

bindung mit der Milchkühlanlage mit Abwärmenutzung zu suchen.

Die Heizlast für die Fußbodenheizung im Fischgrätenmelkstand 2×8 beträgt etwa 1 kW. Damit wird dem in der Milchkühlanlage mit Abwärmenutzung erzeugten Gebrauchswarmwasser je Tag eine Wärmeenergie von insgesamt 24 kWh entzogen. Diese Energie entspricht einer GWW-Menge von etwa $0,5 \text{ m}^3$, was bei der Bilanz zu berücksichtigen ist. Die erreichbare Fußbodentemperatur liegt bei etwa 26°C . Das Rohrmaterial der Fußbodenheizung muß für Trinkwasser zugelassen und weitgehend korrosionsbeständig sein. Am günstigsten ist PE-Rohr $20 \text{ mm} \times 2,2 \text{ mm}$ w nach Standard TGL 21581/02.

Die Investitionskosten (ohne Bauanteil) betragen etwa 75 M je Melkplatz bzw. etwa 2 M je Kuh der Gesamtanlage (Preisstand 1980).

Projekte für unterschiedliche Fischgrätenmelkstände sind erarbeitet worden und im Vertrieb¹⁾.

1) Bestellmöglichkeit der Projekte beim VEB Landbauprojekt Potsdam, Hauptabteilung Waren, 2060 Waren, Straße der Freundschaft 30

Die Realisierung ist mit dem zuständigen Betrieb des VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung zu vereinbaren.

3. Zu erwartende Ergebnisse

Die vorgestellte Lösung ist seit Dezember 1982 in einem Angebotsprojekt (Melkhaus $2 \times 2 \times 8$) in der Milchviehanlage Jürgensdorf, Bezirk Neubrandenburg, in Betrieb und soll dort erprobt werden.

Erste Messungen weisen Fußbodenoberflächen temperaturen von etwa 25°C aus. Die Einschätzung durch das Melkpersonal ist positiv.

Von der Erprobung werden Aussagen hinsichtlich der Frage einer möglichen Absenkung der geforderten Raumtemperatur von 15°C in diesem Bereich erwartet, um die zusätzlich zur Fußbodenheizung vorzusehende Raumheizung reduzieren zu können.

Des weiteren ist zu klären, welchen Einfluß die verbesserten Arbeitsbedingungen der Melker auf den Verbrauch an GWW haben. Dieser GWW-Verbrauch müßte aus technologischer Sicht während des ganzen Jahres annähernd konstant sein, er steigt aber mit sinkender Außentemperatur an [2]. Als eine Ursache dafür können die sich im Winter

verschlechternden Arbeitsbedingungen angesehen werden.

4. Zusammenfassung

Es wurde der Einbau einer Fußbodenheizung als Arbeitsplatzbeheizung im Melkflur in Verbindung mit der Milchkühlanlage mit Abwärmenutzung beschrieben.

Aus der vorgesehenen Erprobung der Erstanlage werden Ergebnisse zur Absenkung der Raumtemperaturen und eine Senkung des GWW-Verbrauchs erwartet. Diese Ergebnisse werden Gegenstand eines späteren Beitrags sein.

Literatur

- [1] Hinweise zur Projektierung und Ausführung von Warmwasser-Fußbodenheizungen im Niedertemperaturbereich. VEB Kombinat TGA Leipzig, 1981.
- [2] Kaiser; E.: Sparsamer Einsatz von Warmwasser in Milchproduktionsanlagen. Vortrag auf der KDT-Tagung „Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung“ am 31. März 1982 in Karl-Marx-Stadt.

