

eine qualitative Veränderung bei der Ausnutzung der Futterpflanzen dar.

— Das Ergebnis dieser Technologie bietet ein breites Produktionsspektrum (Xanthophyllkonzentrat, Eiweißkonzentrat u. a.), das in der Futtermittelindustrie optimal genutzt werden kann und auch für die Lebensmittelindustrie verwertbar ist.

Die Untersuchungen zu dieser Problematik knüpfen an die vorangegangenen Grundlagenforschungen auf dem Gebiet der Rheologie von Halm- und Gemüsepflanzen an, bei der u. a. die Beschädigung der Zellwände eine bedeutende Rolle spielt. Dabei wurde besonders auf die praktische Realisierung der mechanischen Saftseparation aus dem Grünfütter orientiert, d. h. Suchen geeigneter und billiger Maschinen, deren Umbau und Zusammenstellen zu Maschinenketten. Daraus ließen sich Schlußfolgerungen zur Technologie der Nährstoffgewinnung, Erkenntnisse über erforderliche Eigenschaften der Maschinen und Aussagen zur Gestaltung der Maschinenketten ableiten [7, 8].

Bei der Untersuchung verschiedener Fraktionierungslinien war es erforderlich, die Eigenschaften von Ausgangsmaterialien, Zwischenprodukten, Endprodukten und Restprodukten miteinander zu vergleichen, den spezifischen Energiebedarf und andere Größen zur Charakterisierung einzelner Maschinen zu ermitteln. Die hierzu durchgeführten Laboruntersuchungen waren deshalb besonders auf die Vertiefung der Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften der verarbeiteten Stoffe und über die Prozesse der Fraktionierung des Grünfütters orientiert. Hierzu gehörten die Untersuchung der Eigenschaften des verarbeiteten Futters, des Desintegrationsgrades des Futters hinsichtlich der Beschädigung der Zellen sowie der Teilchengröße des desintegrierten Futters in bezug auf Energiebedarf und Grad der Saftgewinnung [9 bis 16].

## Literatur

- [1] Řezníček, R.; Blahovec, J.: Separace živin ze zelené píce lisováním (Die Nährstoffseparation aus Grünfütter durch Pressen). *Zemědělská Technika* 22 (1976) H. 8, S. 500.
- [2] Blahovec, J.; Řezníček, R.: Frakcionace píce (Die Futterfraktionierung). Landwirtschaftliche Hochschule Prag-Suchdol, Monografie 1980.
- [3] Kadrmas, J.; Blahovec, J.; Pécen, J.; Řezníček, R.: Desintegrace píce rotačními desintegrátory (Die Futterdesintegration mit Rotationsdesintegratoren). *Zemědělská Technika* 25 (1979) H. 5, S. 253—273.
- [4] Řezníček, R.; Blahovec, J.; Kadrmas, J.; Pécen, J.: Zpracování zelené píce separací šťáv (Die Grünfütterverarbeitung durch Separation der Säfte). *Zemědělská Technika* 23 (1977) H. 9, S. 499—511.
- [5] Řezníček, R.; Kadrmas, J.; Pécen, J.; Blahovec, J.: Zkoušky kladivového mlýna KM-100 jako drtiče píce (Untersuchungen der Hammermühle KM-100 als Grünfütterzerkleinerer). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1977) S. 153—176.
- [6] Blahovec, J.: Ekonomie frakcionační linky s návaznosti na sušárnu BS-6 (Die Ökonomie der Fraktionierlinie mit Anknüpfung an die Trocknungsanlage BS-6). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1979) Teil 1, S. 51—57.
- [7] Řezníček, R.; Kadrmas, J.; Pécen, J.; Blahovec, J.; Lejková, K.: Experimentální linka na frakcionování píce (Versuchslinie für Grünfütterfraktionierung). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1979) Teil 1, S. 39—49.
- [8] Řezníček, R.; Kadrmas, J.; Pécen, J.; Blahovec, J.; Mužík, V.; Nový, F.: Experimentální strojní linka pro mechanickou dehydrataci zelené píce (Versuchslinie zur mechanischen Dehydratation des Grünfütters). *Zemědělská Technika* 24 (1978) H. 10, S. 587—594.
- [9] Blahovec, J.: Příspěvek ke změnám sušiny při separaci šťáv ze zelené píce (Beitrag zu den Veränderungen bei der Separation des Saftes aus Grünfütter). *Symposium „Über neue Formen der Fütterung von Nutztieren...“* am 20. und 21. Juli 1977 in Jilové bei Prag der Tschechoslowa-

kischen Wissenschaftlich-Technischen Gesellschaft, Konferenzband, S. 8—14.

