

INSTITUT FÜR BETRIEBSTECHNIK UND BAUFORSCHUNG
der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Leitung: Dir. u. Prof. Prof. Dr. agr. habil. F.-J. Bockisch
Dir. u. Prof. PD Dr.-Ing. habil. C. Sommer

Zwischenbericht zum DBU-
Forschungsvorhaben AZ 13836

"Optimierung eingestreuter Haltungssysteme für landwirtschaftliche Nutztiere bezüglich der Funktion, Behandlung und Handhabung der Einstreu"

H. Sonnenberg, A. Deininger, Ch. Schellert,
B. Noetzel, B. Hörning, Jennifer Schilf,
H. Tostmann und G. Rüschen

Nr. 371/2001

FAL - IDZ
-Bibliothek-
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

04/96

- Projektleiter:** Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. H. Sonnenberg, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
- Kooperationspartner:** Firma HAW, Heinrich Wester GmbH & Co. KG,
Zum Turm 16, 26892 Wipplingen
Prof. Dr.-Ing. R. Krause, Universität Gesamthochschule Kassel (GhK), FG Agrartechnik, und
Prof. Dr. D. W. Fölsch, Universität Gesamthochschule Kassel (GhK), FG Nutztierethologie und Artgemäße Tierhaltung,
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen
- Förderung:** Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU),
Postfach 17 05, 49007 Osnabrück

Juli 2001

I N H A L T

Zielsetzung des Vorhabens

Projektverlauf

Arbeitsschritte, angewandte Methoden und bisherige Ergebnisse

1 Definition und Erfassung von technologischen Parametern

- 1.1 Parameter zur vorrangigen Kennzeichnung des Flüssigkeitbindevermögens der Einstreu
- 1.2 Parameter zur vorrangigen Kennzeichnung von Struktur, Elastizität und Eindringwiderstand in der Einstreu-/Festmistmatratze
- 1.3 Parameter zur Kennzeichnung der Tiergerechtheit

2 Ableitung einer geeigneten Konditionierungstechnologie

- 2.1 Ziel der Konditionierung
- 2.2 Stand des Wissens
- 2.3 Abgeleitete Maßnahmen zur Konditionierung
- 2.4 Untersuchungen zur Konditionierungstechnologie

3 Kontrolle des Aufbereitungserfolges im Labor- bzw. halotechnischen Maßstab und Feldversuch

- 3.1 Spezifische Oberfläche
- 3.2 Partikelzahl und -größe und Halmlängenverteilung
- 3.3 Schüttdichte und spezifisches Volumen
- 3.4 Partikelanzahl, -größe und -fläche laut Bildanalyse-Verfahren
- 3.5 Stroh-Verteileigenschaften und -qualität des HAWE-Standard-Strohverteiwagens SVW II R
- 3.6 Staubuntersuchungen bei der Einstreu-Vorlage
- 3.7 Wasser-Sorptionsvermögen
- 3.8 Wasser-Aufnahme- und Haltevermögen
- 3.9 Struktur in der Einstreu und Mistmatratzenstabilität
- 3.10 Technologische Parameter zur Optimierung eines Einstreugerätes
- 3.11 Tiergerechtheit unterschiedlicher Liegeflächenausführungen

Diskussion der Ergebnisse

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Fazit

Zielsetzung des Vorhabens - Kurzfassung

Im Zusammenwirken von Forschung und Industrie soll mittels Modifikation und Kombination vorhandener Technik ein artgerechtes und umweltverträgliches Einstreuverfahren für die Tierhaltung entwickelt werden, das funktional, arbeitssparend und wirtschaftlich ist und sich damit innerhalb der landwirtschaftlichen Standardverfahren als konkurrenzfähig erweist.

Projektverlauf

- 01.06.2000 Beginn der Projektarbeiten Firma HAWE und FAL;
- 22.06.2000 Geräte-Austausch HAWE – FAL, Braunschweig;
- 01.10.2000 Beginn der Projektarbeiten GhK mit Einstellung des BAT IVb/2-Mitarbeiters B. Noetzel, der nicht früher gefunden werden konnte;
- 22.11.2000 Gemeinsame Versuche und Projektbesprechung GhK und FAL in Braunschweig;
- 14.03.2001 Gemeinsame Versuche und Projektbesprechung FAL, GhK und HAWE in Braunschweig;
- 04.04.2001 Gemeinsame Versuche und Projektbesprechung HAWE, FAL und GhK in Wipplingen;
- 06.06.2001 Gemeinsame Versuche und Projektbesprechung GhK und FAL (HAWE) in Braunschweig.

Arbeitsschritte, angewandte Methoden und bisherige Ergebnisse

1 Definition und Erfassung von technologischen Parametern

1.1 Parameter zur vorrangigen Kennzeichnung des Flüssigkeitsbindevermögens der Einstreu

Die Aufnahme von Kot und Harn wird als prioritäre Aufgabe der Einstreuschicht in Nutztierställen vorgegeben.

Einstreu in diesem Kontext ist prävalent Getreidestroh, vor allem von Weizen und Gerste, oder anderes Halm- oder Blattgut. Somit stehen organische Stoffe im Vordergrund, die durchweg einen kapillar-porösen Aufbau und damit ein hygroskopisches Verhalten aufweisen. Die Wasseraufnahmekapazität und -geschwindigkeit wird bestimmt von der Anlagerung von Wassermolekülen an der Stoffoberfläche, weshalb diese möglichst groß, leicht zugänglich und durch

viele die Adhäsion fördernde, enge Spalten geprägt sein sollte. Die direkte Messung kann schwierig und unverhältnismäßig aufwendig sein, weshalb es sich empfiehlt, sich unterschiedlicher, auch indirekter Parameter zu bedienen.

In Frage kommen u. a.:

- **spezifische Oberfläche** [m^2/g] gemessen durch Anlagerung einer monomolekularen Gasschicht (Gasbedarf);
- **Halm-/Partikelanzahl** und **-länge** [mm] und deren Massenverteilung durch manuelles Auszählen;
- **Partikelgrößen** [mm] und **-Verteilung** [%] durch Siebklassierung;
- **Schüttdichte** [t/m^3] bzw. deren Reziprokwert **spezifisches Volumen** [m^3/t] des Haufwerks, ermittelt nach Standard-Verfahren;
- **Partikelanzahl**, **-größe** (Länge, Breite, Umfang) [mm] und Summe deren vertikaler **Projektionsflächen** [mm^2/g], bezogen auf die jeweilige Masse, durch Bildanalyse;
- **Wasser-Sorptionsvermögen** [kg/kg] als Vielfaches der Trockenmasse des Sorbens in Abhängigkeit von der Wasser-Beaufschlagungszeit durch Wässern und Wägung der jeweiligen Gesamtmasse nach vorgegebenen Zeitintervallen (Eigenentwicklung);
- **Wasser-Aufnahme- und -haltevermögen** [kg/kg] durch Wässern, Abtropfen und zeitlich versetztes Ausschleudern mit unterschiedlichen Beschleunigungsbelastungen (Eigenentwicklung).

1.2 Parameter zur vorrangigen Kennzeichnung von Struktur, Elastizität und Eindringwiderstand in der Einstreu-/Festmistmatratze

Da die Einstreuschicht gleichzeitig als weiche, wärmende Liegefläche mit möglichst sauberer, trockener Oberfläche fungieren soll, sind eine gewisse dauerhafte Elastizität und Plastizität in ihrem Haufwerk dienlich, dessen Zwischenräume eine Flüssigkeits-Separation, Anpassungsfähigkeit und Weichheit sowie Wärmedämmung begünstigen. Auch mit zunehmender Misthöhe und fortschreitender Verrottung der unteren Schichten sollten eine ausreichende Tragfähigkeit erhalten und ein Durchtreten des Tierfußes durch die Mistoberfläche ausgeschlossen bleiben.