A 3771

Zur Wärmerückgewinnung in landwirtschaftlichen Trocknungsanlagen

Dozent Dr. sc. techn. H. Müller, KDT/Dipl.-Ing. I. Woitowitz, KDT, Ingenieurhochschule Wismar
Ing. K. Schröder, KDT, LPG (P) Glasin, Bezirk Rostock

1. Einleitung

Die Direktive zum Fünfjahrplan 1981 bis 1985 fordert, durch rationelle Energieanwendung bei weitestgehender Ausschöpfung der Sekundärenergiereserven den Energieverbrauch spürbar zu senken. So ist der spezifische Energieverbrauch der Volkswirtschaft 1985 um mindestens 65 Mill. t Rohbraunkohleäquivalent gegenüber 1980 zu senken. 9 Mill. t davon sind durch Maßnahmen der Sekundärenergienutzung (Anfallenergienutzung) zu erbringen.

Der Energieverbrauch in der Landwirtschaft – und hier wiederum der in den landwirtschaftlichen Trocknungsanlagen – ist beträchtlich. Die Sekundärenergienutzung durch Wärmerückgewinnung ist deshalb notwendig. Sie ist möglich

– direkt durch Abgaszirkulation, also (teilweise) Abgasrückführung (Verringerung der Abgasmenge)

– indirekt durch Sekundärenergienutzung mit Hilfe von Wärmeübertragern (WÜ) und einer damit verbundenen Verringerung der Abgastemperatur.

Wegen des zu erreichenden Endfeuchtegehalts des Trockenguts ist die Abgaszirkulation nur begrenzt möglich. Das trifft besonders auf die Grünfuttertrocknung wegen des hohen Wasserdampfanteils im Abgas zu. Zur weitergehenden Rückgewinnung der Wärme ist die Sekundärenergienutzung mit Hilfe von WÜ erforderlich.

Nachteile beider Formen der Wärmerückgewinnung sind:

– aus ökonomischer Sicht die relativ geringe jährliche Betriebsstundenanzahl und damit

die begrenzte kumulative Energieersparnis im Verhältnis zum apparativen Aufwand für die Wärmerückgewinnung

– die Möglichkeit von Havarien, bei denen die Trockengutabscheidung versagt und damit das gesamte Trockengut die Abgasleitung passiert.

Der Sekundärenergienutzung mit Hilfe von WÜ stehen entgegen

– der durch den Brennstoffschwefelgehalt bedingte hohe Taupunkt (Schwefelsäuretaupunkt) der Abgase und die dadurch hervorgerufene Korrosion in den WÜ

– der Restfeststoffanteil des Abgases nach dem Trockengutabscheider (i. allg. Zyklon), der zu Verstopfungen in den WÜ führen kann.

Um diese Nachteile auszugleichen, sind erforderlich:

– Überprüfen, ob die Wärmerückgewinnung energiewirtschaftlich sinnvoll ist

– Maßnahmen zur Senkung des Taupunkts

– Maßnahmen zur Begrenzung des Feststoffanteils im Abgas (z. B. mehrere Zyklonstufen vor dem Hauptventilator)

– Havariesicherungsmaßnahmen.

Günstige Verhältnisse ergeben sich im Hinblick auf Maßnahmen zur Senkung des Taupunkts, wenn im Rahmen der z. Z. zu realisierenden Energieträgerumstellungen eine Ablösung von Heizöl durch entschwefeltes Stadtgas erfolgt. Maximal $1 \text{ g H}_2\text{S}/100 \text{ m}^3$ (Höchstwert nach Standard TGL 28049 $0,5 \text{ g}/100 \text{ m}^3$) führt im Fall der untersuchten Trocknungsanlage zu einer SO_2 -Konzentration (Volumenanteil) von $(5 \dots 50) \cdot 10^{-6} \%$ im trockenen Abgas, die nach [1] zu keiner nen-

nenswerten Taupunkterhöhung gegenüber absolut SO_2 -freiem Abgas beiträgt. Die Entscheidung über die energiewirtschaftliche Zweckmäßigkeit der Wärmerückgewinnung ist insofern primär, da durch sie über die Notwendigkeit der weiteren Maßnahmen entschieden wird. Im weiteren wird auf die Wärmerückgewinnung unter der Voraussetzung alleiniger Sekundärenergienutzung mit Hilfe von WÜ ohne Abgaszirkulation eingegangen. Für eine praktische Verwirklichung sind natürlich am besten beide Formen zu kombinieren, die ökonomischen Werte verbessern sich dann gegenüber dem Berechnungsfall.