- [10] Blahovec, J.; Janál, S.: Elektrická vodivost doprované šťávy z vojtešky (Die elektrische Leitfähigkeit des proteinfreien Saftes aus Luzerne). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1980).
- [11] Blahovec, J.; Novák, L.: Vlastnosti odlisované a deproteinované šťávy z vojtešky v průběhu vegetačního období (Die Eigenschaften des ausgepreßten und vom Eiweiß befreiten Luzernesaftes während der Vegetationszeit). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1980).
- [12] Pécen, J.; Lejková, K.; Ryba, P.: Použití flokulantů pro separaci bílkovin ze zelené rostlinné šťávy (Die Anwendung von Flockungsmitteln zur Eiweißseparation aus grünem Pflanzensaft). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1977) Teil 2, S. 311—320.
- [13] Řezníček, R.; Truxová, D.: Metody určení stupně desintegrace vojtešky (Methoden zur Bestimmung des Desintegrationsgrades von Luzerne). II. Internationale Konferenz „Die physikalischen Eigenschaften landwirtschaftlicher Materialien und ihr Einfluß auf die technologischen Prozesse“ vom 26. bis 28. August 1980 in Gödöllő (UVR).
- [14] Řezníček, R.; Pécen, J.; Lejková, K.: Tokové vlastnosti deproteinované šťávy (Die Fließeigenschaften des vom Eiweiß befreiten Saftes). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1979) Teil 2, S. 13—20.
- [15] Řezníček, R.; Lejková, K.; Pécen, J.: Poznámky k reologickým vlastnostem zelené rostlinné šťávy (Bemerkungen zu den rheologischen Eigenschaften von grünem Pflanzensaft). *Sammelband der Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol* (1979) Teil 1, S. 73—82.
- [16] Řezníček, R., u. a.: Agrofyzikální a technické aspekty frakcionace zelené píce (Die agro-physikalischen und technischen Aspekte der Fraktionierung von Grünfütter). *Fakultät für Mechanisierung der Landwirtschaftlichen Hochschule Prag-Suchdol, Abschlußbericht* 1980.

A 3248

## Zum Einfluß der Verdichtung auf die Strohqualität während der Lagerung

Dr. agr. H. Stromeyer, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### Verwendete Formelzeichen

$\bar{t}_c$	mittlere Einlagerungsgutfeuchte
$\bar{t}$	mittlere Temperatur
$\bar{t}_{max}$	mittlere Höchsttemperatur während der Lagerung
$\alpha$	Irrtumswahrscheinlichkeit
$\bar{\varrho}$	mittlere Gutdichte

### Problemstellung

Der Einsatz von Stroh als wichtige Komponente des Trockengrobfütters erfordert erhöhte Anstrengungen zur Sicherung einer einwandfreien Strohqualität während der Bergung und Lagerung. Eine möglichst schnelle Feldräumung, die Einhaltung der zulässigen Ein-

lagerungsgutfeuchte und die Gewährleistung eines befriedigenden Witterungsschutzes sind dabei vordringliche Aufgaben. Verschiedene Maßnahmen zur Verdichtung des Strohs können zur wesentlichen Rationalisierung des Umschlags und Transports sowie der Lagerungstechnologie beitragen. Der Einfluß der Verdichtung auf das Lagerverhalten des Strohs ist jedoch bisher international noch wenig erforscht. Im Zusammenhang mit Untersuchungen zu rationellen Strohbergverfahren wurden mehrjährige Versuche zum Lagerverhalten von Stroh in verschiedenen Dichtebereichen durchgeführt, deren Ergebnisse auch für die her-

kömmliche Lagerung von Häcksel, Langstroh oder Hochdruckballen von Bedeutung sind. Nachfolgend werden einige Auszüge aus den ermittelten Ergebnissen dargestellt.

### Temperaturentwicklung während der Lagerung

Speziell im Grenzbereich zulässiger Einlagerungsgutfeuchte konnte ein erheblicher Einfluß der Gutdichte auf die Temperaturentwicklung nachgewiesen werden. Höhere Gutdichten waren mit einer verlängerten Erhitzungsphase und höheren Maximaltemperaturen im Stapel verbunden. Unabhängig von der Gutdichte