Neben der o. g. Flüssigkeitsbindung und einer Reihe weiterer notwendiger Eigenschaften bedarf die Einstreu deshalb einer gewissen Struktur. Als gemessene Parameter dienen:

- **Eindringwiderstand** [MPa], gemessen als Kraft, die sich dem Eindringen eines Rinderfußes in die Einstreu-/Festmistmatratze entgegenstellt, bezogen auf die vertikale Projektionsfläche des Fußes (Eigenentwicklung);
- Partikelgröße, Schüttdichte und weitere o.g. Parameter korrelieren ebenfalls mit der Struktur.

1.3 Parameter zur Kennzeichnung der Tiergerechtheit

Die vorstehend genannten Anforderungen an die Liegefläche beeinflussen auch die Tiergerechtheit. Mögliche Parameter zur Überprüfung der Tiergerechtheit des Boden sind u.a. Tierverhalten, Tierverschmutzung und Tierschäden (Technopathien).

In Vor- und Teiluntersuchungen haben sich folgende Parameter bewährt:

- Abliegedauer,
- Aufstehdauer,
- unterbrochene Abliegevorgänge,
- unterbrochene Aufstehvorgänge,
- Hin- und Hertreten vor dem Abliegen (Umtreten),
- pferdeartiges Aufstehen,
- Liegen mit ausgestreckten Vorderbeinen,
- Liegen mit ausgestreckten Hinterbeinen,
- Wiederkäuen im Liegen,
- Anzahl gleichzeitig liegender Tiere (durchschnittlich bzw. maximal),
- Verschmutzungsindex nach FAYE & BARNOUIN 1987 und
- Bonitierung von Gelenkverletzungen nach WECHSLER et al. 2000.

2 Ableitung einer geeigneten Konditionierungstechnologie

2.1 Ziel der Konditionierung

Prioritär aufzubereiten ist Getreidestroh. Nach Abwägung der zweckdienlichen, ökonomischen und praktikablen Gegebenheiten wird ein mechanischer Aufschluss ins Auge gefasst. Dessen Ziel zeigt die Übersicht **Bild 1**.

Somit wird ein zerfaserndes Zerkleinern angestrebt, das eine große Flüssigkeits-sorption der Einstreu ermöglicht bei Erhalt ausreichender Haufwerksstruktur mit schüttgutartiger Konsistenz und geringer Staubemission bei der Verarbeitung und Einstreuvorlage.

2.2 Stand des Wissens

Im Rahmen der landwirtschaftlichen *Stroh-Verfahrenskette* wird das Halmgut auch ohne die Ausrichtung auf eine etwaige spätere Nutzung als Einstreu durch die verwendeten Mäh-, Dresch- und Presstechniken bereits vielfältigen Beanspruchungen ausgesetzt.

Vergrößern des Flüssigkeitsaufnahme- und -haltevermögens ⇒ spezifische Partikeloberfläche, Kapillarwirkung,
Struktur- und Elastizitäts-Erhalt im Haufwerk ⇒ Wärmedämmung und Separation in Einstreu-Matratze,
schüttgutartige Konsistenz des Einstreumaterials ⇒ Mechanisierbarkeit von Lagerung, Transport und Vorlage,
Vermeidung von Staub und Emissionen bei Aufbereitung und Logistik ⇒ Schutz von Mensch, Tier und Umwelt,
gute Festmist-Qualität ⇒ bessere Handhabung, Verteilqualität und Düngewirkung

Son01225

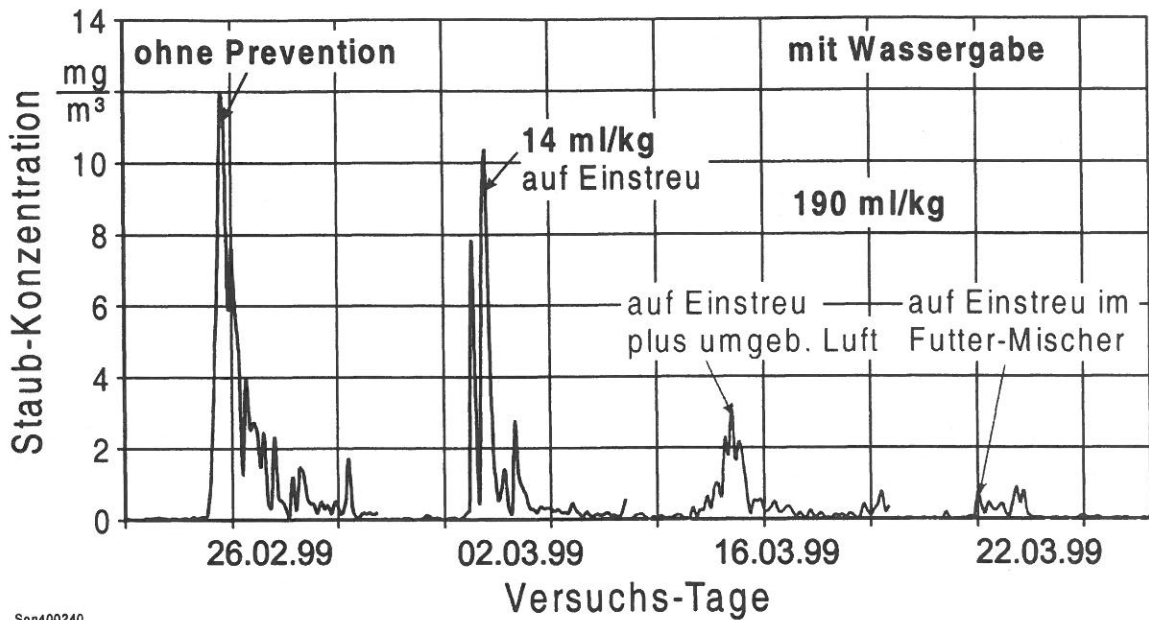
Bild 1: Ziele der Strohkonditionierung

Art und Ausmaß dokumentiert eine im Rahmen dieses Projektes angefertigte Literaturarbeit der Universität Gh Kassel-Witzenhausen, FG Agrartechnik, von DIX, K. (2000): "Veränderungen der Strohbeschaffenheit durch mechanische Einwirkungen während der Dresch- und Pressvorgänge". Durch praktische Untersuchungen in Zusammenarbeit mit landwirtschaftlichen Betrieben wird die Aussage dieser Arbeit in der kommenden Ernteperiode überprüft.

Um Kot und Harn landwirtschaftlicher Nutztiere (etwa 8 % der Tiermasse bei Milchkühen und 5 % bei Mastschweinen) von der *Einstreu* besser aufsaugen zu lassen, empfiehlt HAASE in seinem "Ratgeber für den praktischen Landwirt" bereits 1949, das Stroh auf mindestens 30 cm Länge, besser noch auf 5-3 cm, zu häckseln.

Auf die Gefahr, die *Staub* für Mensch und Tier bergen kann, wird im Schrifttum von einer Reihe namhafter Fachleute nachdrücklich hingewiesen. Neben mineralischen Bestandteilen, die Atmungsorgane und Lunge belasten, sind auch Pilzsporen und pathogene Keime zu beachten.