Im untersuchten Trockenwerk arbeiten seit 1980 zwei Drehrohr-Trommeltrocknungsanlagen zur Grünfuttertrocknung, die i. allg. im Parallelbetrieb gefahren werden. Sie verfügen über eine Leistung von $1,5 \text{ t/h}$ trockenes Trockengut bei einem max. Wasserentzug von 4 t/h je Anlage.

Die Regelung erfolgte bisher feuerungsseitig durch Ölmengeneinstellung und Brennereinschaltung in Abhängigkeit von der etwa konstant zu fahrenden Abgastemperatur von 120 bis 130°C hinter der Drehrohrtrommel (z. Z. Umstellung auf Stadtgas).

Trockengut und heißes Rauchgas bewegen sich im Gleichstrom.

Energiewirtschaftliche Mängel:

– keine Möglichkeit der Luftmengenregulierung im Rahmen der durch die Aufrechterhaltung des pneumatischen Guttransports bestimmten Grenzen; dadurch keine Möglichkeit, bereits durch Anpassung an die Trockenguteigenschaften die Abgasmenge

und damit den Abgasverlust zu verringern – keine Sekundärenergienutzung in Form der Wärmerückgewinnung der im heißen, feuchten Abgas enthaltenen Energie (Temperatur rd. 120 °C).

Bei der Sekundärenergienutzung wird zwischen primärer (im Verursachungsprozeß) und sekundärer (außerhalb des Verursachungsprozesses, d. h. also bei energetischer Kopplung technologisch unabhängiger Prozesse) Sekundärenergienutzung unterschieden [2, 3]. Infolge der territorialen Lage sowie des Sommerbetriebs des Trocknerwerks konnte kein Kopplungspartner für die sekundäre Sekundärenergienutzung gefunden werden. Im Rahmen der primären Sekundärenergienutzung erwies sich von den Möglichkeiten Brennstoff-, Trockengut- und Luftvorwärmung nur die letztere als sinnvoll. Hierauf wird im folgenden näher eingegangen.

2. Wärmeübertrager für die Wärmerückgewinnung

Die Wärme ist von der heißen, feuchten Abluft (Index fl) in die kalte Zuluft (Index kl) zu übertragen.

- Als WÜ wurden in Betracht gezogen
- Regeneratoren des VEB Lufttechnik Gotha [2]
- Rekuperatoren als Plattenwärmeübertrager (PWÜ) für Kreuzstrombetrieb des VEB Anlagenbau Hohenstein-Ernstthal [2, 4] sowie des VEB Lüftungs- und Entstaubungsanlagen Bösdorf [5]
- Wärmerohre [6].

Die höchste Übertragerleistung je WÜ-Raumeinheit ist mit Wärmerohren zu erreichen. Unter Berücksichtigung von Liefermöglichkeiten sowie der räumlichen Gegebenheiten (Möglichkeiten der Luftkanalführung) fiel die Entscheidung auf den PWÜ. PWÜ-Baueinheiten [4] sind nach dem Baukastenprinzip aufgebaut und setzen sich aus einer unterschiedlichen Anzahl von quer bzw. von hintereinander (z_q bzw. z_h) durchströmten Bausteinen zusammen.

Die Auswahl der Baueinheit sowie deren vorzusehende Anzahl wird nach ökonomischen Gesichtspunkten bestimmt. Dementsprechend wurde eine Variantenrechnung vorgenommen [7].