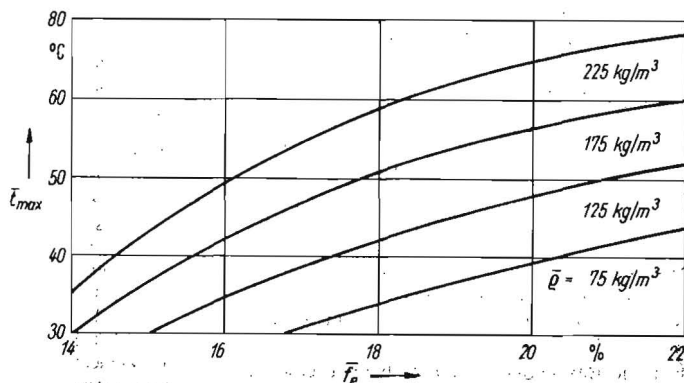
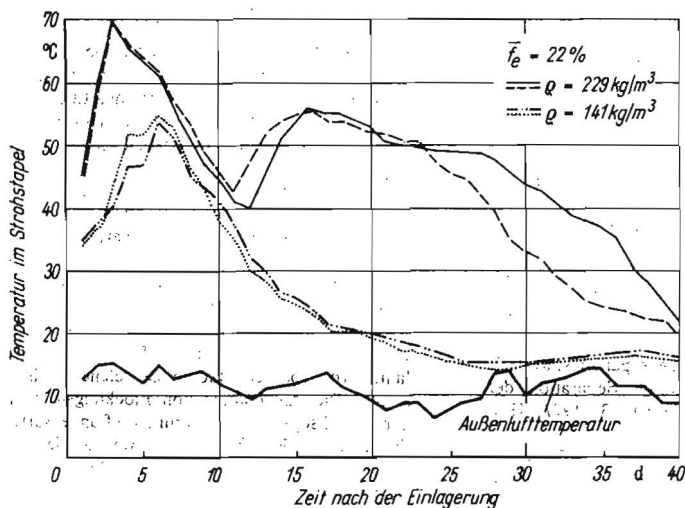


Bild 2. Abhängigkeit der mittleren Höchsttemperatur  $\bar{t}_{max}$  von der Einlagerungsgutfeuchte  $\bar{f}_e$  bei unterschiedlicher Gutdichte  $\bar{q}$  während der Strohlagerung

◀ Bild 1. Temperaturverlauf im Stroh bei unterschiedlicher Gutdichte

wurde das Temperaturmaximum meistens in der ersten Lagerungswoche erreicht. Danach kam es zu einem allmählichen Absinken der Temperaturen. Bei hohen Gutdichten  $> 180 \text{ kg/m}^3$  und einer Einlagerungsgutfeuchte  $> 18\%$  wurde ein typisches zweites Temperaturmaximum festgestellt (Bild 1). Wie entsprechende mikrobiologische und biochemische Untersuchungen ergaben, steht diese Erscheinung im Zusammenhang mit der Instabilität anfänglicher silierähnlicher Erscheinungen in diesem Dichtebereich.

Zur Ermittlung der Abhängigkeit der Temperaturentwicklung von den Einlagerungsparametern des hochverdichteten Strohs wurde eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt. Als Maß für die Temperaturentwicklung dien-

ten die mittlere Höchsttemperatur  $\bar{t}_{max}$  im Stroh während der Lagerung sowie die Zeit-Temperatur-Kennzahlen  $C_{30}$  und  $C_{45}$  in Anlehnung an [1]:

$$C_{30} = \sum_{i=1}^n d (\bar{t}_i - 30 \text{ K})$$

$$C_{45} = \sum_{i=1}^n d (\bar{t}_i - 45 \text{ K})$$

Dabei erfaßt die Zeit-Temperatur-Kennzahl  $C_{30}$  im wesentlichen die biologische Wärmezeugung insgesamt und die Kennzahl  $C_{45}$  die Wärmezeugung, die nach Literaturangaben [2 bis 5] und eigenen Ergebnissen mit höheren Qualitätseinbußen des Lagergutes ver-

bunden ist. Mit Hilfe eines speziellen Programms zur quasilinearen multiplen Regression wurden folgende Regressionsgleichungen ermittelt:

$$\bar{t}_{max} = -25,05 + 2,57\bar{f}_e + 1,29\bar{q} - 0,0286\bar{f}_e\bar{q} - 10,945\bar{q}/\bar{f}_e$$