In einer eigenen, früheren Studie in Zusammenarbeit mit Dr. T. HINZ, Institut für Biosystemtechnik (FAL), und Professor HARTUNG von der Tierärztlichen Hochschule Hannover wurden Endotoxine nachgewiesen. Messungen luftgetragener und Sedimentations-Stäube in Tretmist- und Tiefstreuställen zeitigten die größten Emissionen während der Einstreu-Vorlage. Der Spitzenwert der Staubkonzentrationen lag innerhalb dieses Zeitraums von etwa einer halben Stunde fünf bis zehnmal so hoch wie während der übrigen Zeit im Stall. Er betrug in der Stallluft bis zu 12 mg/m³, **Bild 2**.



Son400240

Bild 2: Staubkonzentrationen während des Einstreuens ohne und mit verschiedenen Staubminderungsmaßnahmen;
Kurven = luftgetragener Staub
x = gravimetrisch erfasster Staub

Durch Bespritzen der Einstreu mit 14 ml Wasser je kg konnte bereits eine 10-prozentige Minderung erreicht werden. 190 ml/kg, die die Einstreufunktion noch nicht beeinträchtigen, zeitigten beim Spritzen auf die Einstreu und die beim Vorlagevorgang umgebende Luft bereits eine Absenkung auf 3 mg/m³ und beim intensiven Benetzen auf weniger als 1 mg/m³.

Grundlagen der *Wasserbindung* und der dabei wirksamen Molekularkräfte organischer, hygroskopischer, kapillar-poröser landwirtschaftlicher Halmgüter liegen vornehmlich aus dem Gebiet der Trocknungstechnik mindestens seit KRISCHER 1963 vor. Daraus abgeleitet gilt es, eine möglichst große spezifische (äußere und innere) Oberfläche mit vielen schlanken, engen Spalten von Feinheiten bis hinab zur Ångström-Größe zu schaffen. Die Prinzipien der mechanischen Zerkleinerung, die für die *Aufbereitung von Halmgut* verfügbar sind, haben PLÖTNER et al. 1991 zusammengestellt, **Bild 3**.

Eine Reihe grundlegender Arbeiten befasst sich mit dem Aufschluss organischer Materialien zwecks besserer Kompostierbarkeit oder Eignung als Einstreu, alle mit dem wesentlichen Ziel, die spezifische Oberfläche des Halm- und Faser-gutes zu vergrößern bei gleichzeitigem Erhalt eines Luft-Porenvolumens bzw. entsprechender Struktur des Schüttgutes (MATTHIAS, Diss. 1992; ARP, Diplom. 1993; GUTH, Diss. 1995; KRAUSE et al. 1996; FÜRL 1998).

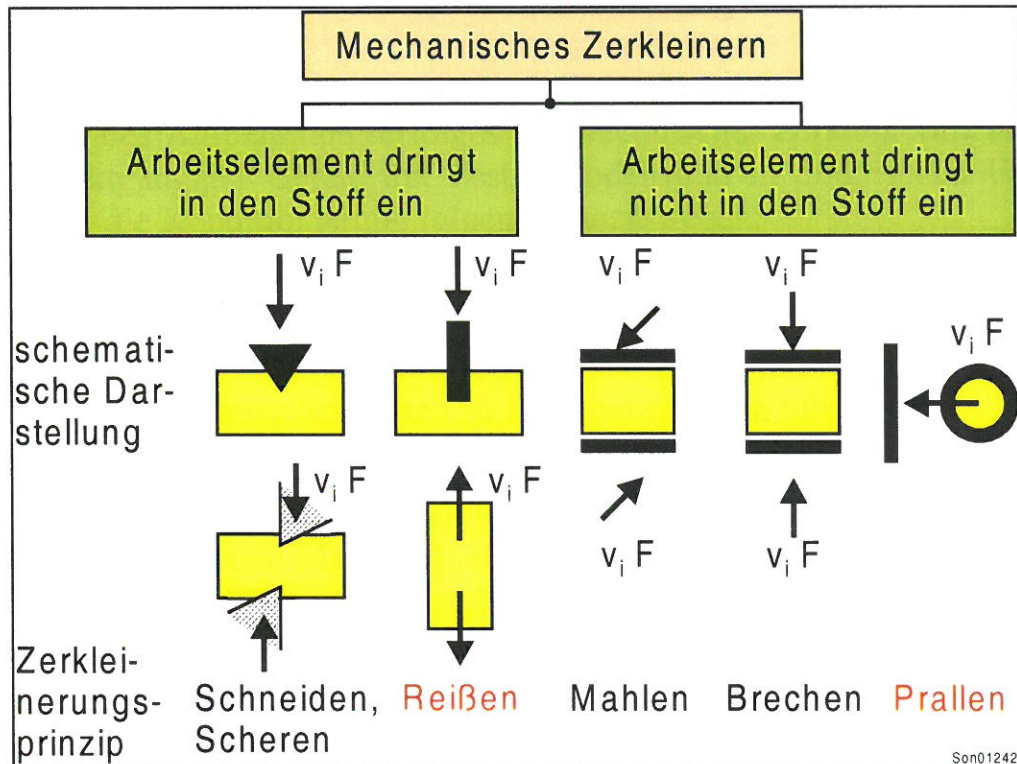


Bild 3: Prinzipien der mechanischen Zerkleinerung, ergänzt nach PLÖTNER et al. 1991

Landmaschinenhersteller bevorzugen zum Auflösen von Strohballen – natürlich abgeleitet aus bereits bewährten Einheiten für ähnliche Aufgaben – nachfolgend zusammengestellte Systeme, **Bild 4**.

Ballen-Auflösesysteme Schneid-/Reißvorgang, Materialfluß		Material-Zufuhr/Durchfluß
1	Scheibe mit Werkzeugen, vertikal oder horizontal Radial-Wurfgebläse	normal/axial Achse
2	Scheibe mit Zusatzorganen (Walzen)	normal/tangential/axial ⊥ + Achse
3	Walzen-Kombination , 2 oder 3, gleich-/gegenläufig Werkzeuge, meist feststehend	normal/tangential ⊥ Achse
4	Walze mit Fest-/Pendelwerkzeugen gegen Korb/Zinken	tangential ⊥ Achse
5	Kratzband/-kette ohne Gegenschneide	normal/tangential ⊥ Achse
6	Pendel-Walzenmesser ohne Gegenschneide	normal/tangential ⊥ Achse

Son01226

Bild 4: Ballen-Auflösesysteme marktgängiger Einstreu-Aufbereitungs-, -Vorlage- und -Verteilgeräte

2.3 Abgeleitete Maßnahmen zur Konditionierung

Nach Auswertung des Wissensstandes und aufbauend auf der Erprobung und Bewertung des Aufbereitungserfolges labortechnischer Zerkleinerungsverfahren sowie marktgängiger Geräte mit Testmethoden und in praktischen Feldversuchen ist für die Konditionierung folgendes anzustreben:

- Das Getreidestroh sollte vor der Ernte nicht gelagert haben und langen Feuchteperioden ausgesetzt gewesen sein, da ihm sonst viele Erdpartikeln ebenso wie ein starker Pilzbesatz anhaften können, deren mineralische Anteile und Sporen samt weiterer Epiphyten zu Staubbelastungen führen.
- Aufgrund seiner geringen Dichte und ebenso geringen Sprödrüchigkeit bei gleichzeitig gegebener Zähigkeit ist Getreidestroh einer Zerkleinerung mittels Prallen, Brechen und Mahlen (Prall-, Hammermühle, Brecher, Mühle) für den vorliegenden Zweck weniger zugänglich. Es würden zuviel Wärme, Energieverbrauch und Feingutanteil auftreten.
Hier empfehlen sich als Aufschlussmethode Schneiden, Scheren, Spleißen, Reißen und Verdrillen (Bild 3), das heißt mechanische Vorgänge, die unterschiedliche Zerkleinerungsarten miteinander kombinieren. Schneidvorgänge mit geringen Geschwindigkeiten und nicht zu feiner Zerkleinerung verursachen auch weniger Luftbewegung und damit weniger Staub.
- Um die Staubexposition bei der Einstreuvorlage niedrig zu halten, ist ebenfalls vorrangig auf geringe Luftgeschwindigkeiten zu achten. Zusätzliche Maßnahmen können Befeuchtungen und Aerosolbildung mit unterschiedlichen Flüssigkeiten während des Aufschluss- oder Vorlagevorgangs sein.