Erläuterungen

Der Nenndurchsatz eines PWÜ-Bausteins beträgt nach [4] 2 000 m³/h. Die Feuchtluftgesamtmenge bei einer Temperatur von 120 °C erreicht einen Wert von 42 000 m³/h, für die Kaltluftgesamtmenge bei einer Temperatur von 25 °C wurden je nach aufzutrocknendem Wassergehalt 24 000 bis 32 000 m³/h ermittelt. Dementsprechend ist z_q im Bereich um 18 vorzusehen.

Mit steigendem z_h nehmen sowohl die Investitionskosten als auch der Wärmerückgewinn zu. Für die Variantenrechnung wurden realisierbare Baueinheiten unterschiedlicher z_h -Werte und mit verschiedenem z_q (um 18 pendelnd) ausgewählt.

Jede Variante erfordert die gesonderte Berechnung der Übertragerleistung (nach [8]). Das ist erforderlich, da in Abhängigkeit vom realisierten z_q unterschiedliche Geschwindigkeiten und in Abhängigkeit vom realisierten z_h unterschiedliche Austrittstemperaturen auftreten. Dadurch kommt es zu unterschiedlichen Volumenänderungen, die die beiderseitigen Wärmeübergangskoeffizienten α_{fl} und α_{kl} beeinflussen.

Auf der Feuchtluftseite hat über die Stoffwerte (z. B. Dichte) die Abgasfeuchte (abhängig von der Trockengutfeuchte) Einfluß auf α_{fl} . Auf die jährlich rückgewinnbare Wärmemengensumme wirkt die Betriebsdauer. Aus der Analyse der Betriebswerte der untersuchten Trocknungsanlage der vergangenen Jahre wurden folgende Werte der Berechnung für t_i (Laufzeit beider Trockner im Parallelbetrieb) zugrunde gelegt:

- $t_i = 1 500$ h/a bei 2 500 kg/h Wasserentzug je Trockner (\cong Grünfüttertrocknung)
- $t_i = 350$ h/a bei 1 600 kg/h Wasserentzug je Trockner (\cong Ganzpflanzentrocknung)
- $t_i = 200$ h/a bei 350 kg/h Wasserentzug je Trockner (\cong Getreidetrocknung).

Der ökonomischen Berechnung liegen zugrunde

- Stadtgas mit einem Heizwert $H_u = 13 400$ kJ/m³
- Gaspreis $K_G = 0,18$ M/m³
- Beschaffungskosten der PWÜ ($K_{PWÜ}$) nach [4]
- Anlagenkosten für Kanalsystem, zusätzliche Lüfter, Bauleistungen usw. ($\cong 0,5$ bis $0,8 \cdot K_{PWÜges}$)
- normative Nutzungsdauer der PWÜ von 12 Jahren (mit Rücksicht auf die Zusammensetzung der feuchten Abgase kleiner als die in [2] angegeben 20 Jahre gewählt).

Der Variantenvergleich ergibt, daß im Hinblick auf die absolute Höhe der Energieeinsparung und auf mögliche Energiekostensteigerungen im Nutzungszeitraum der PWÜ SV-08-2A ($z_{qges} = 16$, $z_h = 2$, Übertragungsleistung $\dot{Q} = 767 500$ kJ/h bei einer aufgetrockneten Wassermenge eines Trockners von $\dot{m}_D = 2 500$ kg/h) am sinnvollsten ist. Für diese Variante ergibt sich ein Temperaturänderungsgrad von $\Phi = 0,57$ entsprechend einer Kaltluftaustrittstemperatur von rd. 79 °C. Bei einem Investitionsaufwand von rd. 125 000 M liegt die Rückflußdauer bei 4,3 Jahren. Bei PWÜ nach [5] liegen die technischen und ökonomischen Werte in gleicher Größenordnung, der Platzbedarf ist aber höher.

