

Universität Kassel
Gesamthochschule



***Untersuchungen zur Eignung von Einstreumaterial in
umweltverträglichen und tiergerechten Haltungssystemen
für Rinder und Schweine***

Witzenhausen im Oktober 1994

Prof. Dr.-Ing. R. Krause
Dr. B. Lehmann
Dipl.-Ing. agr. Chr. Schellert
cand. agr. S. Seliger
H. Tostmann

1. Einleitung

Eingestreute Haltungssysteme für Rinder und Schweine werden in der letzten Zeit wieder intensiv als Alternative zu einstreulosen Systemen diskutiert. Dabei steht die Vorstellung einer artgerechteren Tierhaltung und einer verbesserten Umweltverträglichkeit klar im Vordergrund. Aus diesen Gründen heraus gibt das Land Hessen auch besondere Investitionsanreize für den Bau und die Umsetzung von eingestreuten Haltungssystemen in die Praxis.

1.1 Problemstellung

Die Funktion der Einstreu in den unterschiedlichen Haltungssystemen hängt dabei sowohl von der Tierart als auch von der eingesetzten Menge ab. Grundsätzlich erfüllt Einstreumaterial in der Tierhaltung aus verfahrenstechnischer Sicht folgende Aufgaben:

1. Feuchtigkeitsaufnahme (Kot und Harn),
2. Wärmedämmung,
3. Elastizität/Plastizität und
4. Substratcharakter.

Während die Kriterien Feuchtigkeitsaufnahme und Wärmedämmung sowohl für Rinder als auch für Schweine eine Bedeutung haben, so benötigen Elastizität/Plastizität des Untergrundes in erster Linie Rinder beim Aufsteh- und Abliegevorgang, den Substratcharakter hingegen nutzen vor allem Schweine als Beschäftigungsmöglichkeit. Abgesehen von letzterem Merkmal werden die Eigenschaften 1. bis 3. nur bei "größeren" Mengen an Einstreumaterial erreicht.

Sollen aus baulich technischer Sicht die Vorteile eingestreuter Haltungssysteme wie z. B. gute Altgebäudenutzung, Wegfall aufwendiger Stalleinrichtungsgegenstände, einfache Bodengestaltung, einfache Gebäudehüllen usw. genutzt werden, dann muß Einstreumaterial als Betriebsmittel in ausreichenden Mengen und entsprechender Qualität zur Verfügung stehen. Die Kenntnis beider Kriterien stellt für die landwirtschaftliche Praxis eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Einrichtung und den Bau eingestreuter Haltungssysteme für Rinder und Schweine dar.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der eigenen Untersuchungen ist es daher, die Eigenschaften unterschiedlicher Einstreumaterialien zu ermitteln und den Bedarf an Einstreumaterial für die einzelnen Funktionen möglichst genau festzulegen.

Im Rahmen des von der Zentralen Forschungsförderung finanziell unterstützten Projektbereiches steht die Frage der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe zunächst im Vordergrund. Folgende Teilziele galt es zu bearbeiten:

1. Entwicklung einer Methode zur Untersuchung der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe von Einstreumaterial,

2. Untersuchung einzelner Einflußfaktoren auf die Feuchtigkeitsaufnahme wie z. B. Getreidesorte, mechanische Aufbereitung, Lagerungsart usw. und
3. Ermittlung der Einstreueffizienz im Bezug auf den angestrebten Effekt (Feuchtigkeitsaufnahme).

2. Material und Methode

Da die Angaben zur Eignung unterschiedlich aufbereiteter Einstreumaterialien (Getreidestroh) in der Literatur z. T. widersprüchliche Aussagen liefern und die Beschreibung der Methoden häufig äußerst knapp gehalten ist, sollte im ersten Projektabschnitt eine eigene Methode zur Untersuchung der Wasseraufnahme und -abgabe entwickelt werden. Die einzelnen Entwicklungsschritte sind nachfolgend dargestellt.