2.4 Untersuchungen zur Konditionierungstechnologie

Mit einer eigens für diesen Zweck entwickelten Versuchseinrichtung, deren Auflösungseinheit in Aufbau und Kinematik der Werkzeuge einer im Landmaschinenbau bewährten Anordnung (umlaufende Walzen mit Werkzeugen gemäß Bild 4, Zeile 3 und Bild 13) entspricht, wurden zielgerichtete Zerkleinerungen im halbertechnischen Maßstab unternommen. Die dazu ausgewählten, auf einer umlaufenden Walze mit Gegenschneide angeordneten Werkzeuge zeigt **Bild 5**. Die Umlauf- bzw. Schnittgeschwindigkeit wurde so gewählt, dass sie auf die Praxismaschine übertragen werden kann.

Mit einer Reihe von Werkzeugkombinationen (das Bild zeigt jeweils links das bewegte Werkzeug, rechts das feststehende, als Gegenschneide fungierende), die bewusst die grundsätzlich unterschiedlichen Zerkleinerungsvorgänge, wie z. B. Schneiden oder Reißen, repräsentieren, wurden Proben zur weiteren Untersuchung des erzielten Effektes erzeugt. Die scharfkantigen Werkzeuge der Kombination links im Bild führen einen Scher-Schnitt aus; die zylindrischen in der

Mitte können eher reißend zerfasern; die diagonal angeordneten Werkzeuge quadratischen Querschnitts rechts im Bild verbinden Schneiden mit Reien.

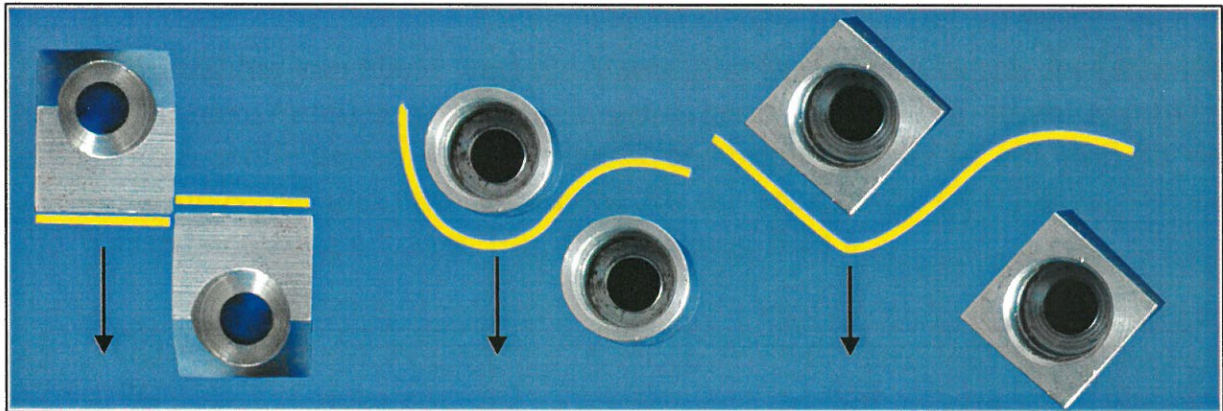


Bild 5: Zerkleinerungswerkzeuge als Schneide und Gegenschneide einer halbtechnischen Versuchseinrichtung

3 Kontrolle des Aufbereitungserfolges im Labor- bzw. halbtechnischen Maßstab und Feldversuch

Zur Verifikation finden bekannte, verfügbare und neu entwickelte Methoden Verwendung. Ausgangsmaterial ist generell Stroh von Winterweizen. Als Erfolgskriterien sollen die unter Abschnitt 1 definierten Parameter dienen. Sie werden wie folgt ermittelt:

3.1 Spezifische Oberfläche

Untersuchungen zur Oberflächenbestimmung mittels monomolekularer Gasanlagerung, durchgeführt von dem in dieser Technik erfahrenen ‚Institut für Technische Chemie‘ der Technischen Universität Braunschweig führen bisher zu keinem befriedigenden Ergebnis. Die Fehlerursache scheint in der – von der häufigen Körnerform abweichenden – faserigen Struktur des Materials begründet zu sein.

Da von der grundsätzlichen Messbarkeit ausgegangen werden kann, bleibt die Frage, ob die Adaptionsschwierigkeiten überwunden werden können, vorerst offen.

3.2 Partikelzahl und -größe und Halmlängenverteilung

Ermittlung durch manuelles Auszählen:

Durch Auszählen von Hand wird die Verteilung in sieben Klassen der Halmlängen in Massen-Anteilen pro Halmlängen-Klasse [%/mm] in einem Haufwerk mechanisch zerkleinerten Winterweizenstrohs bestimmt. Sie ist ein Maß für den Zerkleinerungsgrad und mitbestimmend für die spezifische Oberfläche, von der die Wasserbenetzung abhängt. Ein Beispiel zeigt **Bild 6**.