3. Veränderung der Einsparung bei Änderung der Trocknungsbedingungen und -zeiten

Einsparung und Rückflußdauer verändern sich, wenn die jährliche Betriebsstundenanzahl und Trockengutverteilung verändern. Bezogen auf die gemäß Abschn. 2 ausgewählte Variante zeigt Bild 1 die einsparbare Gasmenge \dot{V}_{GE} in Abhängigkeit von der Laufzeit t_i und vom aufgetrockneten Feuchtestrom \dot{m}_D für einen der 2 Trockner und für eine Beaufschlagung der halben PWÜ-Wärmerückgewinnungsanlage. Für \dot{m}_D gilt Gl. (1):

$$\dot{m}_D = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{m}_{D_i} t_{i_i}}{\sum_{i=1}^n t_{i_i}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\dot{m}_{TG_i} - \dot{m}_{TG_i}) t_{i_i}}{\sum_{i=1}^n t_{i_i}} \cdot 1000$$

- \dot{m}_{TG_i} Trockengutmasse im feuchten Zustand des i-ten Trockenguts in t/a
- \dot{m}_{TG_i} Trockengutmasse im trockenen Zustand des i-ten Trockenguts in t/a
- \dot{m}_D Feuchtestrom in kg/h
- t_{i_i} Betriebsstundenanzahl des Trockners beim i-ten Trockengut in h/a
- n Anzahl der Trockengüter.

Für $n = 1$ erhält man den Wärmerückgewinn eines einzelnen Trockenguts, in diesem Fall gilt Gl. (1) in Verbindung mit Bild 1 exakt. Für

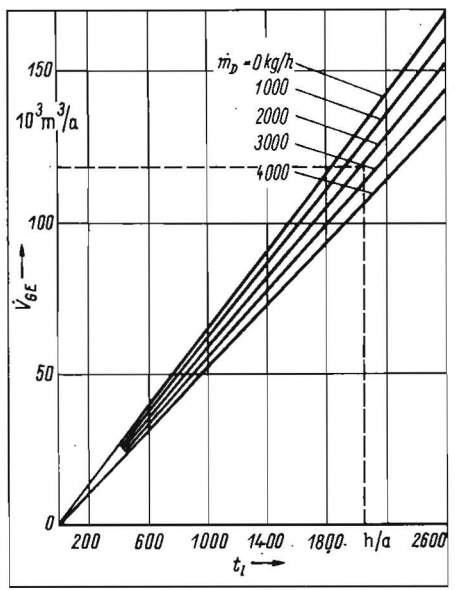


Bild 1. Abhängigkeit der durch Wärmerückgewinnung einsparbaren Gasmenge \dot{V}_{GE} von Betriebsdauer t_i und aufzutrocknendem Feuchtestrom \dot{m}_D für die untersuchte Trocknungsanlage; für die gewählte Variante nach Abschn. 2 ergibt sich:

$$\dot{m}_D = \frac{1 500 \cdot 2 500 + 350 \cdot 1 600 + 200 \cdot 350}{1 500 + 350 + 200} = 2 137 \text{ kg/h}$$

$n > 1$ ist der aus Bild 1 abzulesende summarische Wärmerückgewinn für die n Trockengüter nicht ganz exakt, da die funktionelle Abhängigkeit $\dot{V}_{GE} = f(\dot{m}_D)$ nicht exakt linear und daher Gl. (1) nur näherungsweise – aber hinreichend genau – gültig ist. Bild 1 verdeutlicht den Einfluß der Anlagenauslastung (t_i).