$$B = 0,81$$

$$C_{30} = 346 + 11,17\bar{f}_e - 1,3\bar{q} + 0,173\bar{f}_e\bar{q}$$

$$B = 0,76$$

$$C_{45} = 373,8 + 12,5\bar{f}_e + 1,08\bar{q}$$

$$B = 0,65$$

Ihre grafischen Darstellungen (Bild 2 als Beispiel für  $\bar{t}_{max}$ ) verdeutlichen den spezifischen Einfluß der Einlagerungsgutfeuchte und der Gutdichte. Es bestehen gesicherte Abhängigkeiten aller drei angeführten Maßzahlen der Temperaturentwicklung sowohl von der Einlagerungsgutfeuchte als auch von der Gutdichte. Alle partiellen Regressionskoeffizienten der abgeleiteten Regressionsfunktionen erweisen sich nach dem t-Test als signifikant von 0 verschieden (bei  $\alpha = 0,05$ ). Starke korrelative Beziehungen bestehen zwischen den Zeit-Temperatur-Kennzahlen  $C_{30}$  bzw.  $C_{45}$  und der maximalen Höchsttemperatur während der Lagerung  $\bar{t}_{max}$  ( $r = 0,82$  bzw.  $0,83$ ). Ein wesentlicher Einfluß der Strohart auf die Temperaturentwicklung konnte nicht festgestellt werden. Eine leichte Tendenz zur geringeren Erhitzungsneigung war bei der Lagerung von Weizenstroh erkennbar. Die Abhängigkeit der Temperaturentwicklung im hochverdichteten Stroh von der Außenlufttemperatur war vernachlässigbar gering.

Tafel 1. Ermittelte Stufen der Qualitätsbeeinträchtigung von verdichtetem Stroh nach mehrmonatiger Lagerung

sensorische Gesamteinschätzung	charakteristische Lager-temperatur $\bar{t}_{max}$ °C	typische Farbe	sensorische Qualitätsmerkmale		Struktur
			Geruch	Ausbildung schimmelartiger Beläge	
Qualität gut bis befriedigend	bis 45	arteigen	arteigen, bei Eigenerwärmung teilweise fade	—	nur in Verbindung mit hoher Dichte ( $> 200 \text{ kg/m}^3$ ) leichte Verhärtungen möglich
leichte Qualitätsbeeinträchtigungen	45...55	in Kernzone etwas bräunlich, sonst meist arteigen	in Kernzone leicht tabakartig, sonst arteigen bis dumpf	vereinzelt punktförmiger Belag auf den Halmen oder kleine Befallsnester sichtbar	leichte bis mittlere Verhärtungen im Dichtebereich $> 150 \text{ kg/m}^3$
mittlere Qualitätsbeeinträchtigungen	55...65	in Kernzone bräunliche Färbung, in Außenzone bei Schimmelfall Graufärbung	in Kernzone vorwiegend tabakartig, in Außenzone dumpf bis muffig	stärkerer punktförmiger Belag auf den Halmen, teilweise flächiger Belag, meist deutlich ausgebildeter Schimmelring in der Außenzone	starke Verhärtung im Dichtebereich $> 100 \text{ kg/m}^3$
starke Qualitätsbeeinträchtigungen	$> 65$	in Kernzone meist Braunfärbung, in Außenzone grau, bei $\bar{f}_e > 25\%$ auch in Kernzone teilweise oder völlige Graufärbung	in Kernzone teilweise tabakartig, teilweise muffig, bei $\bar{f}_e > 30\%$ durchgehend modriger Geruch	starker Schimmelring in Außenzone mit Schimmeladern in Kernzone oder durchgehend flächiger Belag	bis $\bar{f}_e = 30\%$ starke Verhärtungen des Strohs, bei $\bar{f}_e > 30\%$ durch starke Zersetzung mürbe, Verhärtungen nehmen ab

### Mikrobiologische Analysen und ihre Einschätzung

Die mikrobiologischen Untersuchungen während und bei Abschluß der Lagerungsperiode wurden in Zusammenarbeit mit dem Bezirksinstitut für Veterinärwesen Rostock, dem Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock und der Sektion Biologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald durchgeführt. Hierbei erwies sich, daß speziell zur quantitativen und auch zur qualitativen Einschätzung der schimmelartigen Myzelbeläge die in der DDR allgemein übliche mykologische Keimzahlbestimmung durch kulturelle Anzüchtung auf Sabouraud-Glucose-Agar keine befriedigende Übereinstimmung mit der sensorischen Einschätzung der Qualitätsbeeinträchtigung des Strohs liefert. Das steht u. a. damit im Zusammenhang, daß der ermittelte Pilzwert nicht bzw. nur ungenügend mit dem