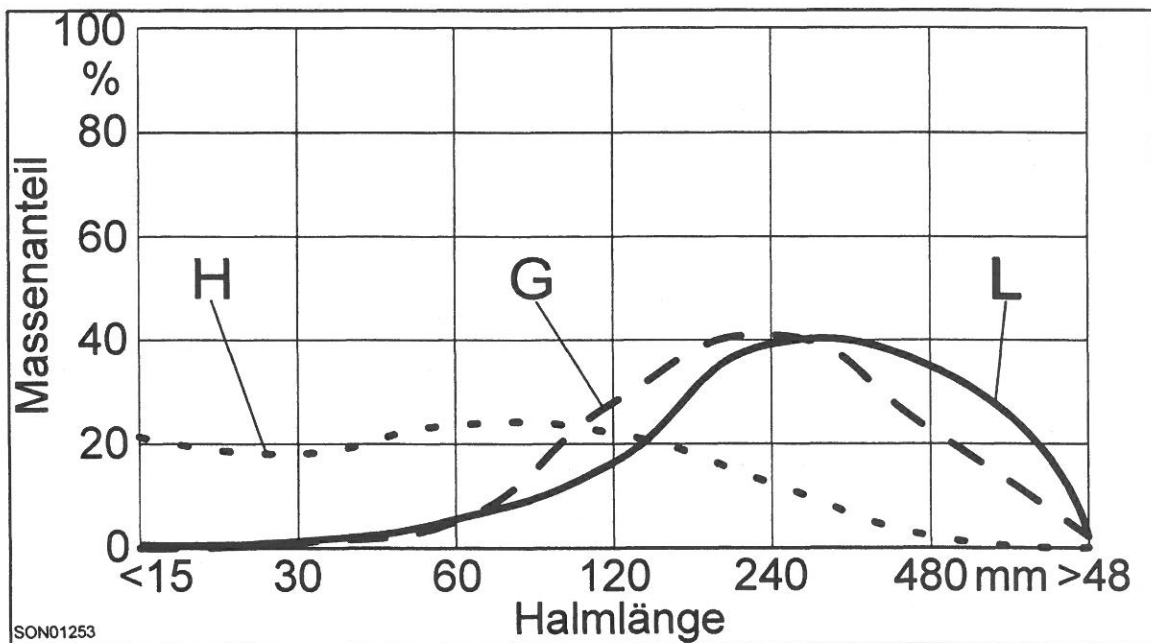


Bild 6: Halmlängen-Verteilung unterschiedlich aufbereiteter Einstreu-Varianten; L = Langstroh aus Rundballen, G = geschnittenes Stroh aus Rundballen-Presse mit Schneidwerk ≥ 82 mm, H = Häcksel ≥ 40 mm

Ermittlung durch Sieben:

Die Klassierung mittels eines Kaskaden-Schwingsiebs (Eigenentwicklung der FAL), Frequenz 4 Hz, mit Lochweiten von 67 bis 2 mm liefert sieben Fraktionen. Die Sieblinie eines Quaderballens nach Auflösung mit dem HAWE-Standard-Strohverteilwagen (gemäß Tabelle 1, Zeile 3) zeigt beispielhaft **Bild 7**.

Die Partikelgrößen von vier Siebfraktionen mit ihren jeweiligen Mengenanteilen [%] an der Gesamt-Probe veranschaulicht **Bild 8**.

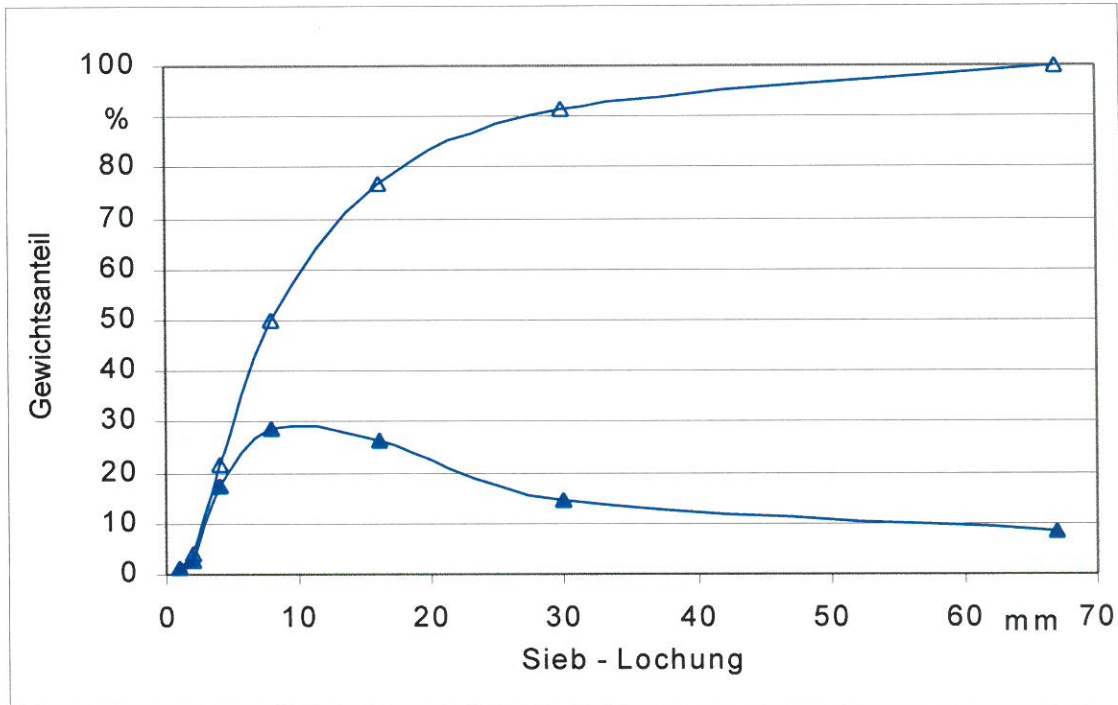


Bild 7: Partikelgrößen-Verteilung von Winterweizenstroh im Quaderballen nach Auflösung mit HAWE-Standard-Strohverteilmagen; *untere Kurve:* Mengenanteile der Fraktionen, *obere Kurve:* Summe der Anteile kleiner/gleich der jeweiligen Fraktion

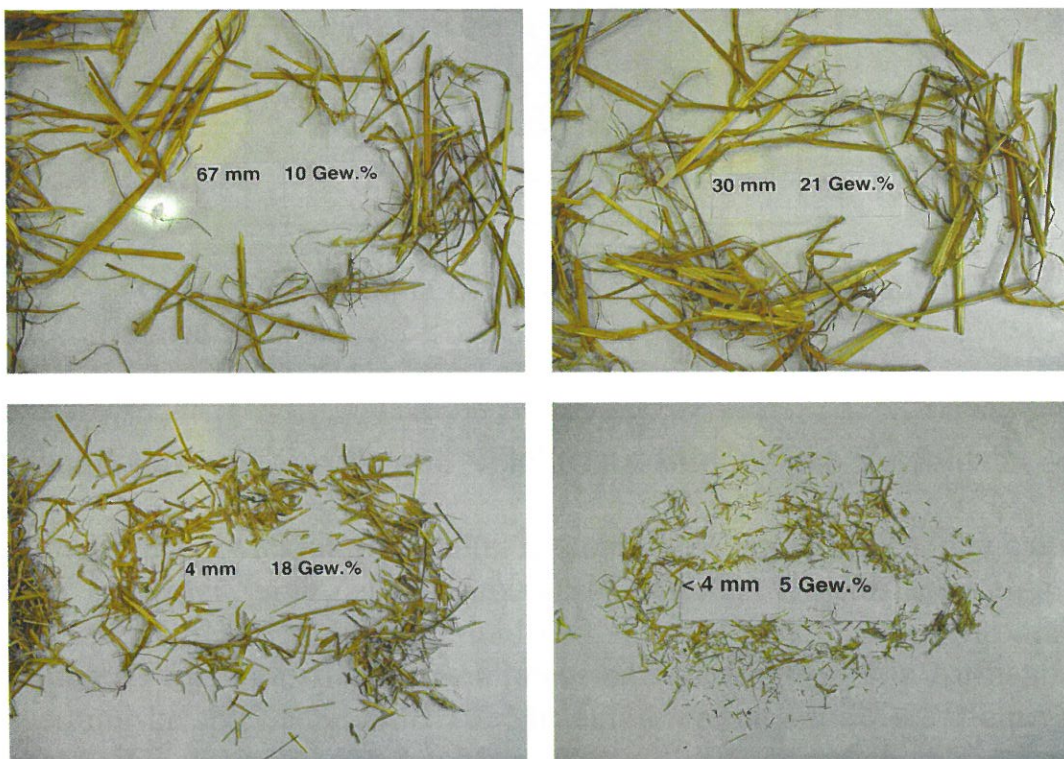


Bild 8: Größenvergleich der Partikeln von vier Siebfraktionen einer Probe aufbereiteten Strohs mit ihren prozentualen Mengen-Anteilen

Da sich hierbei die Unterscheidung innerhalb der größeren Halmteile als schwierig erwies, wurde ein Gerät mit neuer Siebeinteilung mit Sieblochungen von 5 und 10 mm Durchmesser entwickelt, dessen lediglich drei Halmlängenfraktionen eine deutlichere Aussagekraft und bessere Praktikabilität erwarten lassen.