1. Schritt

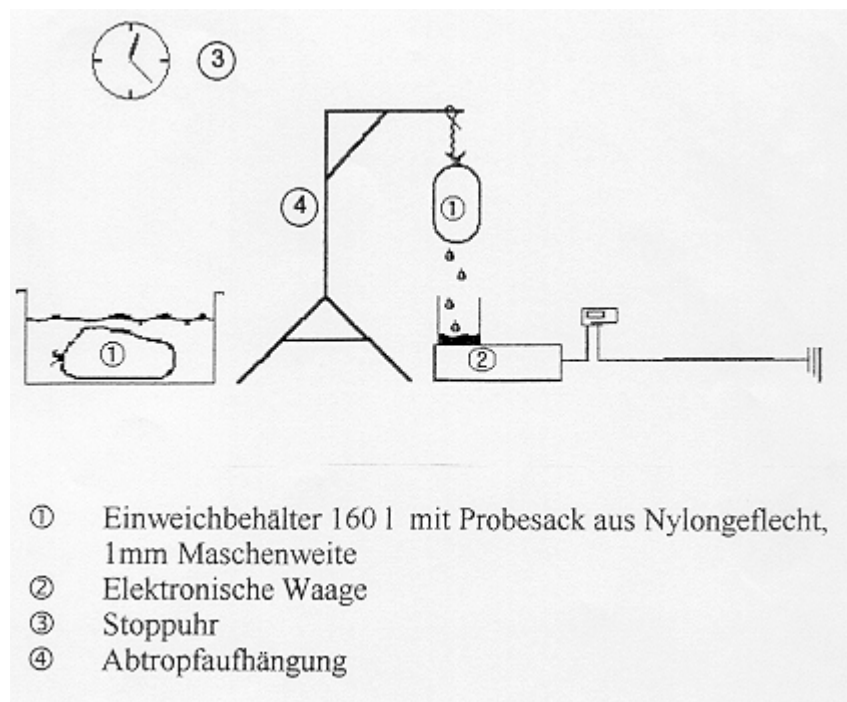


Abb. Versuchsaufbau zur Ermittlung der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe von Einstreumaterial ("Abtropfversuch").

Die Probe mit Einstreumaterial (200 g) wurde abgewogen, in einen Probesack gesteckt und anschließend in den mit Wasser gefüllten Einweichbehälter gegeben. Nach 24 h (dieser Zeitraum wird einheitlich als ausreichend beschrieben Matthias 1992) wurde die Probe entnommen und das abtropfende Wasser in einem Behälter aufgefangen. Die Masse des abgetropften Wassers wurde nach 3 min, 1 h und nach 17 h ermittelt. Nach 17 h wurde die gesamte Probe ebenfalls gewogen. Aus den

Werten konnten die Stroh:Wasser-Verhältnisse zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten errechnet werden.

Es zeigte sich, daß nach 24 h Einweichdauer und 17 h Abtropfzeit noch ein sehr großer Anteil an Wasser im Stroh gehalten wurde. Der Wasseranteil verringerte sich durch Abtropfen nicht mehr, jedoch trat durch Verdunstung eine Verringerung ein (Verdunstung von einer Fläche von 254 cm² = 24,8 g). Die einzelnen Werte sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. Übersicht über die Ergebnisse des Abtropfversuches.

| Nummer | Zeit | Abtropfwasse r [g] | Strohgewicht t [g] | Verhältnis Stroh : Wasser |
|--------|---------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 3 min. | - | 1090,0 | 1 : 4,3 |
| 2 | 1 S7td. | 132,3 | 957,7 | 1 : 3,6 |
| 3 | 17 Std. | 50 | 907,7 | 1 : 3,4 |

Die Methode hat einige Schwachpunkte aufzuweisen. Die Versuchsdurchführung zieht sich über mehrere Tage (24 h + 17 h). Problematisch ist die Verdunstung zu betrachten, die innerhalb eines Tages beträchtlich sein kann. Durch die Versuchsdurchführung ist dieses Wasser nicht erfaßt, da das Strohgewicht über das abgetropfte Wasser errechnet wird. Der Fehler ließe sich nur durch die Nutzung einer Klimakammer ausschließen. Als dritter Punkt muß die Nässe des Strohes nach der Versuchsdurchführung angeführt werden. Das Stroh ist selbst nach 17 h noch so naß, daß es mit in der Praxis verwendeter Einstreu nicht zu vergleichen ist. Dieses würde in der Ergebnisinterpretation Schwierigkeiten bereiten.

2. Schritt

Zur Verkürzung des Abtropfzeitraumes und um Verdunstungsprozesse möglichst zu verhindern, wurde im zweiten Schritt eine Zentrifugation (Schleudern) der eingeweichten Proben vorgenommen (Abb. 2).