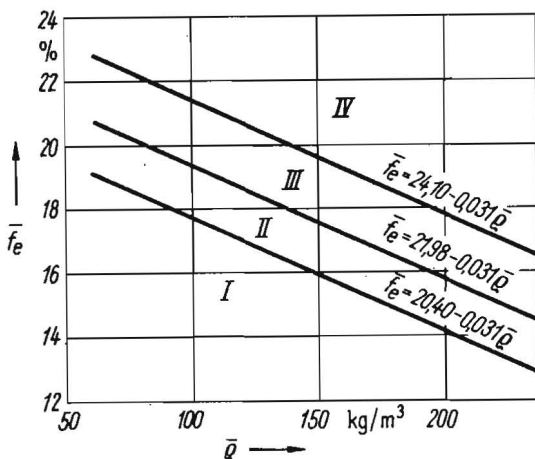


Bild 3. Qualitätsbeeinträchtigung von verdichtetem Stroh in Abhängigkeit von Gutdichte  $\bar{q}$  und Einlagerungsgutfeuchte  $\bar{f}_e$ .  
 I keine Qualitätsbeeinträchtigung während der Lagerung ( $\bar{t}_{max} < 30^\circ\text{C}$ )  
 II noch gute bis befriedigende Lagerungsqualität ( $\bar{t}_{max} = 30 \dots 45^\circ\text{C}$ )  
 III leichte Qualitätsbeeinträchtigungen ( $\bar{t}_{max} = 45 \dots 55^\circ\text{C}$ )  
 IV mittlere bis starke Qualitätsbeeinträchtigungen ( $\bar{t}_{max} > 55^\circ\text{C}$ )

vegetativen Pilzwachstum korreliert und einige Schimmelpilzarten und vor allem die als potentielle Krankheitserreger bekannten Aktinomyzeten nicht erfaßt werden. Zur quantitativen und qualitativen Einschätzung der Qualitätsbeeinträchtigungen wurden deshalb weitere spezielle mykologische und bakteriologische Untersuchungsmethoden sowie biochemische Tests in Verbindung mit einer sorgfältigen sensorischen Einschätzung angewendet.

Die Ergebnisse der sensorischen Beurteilung des verdichteten Strohs bei der Auslagerung nach witterungsgeschützter Lagerung ergaben gute Übereinstimmungen mit dem gemessenen Temperaturverlauf während der Lagerung. Es zeigte sich, daß besonders die mittlere Höchsttemperatur  $\bar{t}_{max}$  sehr gut mit der Intensität auftretender Qualitätsbeeinträchtigungen korrespondiert. Mit zunehmender Temperatur werden sowohl Farbe, Geruch, Befall mit schädigenden Mikroben als auch die Struktur des verdichteten Strohs gleichermaßen negativ beeinflusst (Tafel 1).

Sehr intensive mikrobiologische Prozesse konnten dort registriert werden, wo die Lagertemperaturen auf Werte über  $55^\circ\text{C}$  anstiegen. Die Analysen bestätigten, daß in den Zentren verdichteter Stroheinheiten infolge hoher Eigenerwärmung und einsetzender Maillardreaktion die ursprünglichen Pilzwerte zunächst zurückgehen. Die allgemein im Stroh vorhandenen Feldpilze sterben ab. In den Randgebieten der Erhitzungszone beginnt jedoch schon kurz nach Beginn der Einlagerung die intensive Entwicklung der gefährlichen Lagerpilze, die nach einer Woche Lagerzeit einen Höhepunkt erreicht. Vorherrschend sind dabei die thermophilen bzw. thermotoleranten Arten *Mucor pusillus*, *Aspergillus fumigatus*, *Thermoascus crustaceus* und Vertreter der Gattung *Absidia*. Mit dem Absinken der Lagertemperatur nimmt die Anzahl der mesophilen Schimmelpilze, vor allem von *Aspergillus glaucus*, zu. Gleichzeitig erfolgt eine Ausdehnung der Schimmelzone nach innen, die dann auch sensorisch nachweisbar ist.

Bedeutsam ist, daß bei der Auslagerung in allen untersuchten Strohproben mit Erhitzungserscheinungen und massiertem Auftreten thermophiler und mesophiler Schimmelpilze Mykotoxine nachgewiesen wurden. Zur Anwendung kamen dabei chemische und biologische

Nachweisverfahren, wobei der Hühnerembryontest besonders eindeutige Ergebnisse lieferte.

Neben den Schimmelpilzen sind jedoch speziell in der Erhitzungsphase des Strohs die thermophilen Aktinomyzeten entscheidend an den Qualitätsbeeinträchtigungen beteiligt. Das vegetative Wachstum der Aktinomyzeten übersteigt in vielen Fällen sogar dasjenige der Schimmelpilze erheblich. In den deutlich ausgebildeten kalkig-weißen schimmelartigen Randzonen sind zwar, wie schon erwähnt, viele thermophile Schimmelpilze nachweisbar, das sichtbare Myzel wird aber vorwiegend von den Aktinomyzeten gebildet. Diese Erkenntnis sollte allgemein bei Qualitätsbeurteilungen in Stroh- und Heulagern mehr Beachtung finden.