3.3 Schüttdichte und spezifisches Volumen

Nach dem Standard-Verfahren ASAE 269.1 für landwirtschaftliche Halmgüter wird die Schüttdichte [t/m^3] bestimmt. Ihren Reziprokwert, das spezifische Volumen [m^3/t], das ein Maß für das Luftporen-Volumen innerhalb einer Schüttung darstellt und den Bedarf an Lager- und Transportvolumen bestimmt, zeigt beispielhaft **Bild 9**.

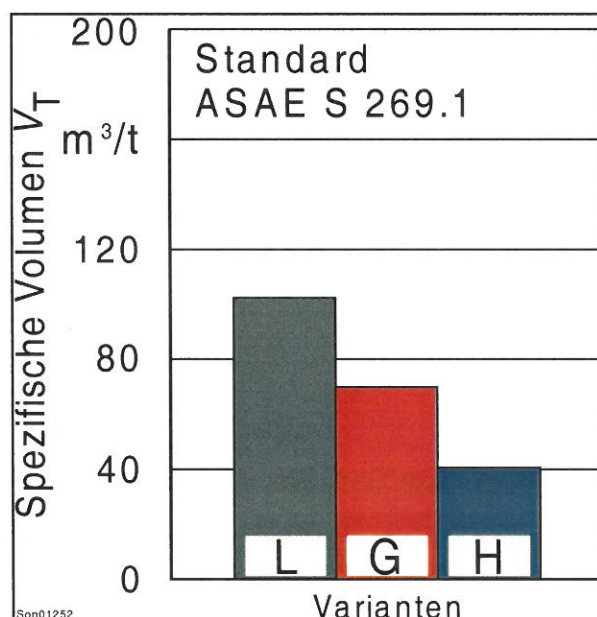


Bild 9: Spezifische Volumina der Stroh-Aufbereitungsvarianten L, G und H (gemäß Bild 6)

3.4 Partikelanzahl, -größe und -fläche laut Bildanalyse-Verfahren

Zwei in Eigenentwicklung erstellte Bildanalyse-Einrichtungen mit stationärer und mit bewegter (von Zeilen-Kamera abgetasteter) Objektfläche eignen sich grundsätzlich, die Anzahl, Länge und Umfang von zerkleinerten Strohpartikeln sowie deren Projektionsfläche zweidimensional zu erfassen. Ein Aufnahme- und Auswertungsbeispiel zeigt **Bild 10**. Mit einem empirisch zu ermittelnden Ausgleichskoeffizienten soll aus den Messdaten auf die, eigentlich gefragte, spezifische Oberfläche geschlossen werden.

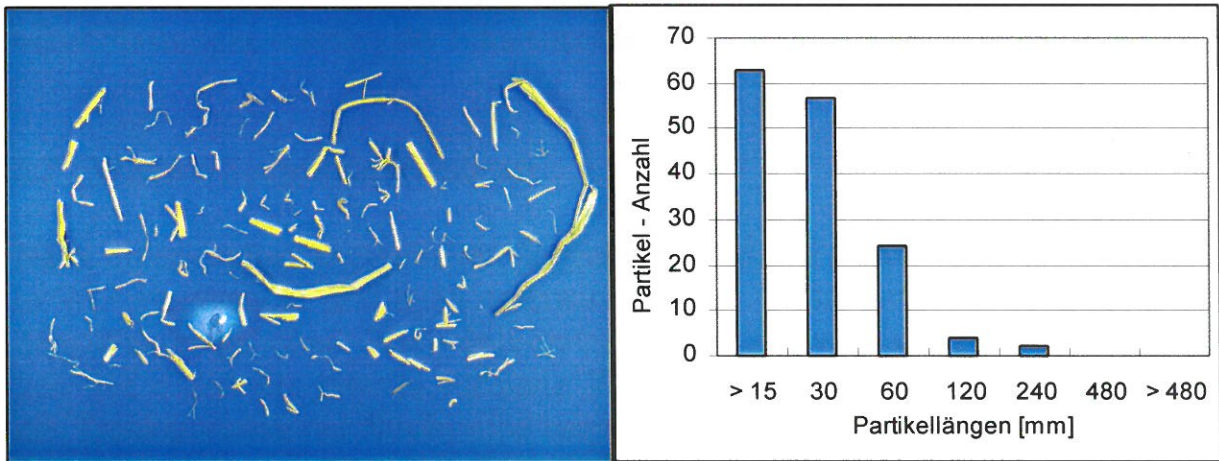


Bild 10: Aufbereitungsprobe auf Objektfläche und Partikellängenverteilung von gehäckseltem Stroh

3.5 Stroh-Verteileigenschaften und -qualität des HAWE-Standard-Strohverteilwagens SVW II R

Untersuchungen zur Vorlage bzw. Verteilung von unterschiedlichem Stroh aus verschiedenen Strohketten in Rund- und Quaderballen dokumentieren die Arbeitsqualität des Gerätes. Sie zeigen die Ausbringbreite und Massenverteilung in Längs- und Querrichtung sowie Partikelgrößenverteilung aufgrund etwaiger Entmischungsvorgänge.

Bereits durchgeführte Vorversuche führten zur Entwicklung eines für unsere Zwecke geeigneteren Versuchsverfahrens mit speziellen, quadratischen Auffangschalen von 1 m² Fläche (Kantenlänge 1 m). 40 Stück wurden konstruiert und gebaut. Mit 40 m² Messfläche konnten z. B. bei einer Verteilbreite von bis zu vier Metern eine Streulänge von 10 m abgefahren werden.

Gängige Stroharten, wie Weizen, Gerste und Roggen, und verschiedene Aufbereitungsarten als Folge der einzelnen unterschiedlichen Strohketten sollen untersucht werden. Die Halmlängenverteilung bzw. der Entmischungsgrad auf der Verteilfläche wird durch Sieben ermittelt.

3.6 Staubuntersuchungen bei der Einstreu-Vorlage

Während vorstehend beschriebener Verteil-Versuche, ausgeführt in einer überdachten Halle, erfolgten in Fortführung vorgenannter Voruntersuchungen erste Messungen luftgetragener Stäube. In Anlehnung an die für Mensch und Tier relevante Atmungshöhe wurde der Messkopf für die Luftansaugung in der Standard-Höhe von 1,5 m installiert. Die fraktionierte Auswertung richtet sich auf den atembaren Gesamt-Staub sowie auf die thorakal- und alveolgängigen, die

Lunge belastenden Staubanteile. Wegen des Verdachts potenzieller Gesundheitsbelastungen werden die Inhaltsstoffe auf Endotoxine untersucht.

3.7 Wasser-Sorptionsvermögen

Nach einem selbst entwickelten Verfahren werden Proben zerkleinerten Stroh in Wasser getaucht und nach unterschiedlichen Wässerungszeit-Intervallen aus dem Wasser gehoben. Nach definierter Abtropfzeit wird die Probe dann gewogen und damit die jeweils sorbierte Wassermenge bestimmt. Letztere wird auf die Trockenmasse der Strohprobe bezogen. Der Quotient [kg/kg] gibt das Vielfache der sorbierten Wassermenge zur Strohtrockenmasse an, **Bild 11**.