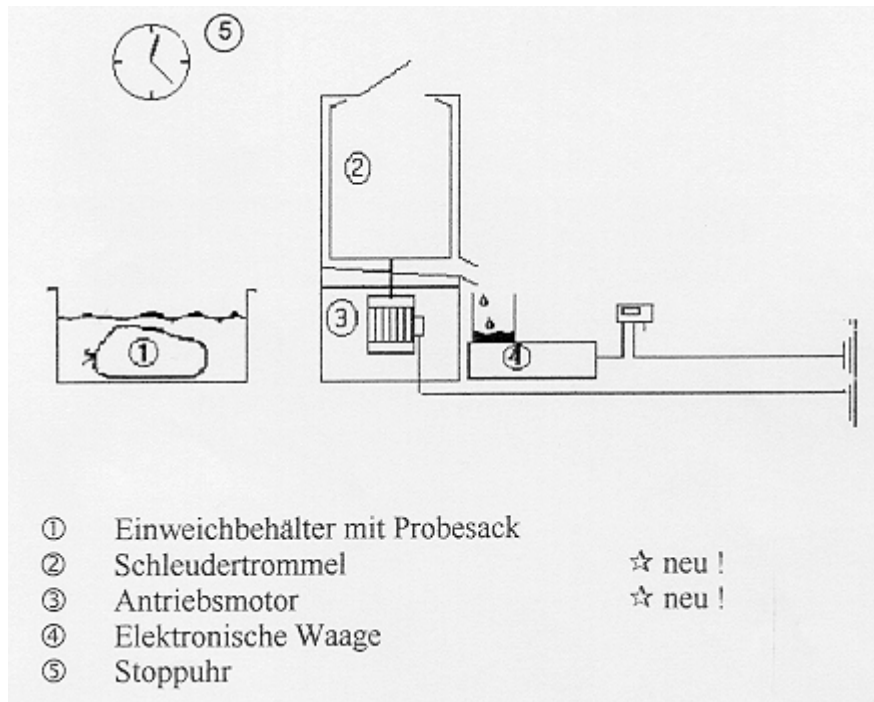


Abb. 2: Versuchsaufbau zur Ermittlung der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe von Einstreumaterial ("Schleuderversuch - Schleuderdauer").

Die Probe mit Einstreumaterial (300 g) wurde abgewogen und in den Probesack gesteckt und in den mit Wasser gefüllten Einweichbehälter gegeben. Nach 24 h wurde die Probe entnommen und 10 min zum Abtropfen aufgehängt. Danach wurde die Probe 3 min in der Zentrifuge bei 1400 U/min geschleudert. Die Beschleunigung beträgt dabei 254 g. Alle 30 sec wurde das Gewicht des ausgeschleuderten Wassers erfaßt, so daß sich 6 Meßwerte je Probe ergeben. Nach dem Ausschleudern wurde das nasse Stroh gewogen. Hierdurch kann rechnerisch das Gewicht der Probe zu jedem Meßpunkt ermittelt werden.

Es zeigte sich, daß bei einer Belastung mit 254 g keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Einstreumaterialien mehr zu erkennen sind. Die einzelnen Werte sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Übersicht über die Verhältnisse von Stroh : Wasser bei verschiedenen Einstreumaterialien.

| Zeit | HD Stroh Stroh : H ₂ O n = 2 | gehäckseltes Stroh Stroh : H ₂ O n = 7 | gemahlenes Stroh Stroh : H ₂ O n = 1 | Lang stroh Stroh : H ₂ O n = 1 |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 30 [sec.] | 1 : 2,40 | 1 : 5,75 | 1 : 2,88 | 1 : 2,85 |
| 60 [sec.] | 1 : 2,38 | 1 : 2,73 | 1 : 2,57 | 1 : 2,79 |
| 90 [sec.] | 1 : 2,35 | 1 : 2,39 | 1 : 2,46 | 1 : 2,6 |
| 120 [sec.] | 1 : 2,15 | 1 : 2,30 | 1 : 2,40 | 1 : 2,58 |
| 150 [sec.] | 1 : 2,31 | 1 : 2,30 | 1 : 2,36 | 1 : 2,54 |
| 180 [sec.] | 1 : 2,17 | 1 : 2,20 | 1 : 2,33 | 1 : 2,58 |

Die Vermutung liegt nahe, daß eine Belastung mit 254 g viel zu hoch ist. Bei einer so hohen Belastung tritt immer das gesamte Wasser aus und variantenspezifische Unterschiede können nicht ermittelt werden.

3. Schritt

Um materialspezifische Unterschiede besser herausarbeiten zu können, wurde die Zentrifuge mit einer Drehzahlsteuerung versehen (Abb. 3).