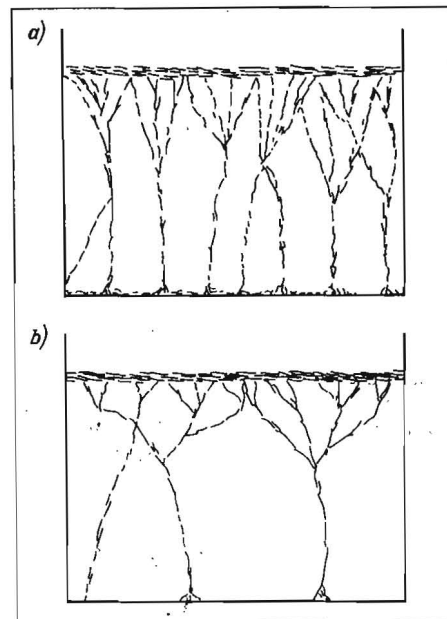
Die bakteriologische Keimzahlbestimmung bei der Auslagerung ergab im Hauptuntersuchungsbereich bis zu einer Einlagerungsgutfeuchte von 22% keine zu beanstandenden Werte. Mit der weiteren Erhöhung der Einlagerungsgutfeuchte nehmen die Keimzahlen jedoch schnell Werte an, die die zulässigen Grenzwerte übersteigen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Qualitätsminderungen und Verluste unabhängig von der Dichte im untersuchten Bereich im wesentlichen durch die gleichen Arten schädigender Mikroorganismen hervorgerufen werden. Eine zunehmende Dichte des Lagergutes führt jedoch infolge des erhöhten Wärme- und Feuchtestaus zur Verbesserung der Lebensbedingungen für die Schadmikroben und damit zur Intensivierung des aeroben Abbaus, solange ein notwendiger Mindest-Sauerstoffgehalt erhalten bleibt. Im untersuchten Dichtebereich war dieser Mindest-Sauerstoffgehalt noch vorhanden, wenn es auch bei Dichten  $> 180 \text{ kg/m}^3$  zu Verzögerungen des aeroben Abbaus kam (ausgedrückt durch den bereits angeführten typischen zweiten Temperaturanstieg).

#### Zulässige Höchstgrenzen der Einlagerungsgutfeuchte

Je dichter das Stroh lagert, um so bedeutsamer ist eine geringe Einlagerungsgutfeuchte für eine verlustarme Lagerung. Die regressionsanalytische Auswertung der Qualitätsbeeinträchtigung des Strohs in Abhängigkeit von der

Bild 4  
 Verlauf der Einregnungsadern in Beregnungsversuchen bei unterschiedlicher Strohdichte (Querschnitt durch den Versuchsbehälter);  
 a) Strohdichte  $20 \text{ kg/m}^3$   
 b) Strohdichte  $40 \text{ kg/m}^3$



Gutdichte und der Einlagerungsgutfeuchte läßt das deutlich erkennen (Bild 3). Bei gleicher Feuchte verschlechtert sich die Strohqualität mit zunehmender Lagerdichte erheblich. Es zeigt sich, daß zur Vermeidung von Qualitätsbeeinträchtigungen, die für die Praxis bedeutsam sind, die Einlagerungsgutfeuchte in verdichteten Stroheinheiten auf rd. 19% bei einer Dichte von  $100 \text{ kg/m}^3$  und auf maximal 16% bei einer Dichte von  $200 \text{ kg/m}^3$  beschränkt werden muß (Trennfunktion zwischen den Qualitätsklassen II und III unterstellt). Zur Vermeidung der Selbsterwärmung überhaupt ist eine weitere Verminderung der Einlagerungsgutfeuchte erforderlich (rd. 17 bis 18% bzw. 14%).

#### Einfluß der Lagerdichte auf die Einregnungsverluste bei der Lagerung im Freien

Neben der Oberflächenausbildung und der inneren Schichtstruktur des Lagergutes konnte in den durchgeführten Untersuchungen ein wesentlicher Einfluß der Gutdichte auf die Höhe der Einregnungsverluste festgestellt werden. Dieser Einfluß kommt vor allem im verschlechterten Rücktrocknungsverhalten des verdichteten Strohs zum Ausdruck. Das führt bei der Langzeitlagerung zu einer intensiven und tiefen Durchfeuchtung des Gutes und zu entsprechend hohen Qualitätsbeeinträchtigungen durch Fäulnis und Schimmel. Sensorische Beurteilungen bei der Auslagerung von Stroh ließen erkennen, daß bereits einmalig aufgenommene Regenmengen  $> 5 \text{ mm}$  (Schauer) zu sichtbaren bleibenden Qualitätsbeeinträchtigungen der eingeregneten Zonen führten. Temperaturmessungen ergaben, daß verdichtetes eingeregnetes Stroh (auch in abgelagertem Zustand) sich ebenso erhitzte wie nach zu feuchter Einlagerung. Auch die in mykologischen Untersuchungen nachgewiesene Schimmelpilzflora war ähnlich, wobei mit Zunahme der Gutfeuchte weitere feuchtigkeitsliebende Pilze als Hauptbestandbilder auftraten. Die Intensität des Verderbs (vor allem der Fäulniserscheinungen) in den Einregnungs-zonen nahm bei der Langzeitlagerung mit der Erhöhung der Gutdichte zu.