4. Kritische Bemerkungen zur Lösung

Die maximale Trockenleistung eines Trockners beträgt $\dot{m}_D = 4$ t/h aufzutrocknende Feuchte. Im Maximalfall enthält also die Gesamtabluft von 42 000 m³/h eine Wasserdampfmenge von 8 000 kg/h mit einem Verdampfungswärmeinhalt \dot{Q}_v von rd. $18,23 \cdot 10^6$ kJ/h. Die Taupunkttemperatur dieser Feuchtluft liegt bei $\vartheta_T = 73$ °C. Für die gewählte Variante ergeben sich aus der wärmetechnischen Durchrechnung für $\dot{m}_D = 8 000$ kg/h und unter Beachtung der beiderseitig auftretenden α -Zahlen folgende Temperaturen (nach [7]):

- Feuchtluftaustrittstemperatur $\vartheta_{fl,2} = 83,8$ °C
- Kaltluftaustrittstemperatur $\vartheta_{kl,2} = 83,7$ °C $\cong \Phi = 0,61$
- mittlere Feuchtlufttemperatur im PWÜ $\vartheta_{fl,m} = 101,9$ °C
- mittlere Kaltlufttemperatur im PWÜ $\vartheta_{kl,m} = 54,3$ °C
- mittlere Wandtemperatur im PWÜ auf der Feuchtluftseite $\vartheta_{w,fl,m} = 82,9$ °C
- minimale Wandtemperatur im PWÜ auf der Feuchtluftseite $\vartheta_{w,fl,min} = 60,3$ °C.

Die Interpretation dieser Temperaturwerte bringt folgende Ergebnisse:

Unter Beachtung der Kreuzstromverhältnisse im PWÜ werden Plattenbereiche mit einer Wandtemperatur $\vartheta_w < (\vartheta_T = 73$ °C) nur in sehr geringem Umfang auftreten. Beachtet man weiter, daß bei geringerem Feuchtestrom \dot{m}_D die Taupunkttemperatur ϑ_T sinkt (bei $\dot{m}_D = 4 000$ kg/h ist $\vartheta_T = 57$ °C), so kann man davon ausgehen, daß (abgesehen von unbedeutenden örtlichen Austauerscheinun-

gen) kein Austauen stattfindet, also die o. g. Verdampfungswärme \dot{Q}_V (etwa das 15- bis 25fache der tatsächlich rückgewinnbaren Wärme) objektiv nicht rückgewinnbar ist.

Die Ursache ist das (im Untersuchungsfall unumgängliche) Wärmerückgewinnungskonzept der primären Sekundärenergienutzung, d. h. der Verlustnutzung im Verursachungsprozeß, indem infolge der Luft-Luft-Wärmeübertragung sowohl die Kalt- und Warmluftmengen als auch die beiderseitigen α -Zahlen von gleicher Größenordnung sind und daher für ein Austauen zu hohe Wandtemperaturen nach sich ziehen.

Dieser Umstand wäre veränderbar, wenn z. B. größere Kaltwassermengen ($\alpha_{\text{Wasser}} > \alpha_{\text{Luft}}$, $\dot{Q}_{\text{Wand}} \approx \dot{Q}_{\text{Wasser}}$) zu erwärmen wären, die aber im Verursachungsprozeß nicht benötigt werden. Es wäre sekundäre Sekundärenergienutzung anzustreben.

Ähnlich den Erfahrungen mit Luftvorwärmern bei Industrieöfen sind dem Wärmerückgewinn bei primärer Sekundärenergienutzung Grenzen gesetzt. Stärkere Sekundärenergienutzung ist an die Form der se-

kundären Sekundärenergienutzung gebunden und erfordert damit das Vorhandensein koppelbarer, technologisch voneinander unabhängiger Prozesse.

Das sollte bereits bei der Vorbereitung von Investitionsvorhaben, etwa bei der Standortwahl, berücksichtigt werden.

