
- t_{Ausgang} Temperatur der Rauchgase am Trocknerausgang [°C]
- $t_{\text{Trommeleintritt}}$ Temperatur der Rauchgase am Trommeleintritt [°C]

Die Temperatur $t_{\text{Trommeleintritt}}$ wurde mit Hilfe des i, α -Diagramms errechnet. Sie ist die Temperatur des Zustandespunktes 6 (vgl. Bild 1).

In Bild 2 sind dieser Wirkungsgrad sowie die Abgasverluste über der relativen Feuchte des Abgases aufgetragen. Man erkennt, daß die Abgasverluste mit kleiner werdender relativer Feuchte des Abgases ansteigen und der wärmetechnische Wirkungsgrad geringer wird. Ferner erkennt man aus diesem Diagramm, daß der Wirkungsgrad bei einer Übertrocknung auf 8 % gegenüber 14 % Trockengutfeuchtigkeit von etwa $\eta_{Tr} = 0,78$ auf $\eta_{Tr} = 0,63$ fällt. Die Abgasverluste steigen hierbei von 19 auf 25,5 % an, die Trocknerausgangstemperaturen werden hierbei von $t_A = 123$ °C auf $t_A = 145$ °C gesteigert.

Bei Abluftfeuchten von $\varphi_{BA} = 15$ bis 20 % würden sich günstigere Verhältnisse in der Energieausnutzung ergeben.

Schlußfolgerungen

Ausgehend von diesen Untersuchungen können folgende Forderungen an eine Grünfütterttrocknungsanlage und deren Betriebsführung gestellt werden:

1. Um einen möglichst hohen Trocknungseffekt zu erzielen und einen guten Wirkungsgrad zu erhalten, müssen möglichst hohe Eintrittstemperaturen des Rauchgases und niedrige Austrittstemperaturen bei hoher Abluftfeuchte vorhanden sein. Dazu muß mit möglichst geringen Luftmengen gearbeitet werden. Da aber das Gut nur eine bestimmte Temperatur verträgt (45 °C Guttemperatur) und die Rauchgase die Aufgabe des Wärme-, Wasser- und Guttransports haben, muß der Trocknerführung größte Aufmerksamkeit geschenkt werden, um die optimale Betriebsweise herauszufinden und einzuhalten.
2. Die Trommeldrehzahl müßte entsprechend der für ein bestimmtes Gut notwendigen Verweilzeit im Trockner stufenlos regelbar sein, um so Energieeinsparungen zu erzielen.
3. Um die Nutzungsdauer der Ofenausmauerung zu erhöhen, muß der Falschlufzutritt eingeschränkt werden. Die gesamte durch die Trockentrommel gehende Rauchgasmenge soll möglichst durch den Ofen gehen, um eine Kühlung der Feuerraumwände zu erhalten. Um den Falschlufzutritt einzuschränken, muß der Spalt zwischen Trockentrommel und Ofenhals minimal gehalten werden oder mit Hilfe einer geeigneten Konstruktion ganz wegfallen. Ferner muß die Drehzahl der Grüngutschnecke, die das Grüngut in die Trommel dosiert, so bemessen sein, daß deren Füllungsgrad möglichst hundertprozentig ist, damit an dieser Stelle ebenfalls keine Falschluf angesaugt wird.

Literatur

- [1] Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau, Zweiter Band, 12. Auflage. Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961
- [2] FÜRLL, CH. / M. TÜRK: Wärmetechnische Untersuchungen an einer Trommeltrocknungsanlage und einer Schnellumlauf-trocknungsanlage. Diplomarbeit am Institut für Landtechnik der Universität Rostock (unveröffentlicht); Rostock 1966
- [3] BUSSE, W.: Das Verdichten von Halmgütern mit hohen Normaldrücken. Diss. an der TH Braunschweig, 1965
- [4] KERSCH, H. / D. PALLASCH / G. AHNS: Teilabschlußbericht zur F./E.-Arbeit: Energieeinsatz bei der Trocknung landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Forschungsbericht der Untersuchung der Trommeltrockner Schwedt u. Grimma. Plan-Nr. 019006/F/5 - 10.11 - 5 ZfwE Potsdam 1965 (unveröffentlicht) A 6933

Neuerer und Erfinder

Patent über Kartoffel-Trennvorrichtung

DAS 1.204.002 Deutsche Patentklasse 45 c 33/04
angemeldet: 23. August 1961

„Vorrichtung zum Trennen von Kartoffeln von stückigen Beimengungen“

Erfinder: ZDENEK JAROLIM, Prag (CSSR)
PAVEL HONICH, Prag (CSSR)
JAROSLAV STEPAN KLECANY, Prag (CSSR)

Bei bekannten Trennvorrichtungen dieser Art besteht die die zu trennenden Bestandteile tragende Unterlage aus einem Siebrost, der an seinem Aufgebende eine in einer horizontalen Ebene verlaufende, kreisende Bewegung ausführt, während er sich an seinen Abgebenden — durch einen vertikalen Zapfen geführt — vor- und rückwärts bewegt. Mit den Kartoffeln auf den Siebrost gelangende Beimengungen, deren Dichte größer ist als die der Kartoffeln, sinken in dem Gemisch der zu trennenden Bestandteile nach unten und werden selbsttätig durch eine Öffnung in der Seitenwand des Siebrostes abgeführt.

Von Nachteil ist, daß die Kartoffeln und Steine erst dann voneinander getrennt werden, wenn die Schichthöhe derselben so groß ist, daß die oben liegenden Kartoffeln über die abgelenkten Enden des Siebrostes hinausrollen und durch ein ständiges Scheuern an den Steinen beschädigt werden.

Dies in Bild 1 dargestellte Erfindung beseitigt diese Nachteile, indem als Unterlage ein muldenförmiges Förderband a verwendet wird, das quer zur Umlaufrichtung des Förderbandes gerichtete Pendelschwingungen ausführt.

Das Förderband a kann beliebig — horizontal, gegen das Austrittsende oder umgekehrt — geneigt sein. An den Seiten des Förderbandes a

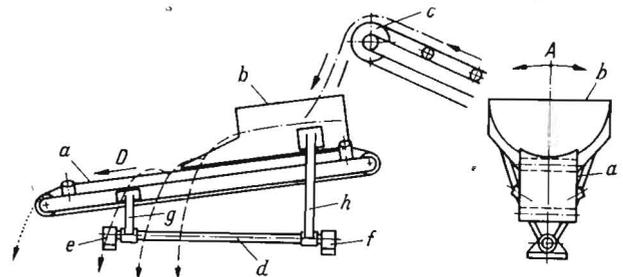


Bild 1. Pendelndes Förderband zur Trennvorrichtung

sind Seitenwände b angeordnet, die zusammen mit dem Förderband a einen Trennraum bilden, in den das Gemisch von Kartoffeln und Beimengungen von einem Zubringer c aus gelangt.

Das Förderband mit den Seitenwänden ist um eine Welle d schwenkbar, die in Lagern e und f geführt ist und Schwingungen in den Pfeilrichtungen A ausführt. Durch verschiedene Längen der Arme g ; h können verschiedene Schwingverhältnisse am Eintritts- und Austrittsende der Vorrichtung erzielt werden.

Durch die stetige Translationsbewegung des Förderbandes a wird eine kontinuierliche Vorwärtsbewegung des zu trennenden Gemisches und damit eine rasche Trennung der Kartoffeln von den unerwünschten Beimengungen gewährleistet.

Pat.-Ing. P. BRODA, KDT

A 7004