Durchgeführte Laboruntersuchungen zur simulierten Beregnung von Stroh bestätigten die bei den Lageruntersuchungen an verdichteten Stroheinheiten und herkömmlichen Strohdie-



men festgestellte Tendenz, daß mit der Erhöhung der Gutdichte die Anzahl der Einregnungsadern abnimmt, aber die Eindringtiefe des Niederschlagswassers größer wird (Bild 4). Ermittelte Unterschiede in der Ausbildung von Einregnungszonen bei Häcksel- und Langgut können bei gleicher Oberflächen- und Schichtausbildung im wesentlichen auf unterschiedliche Gutdichten zurückgeführt werden. Trockenenes, abgelagertes Stroh begünstigt aufgrund der geringeren Aufsaugwirkung gegenüber erntefrischem Stroh das tiefe Eindringen des Niederschlagswassers.

### Schlußfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen muß abgeleitet werden, daß bei der Konzeption moderner Strohberge- und Strohlagerungsverfahren der Dichteinfluß auf die Lagerqualität nicht vernachlässigt werden darf. Mit zunehmender Lagerdichte des Strohs muß zur Erhaltung der Strohqualität die zulässige Einlagerungsgutfeuchte verringert werden, wobei eine möglichst gleichmäßige Abtrocknung des einzulagernden Gutes anzustreben ist. Verstärkt muß auf einen möglichst guten Witterungsschutz geachtet werden. Zu hohe Einlagerungsgutfeuchte und Niederschlagseinwirkung bei der Lagerung verursachen mit zunehmender Dichte des Strohs eine Erhöhung der Lagertemperaturen sowie daraus resultierende erhebliche Qualitätsbeeinträchtigungen.

Als Schaderreger bei der Lagerung von Stroh haben die Schimmelpilze wegen ihrer relativ geringen Anforderungen an die Feuchteverhältnisse und ihrer hohen Schadwirkung eine entscheidende Bedeutung. Die Pilzmyzelien verursachen in jedem Fall Beeinträchtigungen des Futterwerts durch Veränderung der physikalisch-chemischen Parameter des Substrats.

Die Hauptgefahren der Verfütterung dieses Strohs liegen jedoch darin begründet, daß fast alle bei der Lagerung auftretenden Schimmelpilze zu den potentiellen Toxinbildnern gehören, die bei Mensch und Tier schwere Vergiftungserscheinungen (Mykotoxikosen) hervorrufen können.

Nicht unterschätzt werden sollte das massierte Auftreten von Aktinomyzeten in den Randzonen der Erhitzungsherde. Auch sie können ernste Schadwirkungen und Krankheiten bei Mensch und Tier hervorrufen. Nach neueren Untersuchungen ist z. B. die Farmerlunge, eine in einigen Ländern, wie Großbritannien und USA, anerkannte Berufskrankheit der Landwirte, in erster Linie eine krankhafte Reaktion auf das Inhalieren von Aktinomyzeten bei der Arbeit mit Heu und Stroh, die sich während der Lagerung erhitzten [6].

Zur Ermittlung der Qualitätsbeeinträchtigungen während der Lagerung ist die sachkundige und gewissenhafte sensorische Einschätzung eine gute und für die Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis zweckmäßige Methode. Die z. T. übliche mykologische Keimzahlbestimmung ist für die Einschätzung schimmelartiger Beläge in Strohlagerstätten als alleinige Methode nicht geeignet. Auch in Verbindung mit der sensorischen Qualitätseinschätzung ist sie nur unzureichend. Für wissenschaftliche Zwecke gewährleistet nur eine Kombination mikrobiologischer, chemisch-hygienischer, analytischer und biologischer Testmethoden genügend aussagefähige Ergebnisse (vgl. [7]).

### Zusammenfassung

Im Beitrag wird über mehrjährige Versuche zum Lagerverhalten von Stroh im Dichtebereich von über 50 kg/m<sup>3</sup> berichtet. Ein gesicherter Einfluß der Gutdichte auf die Tem-

peraturentwicklung und die durch Mikroorganismen verursachten Qualitätsminderungen während der Lagerung konnte nachgewiesen werden. Zulässige Höchstgrenzen der Einlagerungsgutfeuchte in Abhängigkeit von der anzustrebenden Lagerdichte werden abgeleitet. Auch auf die Höhe und Intensität der Einregnungsverluste bei der Lagerung im Freien hat die Lagerdichte einen wesentlichen Einfluß.