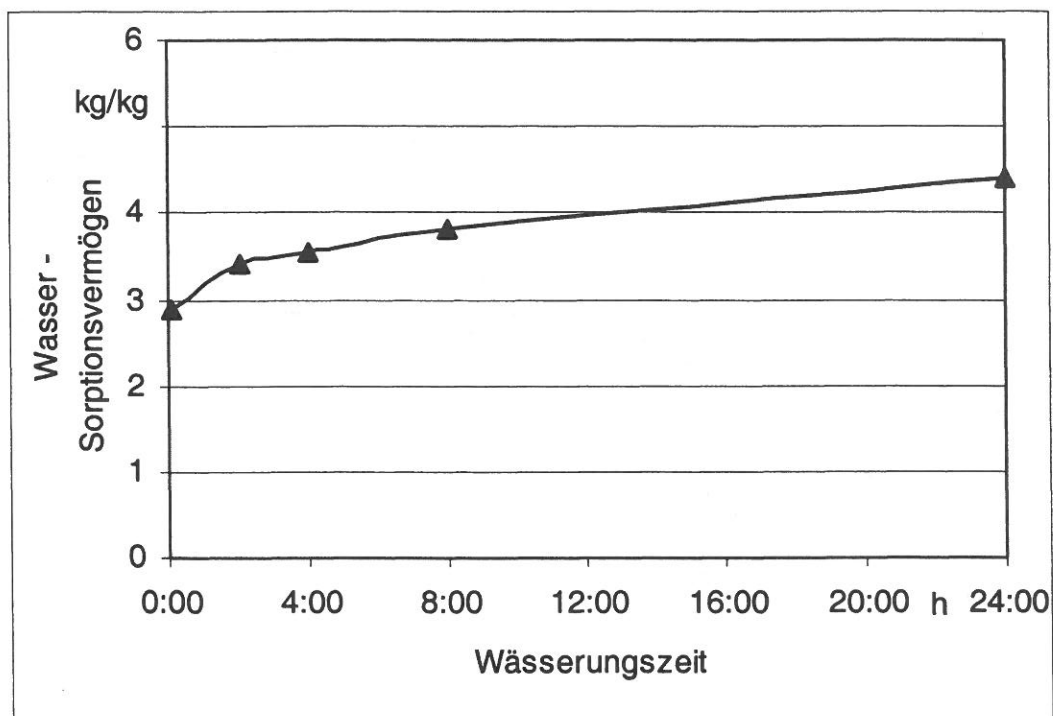


Bild 11: Zeitlicher Verlauf der Wasser-Sorption von Winterweizenstroh im Quaderballen nach Auflösung mit HAWE-Standard-Strohverteilmwagen (gemäß Tabelle 1, Zeile 3; Bilder 7 und 12)

Zum Vergleich mit anderen Aufbereitungs-Varianten wird vorrangig der 24-h-Wert verwendet. Hier nähert sich die Kurve asymptotisch einer horizontalen Netzlinie. Der weitere Anstieg ist – wie Untersuchungen einer Reihe unterschiedlicher Materialien bis zu 48 Stunden und mehr ergaben – für die hier gefragten Güter gering und darüber hinaus für die praktische Nutzung als Einstreu im Stall wenig relevant.

3.8 Wasser-Aufnahme- und Haltevermögen

Die am FG - Agrartechnik vorhandene Messapparatur zur Ermittlung der Wasserhaltefähigkeit, die von LEHMANN, B., R. KRAUSE und C. SCHELLERT (1995) in "Untersuchungen zur Effizienz des Stroheinsatzes in der Tierhaltung", Tagung Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung in Potsdam-Bornim, beschrieben und verwendet wurde, konnte weiter optimiert werden. Dazu wurden 60 in Größe, Form und Gewicht gleiche Beutel aus einem nichtwasseraufnehmenden Kunststoffgewebe entwickelt, die eine noch genauere Vergleichbarkeit der Proben erlauben. Die Untersuchungseinrichtung wird für alle Proben aus den unterschiedlichen mechanischen Aufbereitungstechniken, den Verteil- und Siebversuchen genutzt.

In diesem Zusammenhang fand auch eine qualitative Untersuchung zur unterschiedlichen Kapillarität von Urin und Wasser (dest. H₂O und Leitungswasser) statt, die ein positives Ergebnis erbrachte; dieses soll im Hinblick auf die Auswirkungen der Aussagen aus den Wasserhaltefähigkeiten weiter untersucht werden. Die Entwicklung eines Versuchsaufbaues befindet sich in Planung.

3.9 Struktur in der Einstreu und Mistmatratzenstabilität

Untersuchungen zur Stabilität in der Festmistmatratze gehen von dem von DIENINGER, A., R. KRAUSE, M. TAMM und H. SONNENBERG (1998) in "Mistmatratzen in eingestreuten Haltungssystemen", Landtechnik 53, 6/98, S. 370-371, beschriebenen und benutzten Messgerät zu Ermittlung des Eindringwiderstandes aus. Es wird zur Zeit verfeinert.

Die wesentlichen Verbesserungen gegenüber dem ursprünglichen Gerät sind:

- eigenes geschlossenes Hydrauliksystem zur Erzeugung der Druckkraft,
- gleichzeitige Erfassung von Eindringwiderstand und Eindringtiefe sowie
- praxisnahe Klauennachbildungen als Drückwerkzeuge.

Da das neue Gerät im Dreipunktanbau eines Schleppers getragen wird und sich damit in der Nähe der Aufstandsflächen der Schlepperräder befindet, waren Vorversuche notwendig, um den Einfluss des Schleppergewichtes auf die zu erfassenden Messwerte auszuschalten. In einem Tiefstreustall wurde eine dünne Metallwelle (Ø 4mm x 2000mm) bis auf den Stallboden in die Mistmatratze (von 40 und 43 cm Dicke) gedrückt. Anschließend wurde mit einem Schlepper (MF 3065 mit Standardbereifung) rückwärts auf diese Stange zu gefahren, so dass die unter den Radaufstandsflächen entstehenden Druckzwiebeln in der Mistmatratze eine Bewegung an der freistehenden Metallwellenspitze bewirken können, sofern sie sie erreichen.

Befindet sich die Welle in der Fahrspur, ist ein Einfluss des Schleppergewichtes bei 90 cm Abstand zur Mitte der Hinterachswelle zu registrieren. Befindet sich die Welle aber in der Mitte der beiden Fahrspuren, wo auch der Druckstempel angeordnet ist, so macht sich selbst bei 75 cm Abstand zur Mitte der Hinterachswelle (Beginn des Zugmaules) noch keine Bewegung bemerkbar. Damit kann das neue Gerät ohne eine spezielle Verlängerung im Dreipunktanbau getragen werden.

Die gleichzeitige Erfassung von Eindringwiderstand und Eindringtiefe soll Aufschluss darüber geben, bis zu welcher Tiefe das Gewicht des Tieres noch getragen wird. Um unterschiedliche Tiere (Milchvieh, Jungvieh, Mastvieh) simulieren zu können, werden entsprechend große Klauennachbildungen verwendet. Nach dem Abschluss von Vorversuchen kann in der kommenden Stallhaltungsperiode mit der Beprobung von Praxisbetrieben begonnen werden.