5. Schlußbemerkungen

Die Ausführungen zeigen, daß trotz der begrenzten jährlichen Betriebsstundenanzahl von Trocknungsanlagen selbst bei abschließlicher primärer Sekundärenergienutzung mit Hilfe von WÜ beim Einsatz von Plattenwärmeübertragern ökonomisch günstige Werte erzielt werden können, die sich bei Kombination mit direktem Wärmerückgewinn durch Abgaszirkulation noch verbessern lassen. Die weiteren Anstrengungen sind deshalb auf eine hinreichende Restfeststoffabtrennung aus dem Abgas zu richten, eine nicht einfache Aufgabe, die zu lösen aber erforderlich ist, wenn der-z. Z. noch unbefriedigende Stand der Sekundärenergienutzung in der Volkswirtschaft der DDR [9] überwunden werden soll.

Literatur

- [1] Kretschmer, W.: Ingenieur-Taschenbuch Wärmetechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1961.
- [2] Arbeitsmaterial Anfallenergie. IfE/ZRE, Bereich Dresden, 1979 und Nachtrag 1982.
- [3] Riesner, W.: Rationelle Energieanwendung. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1982.
- [4] Kreuzstrom-Platten-Wärmeübertrager, VEB Anlagenbau Hohenstein-Ernstthal, Informationsmaterial 1981.
- [5] Plattenwärmeübertrager. VEB Lüftungs- und Entstaubungsanlagen Bösdorf, Informationsmaterial 1982.
- [6] Einsatz von Wärmerohren zur Wärmerückgewinnung in Stallanlagen. Forschungsinstitut SVUSS Prag-Bechovice, Anschauungsmaterial und mündliche Informationen 1982.
- [7] Woitowitz, I.: Anfallenergienutzung in einem Trockenwerk. IH Wismar, Diplomarbeit 1982.
- [8] Michejew, M. A.: Grundlagen der Wärmeübertragung. Berlin: VEB Verlag Technik 1964.
- [9] Schubert, M.: Höhere Energieökonomie – ein Schwerpunkt der KDT-Arbeit in den 80er Jahren. Technische Gemeinschaft, Berlin 30 (1982) 11, S. 5–7.

A 3649

Meßverfahren für die Bestimmung der Harnstoffverteilung in großen Preßkörpern aus Stroh

Dipl.-Ing. F. Marten, KDT/Phys. M. Walljahn
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

A_0, A	Aktivität zur Zeit $t = 0$, zur Zeit t in s^{-1}
I_0, I	Impulsrate zur Zeit $t = 0$, zur Zeit t in min^{-1}
\bar{I}_0	Mittelwert der Nulleffektimpulsrate in min^{-1}
I_{01}, I_{02}	Nulleffektimpulsrate vor, nach der Meßreihe in min^{-1}
\bar{I}_v	Mittelwert der Vergleichsquellenimpulsrate in min^{-1}
I_{v1}, I_{v2}	Vergleichsquellenimpulsrate vor, nach der Meßreihe in min^{-1}
t	Zeit in s, min, h, d
$t_{\text{HAU-198}}$	Halbwertszeit für ^{198}Au
X	relative Harnstoffkonzentration
λ	Zerfallskonstante in $s^{-1}, \text{min}^{-1}, h^{-1}, d^{-1}$

1. Aufgabenstellung

Die volkswirtschaftlich notwendige Erhöhung der Verfahrenseffektivität von der Bergung über den Transport bis zur Lagerung des Strohs sowie die garantierte Sicherung der Futterstrohqualität erfordern neue technische und technologische Lösungen. Einen wesentlichen Schritt in diese Richtung stellt z. B. das Großballenverfahren dar. Hier werden hochverdichtete Einheiten mit echtem Stückgutcharakter produziert, deren Um Schlag eine vollmechanisierte Arbeitskette ermöglicht. Bei einer Dichte der Originalsubstanz (OS) von $\rho = 150 \dots 180 \text{ kg/m}^3$ können Großballen je nach ihren Abmessungen eine Masse $m = 500 \text{ kg}$ erreichen. Stromeyer [1] wies nach, daß Stroh bei diesen Dichten mit einem Trockensubstanzgehalt von $\leq 84 \%$ nur schadlos überlagert werden kann, wenn entsprechende Konservierungsmittel zugeben werden. Als geeignetes und verfügbares Mittel ist Harnstoff bekannt. Durch die Harnstoffzusätze kann neben ihrer konservierenden Wirkung der energetische Futter-

wert des feuchten Strohs mindestens erhalten werden. Für bestimmte Bedingungen wurde ein Aufschlußeffekt nachgewiesen, durch den die Energiekonzentration erhöht wird [2, 3].