### Literatur

- [1] Corrie, W. J.; Bull, D. A.: Investigations into the characteristics of large bales (Untersuchungen der Kennwerte von Großballen). *Journal of agric. Engng. Res.* 14 (1969) H. 4, S. 323—331.
- [2] Gregory, P. H., u. a.: Microbial and biochemical changes during the moulding of hay (Mikrobiologische und biochemische Veränderungen während des Schimmels von Heu). *J. Gen. Microbiol.* 33 (1963) S. 147—174.
- [3] Watson, S. J.; Nash, M. J.: The conservation of grass and forage crops (Die Konservierung von Gras und Futterfrüchten). London/Edinburgh: Verlag Oliver and Boyd 1960.
- [4] Mäde, A.: Untersuchungen zur Ermittlung der Feuchte des Strohs in Strohdriemen. *Zeitschrift für Meteorologie* 26 (1976) H. 6, S. 373—375.
- [5] Resz, A.: Untersuchungen über den Mikroorganismenbesatz von belüftetem Heu. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene* 122 (1968) H. 6, S. 597—634.
- [6] Gemeinhardt, H.: Endomykosen des Menschen. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 1976, S. 194.
- [7] Szigeti, G.: A takarmányok gombák okozta minőségromlása (Durch Pilze hervorgerufene Qualitätsminderungen von Futtermitteln). *Gabonaipar, Budapest* (1976) H. 4, S. 134—139. A 3176

## Abriebentstehung bei Transport und Umschlag von Stroh-Konzentrat-Gemischen mit Gurtbandförderern und Becherwerken

Dipl.-Ing. B. Saß, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

### Verwendete Formelzeichen

AA	%	Abriebanteil
h	mm	Höhe
h'	mm	Eindringtiefe des Bechers
l	kg · m/s	Impuls
r	mm	Radius der Kopftrommel
s	mm	Länge der Rutsche
v <sub>B</sub>	m/s	Bechergeschwindigkeit
v <sub>B, grenz</sub>	m/s	Grenzgeschwindigkeit beim Übergang von der Schwerkraft- zur Fliehkraftentleerung von Becherwerken
v <sub>G</sub>	m/s	Gutgeschwindigkeit am Ende der Rutsche
v <sub>GBF</sub>	m/s	Gurtbandgeschwindigkeit
v <sub>GBF, grenz</sub>	m/s	Grenzgeschwindigkeit zwischen schnell- und langsamlaufenden Gurtbandförderern
v <sub>y0</sub>	m/s	Anfangsgeschwindigkeit in y-Richtung
v <sub>x</sub> , v <sub>y</sub>	m/s	Geschwindigkeitskomponenten
β	°	Übergabewinkel
δ <sub>A</sub>	°	Materialablösewinkel
θ	°	Anstellwinkel

### 1. Einleitung

Um die der Landwirtschaft der DDR gestellten Ziele zu erreichen, ist es u. a. unbedingt erforderlich, alle verfügbaren Futtermittel effektiv einzusetzen. Dazu zählt auch die Aufbereitung und Bereitstellung von Futterstroh in loser oder kompakter Form. In den zurückliegenden Jahren hat deshalb die Herstellung von kompaktierten Stroh-Konzentrat-Gemischen in Form von Strohpellets an Bedeutung gewonnen. Dieses Futtermittel hat neben dem Nachteil der relativ hohen Energieaufwendung in der Herstellung einige wesentliche Vorteile, die seinen Einsatz im gegenwärtigen Umfang auch zukünftig voll rechtfertigen. Pellets sind ein vollwertiges Futtermittel. Sie ermöglichen die Verfütterung großer Mengen aufgeschlossenen Strohs, sind über große Zeiträume lagerfähig und somit als Futterreserve verwendbar. Weiterhin weisen sie gute fördertechnische Eigenschaften auf und lassen damit eine

umfassende Mechanisierung des Fütterungsprozesses zu.

Kompaktierte Stroh-Konzentrat-Gemische müssen einerseits vom Tier aufgenommen und verwertet werden können, andererseits werden sie im Förderprozeß mechanisch belastet. Die Pelletfestigkeit resultiert aus diesem Kompromiß, so daß sie nicht beliebig erhöht werden kann. Zur Vermeidung von Abrieb sind deshalb geeignete Maßnahmen zu finden und anzuwenden. Der im Haufwerk enthaltene Abrieb beeinflusst die Lagerung und Futterverwertung negativ und führt bereits bei geringem Umfang zu einer nicht zulässigen Staubbelastung [1]. Nachfolgend werden Möglichkeiten der Verringerung der Abriebentstehung im Transport- und Umschlagprozeß vorgestellt, die auf der Minimierung der mechanischen Belastung basieren. Es werden Ergebnisse von Untersuchungen an Gurtbandförderern und Becherwerken vorgelegt.