3.10 Technologische Parameter zur Optimierung eines Einstreugerätes

Zur Optimierung des Einstreuverfahrens (z. B. in der Rinderhaltung) wird von einem vorhandenen Standard-Gerät, dem HAWE-Strohverteilmwagen SVW II R, **Bild 12**, ausgegangen, dessen mechanisches, aus drei parallelen Walzen bestehendes Auflösesystem, **Bild 13**, verbessert werden soll.



Bild 12: HAWE Strohverteilmwagen SVW II R zum Auflösen unterschiedlicher Strohballen und verteilenden Auswerfen zum Einstreuen in Ställen, Abdecken von Mieten u. a. (hier Auswurf in Fahrtrichtung vorn rechts unten)



Bild 13: Ballen-Auflösesystem des HAWE Strohverteilwagens SVW II R mit Kratzboden für die Ballenzuführung

Um den Ist-Zustand zu bestimmen, wurden vorstehend genannte Parameter, für dieses Gerät erfasst, **Tabelle 1**. Das Gerät kann mit unterschiedlichen Stroh-Ballen und verschiedener Vorlageform beschickt werden.

3.11 Tiergerechtheit unterschiedlicher Liegeflächenausführungen

Auf 30 Praxisbetrieben wurden Vor- und Teiluntersuchungen zur Tiergerechtheit in Tieflaufställen, Tretmistställen und Boxenlaufställen mit verschiedenen Boxenbodenausführungen durchgeführt. Dabei erfolgten Beobachtungen des Ruheverhaltens in der Zeit zwischen dem Morgen- und dem Abendmelken. Je nach Verhaltensweise (siehe hierzu Punkt 1.3) konnten die Methoden *Time sampling* oder *Continuous recording* angewendet werden. Tierverschmutzung und Tierverletzungen wurden bonitiert.

Eine Unterteilung innerhalb der Boxenlaufställe ließ es zu, drei *Klassen der Einstreumenge* (Stroh oder Sägemehl) zu untersuchen: keine oder wenig Einstreu in Hochboxen, mittlere Einstreumenge und viel Einstreu in Tiefboxen. In folgenden Fällen ergaben sich in dieser Reihenfolge auch geringere Behinderungen des Verhaltens: weniger Abliegeversuche, kürzere Abliegedauer, mehr Vorderbeinstreckungen, mehr gestreckte Seitenlage und weniger pferdeartiges Aufstehen.

Tab. 1: Ermittlung technologischer Parameter von Strohaufbereitungsvarianten des HAWE-Standard-Strohverteilwagens SVW II R

Strohballen- Presse	Art	spez. Oberfläche (Gasschicht) m ² /g	Partikelgrößen (Siebklas- sierung) mm	Schütt- dichte t/m ³	spez. Volumen des Haufwerks m ³ /t	Partikelanzahl, -größe, -fläche (Bildanalyse) 1; mm; mm ² /g	Wasser-	
							Sorptions- vermögen kg/kg	Aufnahme- vermögen kg/kg
CLAAS Rollant	120 x 120 cm  Standard- vorlage	X	X	X	X	X	X	X
	Ø 120 x 120 cm  Quer- vorlage		X	X	X		X	X
CLAAS Quadrant 1200	120 x 70 x ~200 cm  unge- schnitten		X	X	X		X	
	120 x 70 x ~200 cm  geschnitten		X	X	X		X	

Son01246

Die Tabelle zeigt die bisher ermittelten Parameter von vier gängigen Strohaufbe-
reitungs-Varianten.

Reichlich Einstreu in Tiefboxen zeichnete sich gegenüber den beiden anderen
Klassen aus durch weniger Umtreten, längere Gesamtliegedauer, längere Liege-
perioden, mehr Hinterbeinstreckungen, mehr Wiederkäuen im Liegen, mehr
gleichzeitig Liegende, weniger Aufstehversuche und weniger Technopathien.
Bezüglich der Dauer des Abliegevorspiels lagen die Boxen mit mittlerer Einstreu
nicht signifikant zwischen den beiden anderen Klassen, und das Aufstehen dau-
erte am längsten in den kaum eingestreuten Hochboxen.

Bei den Ställen mit freier Liegefläche (Tretmist oder Tiefstreu) gab es die ge-
ringsten Abweichungen im Verhalten sowie die wenigsten Schäden, aber eine
durchschnittlich höhere Verschmutzung. Eine weichere Liegefläche dürfte ins-
gesamt vorteilhaft für das Liegen sein, mehr Trittsicherheit beim Aufstehen
bieten und ein Einsinken der Karpalgelenke beim Abliegen ermöglichen.

Diskussion der Ergebnisse

Die bisher vorliegenden Erkenntnisse wurden aus der Literatur, projektbezogenen, eigenen Voruntersuchungen und planmäßigen, spezifischen Arbeiten laut unserem gemeinsamen DBU-Vorhaben gewonnen.

- ◆ Einige Ansätze, wie die Oberflächenbestimmung durch monomolekulare Gasanlagerung (3.1) und durch Bildanalyse (3.4), erwiesen sich durchaus als prinzipiell geeignet, wenn auch zunächst als weniger effizient denn erhofft.
- ◆ Die beiden wichtigsten Eigenschaften der Einstreu, Flüssigkeitsbindung und Struktur, werden durch direkte und indirekte Parameter erfasst und zweckdienlich angepasst.
- ◆ Weitere wesentliche Eigenschaften, wie z. B. Wärmedämmung und Weichheit, sind hinsichtlich ihrer Wirkung in der Literatur umfassend dokumentiert. Sie finden hier angemessene Beachtung.
- ◆ Die Staub-Expositionen werden messtechnisch verlässlich erfasst. Ihre gemeingültige Aussagekraft wird jedoch von den jeweiligen Umgebungsbedingungen, z. B. Luftbewegungen in Abhängigkeit von Stallbau und Witterung, beeinträchtigt.
- ◆ Alle Ergebnisse sind praxisgerecht und im Hinblick auf eine ökologische Bewertung angelegt.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Vorführung auf **Tag der offenen Tür der FAL**, Braunschweig, 25.6.2000,

Vortrag und Fachsitzung *Animal Production Technology*, **AgEng2000 International Conference**, Warwick/GB, 2.-7.7.2000,

Diskussion Tierhaltung, **VDI-MEG-Internationale Tagung Landtechnik**, Münster, 9.-10.10.2000,

Diskussion **Projektseminar Festmistwirtschaft**, Großenkneten, 6.12.2000,

Diskussion **Umwelt Bundes Amt/KTBL-Tagung Umwelt- oder Tierschutz**, "Beste verfügbare Technik für die *Schweine- und Geflügelhaltung*", Berlin, 19.6.2001.

Fazit

- An den vorgegebenen, praxisrelevanten Aspekten der Einstreuthematik wird projektgerecht und zielbewusst gearbeitet. Die durchgeführten Untersuchungen werden von Erkenntnissen aus der Literatur und eigenen Vorarbeiten gestützt.
- Die bereits vorliegenden Ergebnisse, wie z. B. aus den Konditionierungstechniken, dem Wasseraufnahmevermögen, der Verteilqualität und den Messungen zur Struktur der Einstreu-/Festmistmatratze durch die Mistmatratzenstabilität, bestätigen weitgehend die dargelegten Erwartungen. Nach dem derzeitigen Stand der Arbeiten wird erwartet, dass das Projektziel planmäßig erreicht wird.