Im Interesse eines sicheren Konservierungserfolgs bei minimalem Aufwand ist eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Konservierungsmittels im Preßkörper notwendig. Zum Nachweis der Eignung verschiedener Varianten von Applikationseinrichtungen und des Einflusses von Parameteränderungen auf die Verteilungsverhältnisse mußte ein Meßverfahren gefunden werden, mit dem eine schnelle Bestimmung der Harnstoffverteilung über das Preßkörpervolumen möglich ist.

2. Angewandtes Meßverfahren

Unter Beachtung vorgenannter Forderungen schied eine chemische Analyse wegen des hohen Zeit- und Kostenaufwands aus. Geeignet erschien dagegen die Verwendung radioaktiv markierten Harnstoffs, dessen Verteilung in den einzelnen Schichten der Ballen mit Hilfe eines Strahlungsdetektors nachweisbar ist. Somit wurde es möglich, kurzfristig über die Verteilungsverhältnisse des Harnstoffs in dem aus einzelnen Schichten bestehenden Ballen Kenntnis zu erhalten und im Bedarfsfall Änderungen an den Einstellparametern der Applikationseinrichtung vorzunehmen. Bei den Untersuchungen im Forschungszentrum für Mechanisierung Schlieben/Bornim wurde für die Markierung des Harnstoffs das radioaktive Nuklid ^{198}Au verwendet. Die geringe Halbwertszeit dieses Isotops von 2,69 Tagen entsprach den Strahlenschutzbestimmungen. Die Applikation er-

folgte während des mobilen Feldeinsatzes. Außerdem ist das Isotop ^{198}Au für die Markierung organischer Stoffe besonders geeignet, da es in der Form von Goldchlorwasserstoffsäure (HAuCl_4) an die freien Valenzen chemisch angelagert wird. Der Vertrieb des Isotops erfolgt durch die Isocommerz GmbH – Binnen- und Außenhandel für radioaktive und stabile Isotope – 1115 Berlin-Buch.

3. Gestaltung der Meßanlage

Der Meßplatz (Bild 1) bestand aus einer Szintillationsmeßsonde VA-S-968.1, einem Strahlungsmeßgerät 20026, einem Impulsdichtemesser VA-D-440, einem Schreiber VA-G-140 und einem Ergebnisdrukker 23144 (Hersteller bzw. Lieferer: VEB Meßelektronik „Otto Schön“ Dresden). Die Szintillationsmeßsonde dient als Strahlungsdetektor und ist mit einem γ -Strahlungs-Szintillator aus NaI(Tl) ausgerüstet.

Ein tischähnlicher Rahmen mit einem Führungssystem für den Sonden träger bildet die Konsole für den abnehmbaren Sperrholbehälter (Bild 2). Dieser Behälter ist so bemessen, daß er eine vollständige Schicht des Preßkörpers aufnimmt. Unmittelbar unter dem Boden des Behälters befindet sich der Sonden träger, der mit Hilfe von Führungsrollen an jede beliebige Stelle des Kastenbodens gefahren werden kann. Die Koordinaten in x- und y-Richtung sind an Markierungen ablesbar. Im Sonden träger (Bild 3) wird die Szintillationsmeßsonde fest positioniert, wobei die Lage in z-Richtung in Grenzen stufenlos verstellbar ist. Durch eine ringförmige Bleibschirmung um den Szintillator (Bild 4) wird erreicht, daß die Aktivität nur in einem definierten Volumen gemessen wird.