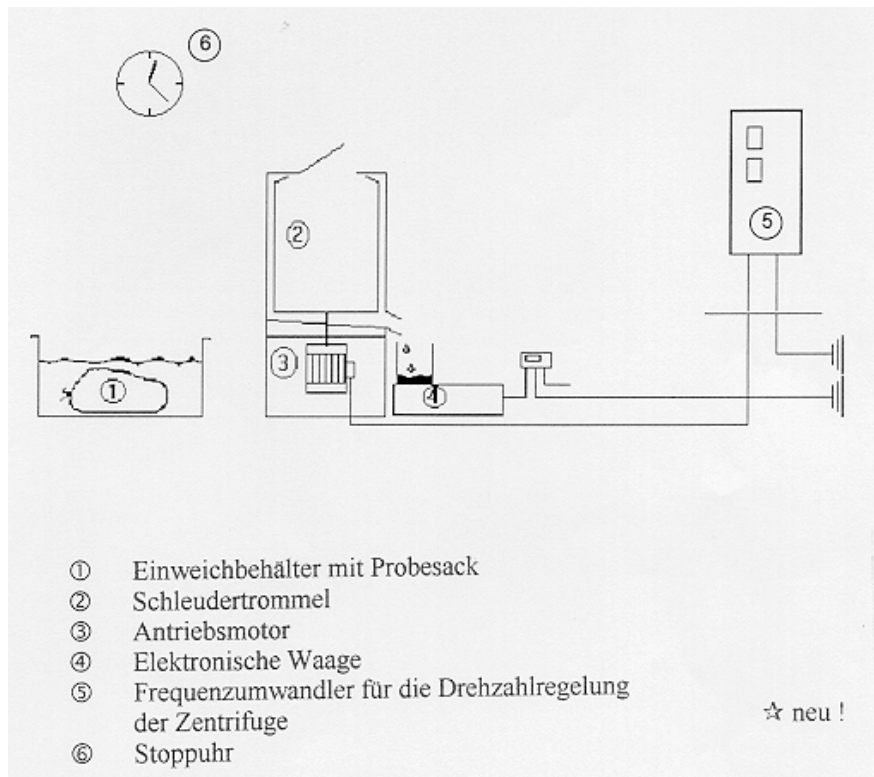


Abb. 3: Versuchsaufbau zur Ermittlung der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe von Einstreumaterial ("Schleuderversuch mit Drehzahlregelung").

Die Probe mit Einstreumaterial (300 g) wurde abgewogen und in den Probensack gesteckt, dann in den mit Wasser gefüllten Einweichbehälter gegeben. Nach 24 h wurde die Probe entnommen und 10 min zum Abtropfen aufgehängt. Danach wurde die Probe 3 min in der Zentrifuge bei 207 U/min, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400 U/min geschleudert. Die unterschiedlichen Beschleunigungen sind in Tabelle 3 angegeben. Alle 30 sec wurde das Gewicht des ausgeschleuderten Wassers erfaßt, so daß sich 78 Meßwerte ergeben. Nach dem Ausschleudern wurde das nasse Stroh gewogen. Hierdurch kann durch Zurückrechnen das Gewicht der Probe zu jedem Meßpunkt ermittelt werden (Tab. 4).

Tab. 3: Übersicht über die Beschleunigung während der Versuchsphasen.

| | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 207 U/min. | 300 U/min. | 400 U/min. | 500 U/min. | 600 U/min. | 700 U/min. | 800 U/min. |
| 5,6 g | 11,7 g | 20,8 g | 32,4 g | 46,7 g | 63,5 g | 83,0 g |

| | | | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 900 U/min. | 1000 U/min. | 1100 U/min. | 1200 U/min. | 1300 U/min. | 1400 U/min. |
| 105,0 g | 126,7 g | 156,9 g | 186,7 g | 219,2 g | 254,2 g |

Durch die Variation der Ausschleuderintensität konnte erkannt werden, daß ab einer Beschleunigung von ca. 100 bis 120 g keine Unterschiede in den Einstreumaterialien mehr ersichtlich sind. Des weiteren kann auf eine 30 sec Probenahme zu Gunsten einer 3 min Probenahme verzichtet werden. Eine entscheidende Bedeutung kommt dem Probensack zu. Für eine gute Versuchsdurchführung muß er gut wasserdurchlässig und schlecht Strohdurchlässig, d. h. engmaschig sein. Auch darf er keine eigene Wasseraufnahme aufweisen.

Gelingt es, die Belastung feuchter Einstreu durch Fliehkraft mit praxisüblichen Einstreubelastungen abzugleichen, wäre hiermit eine standartisierte Einstreuuntersuchung möglich.

Tab. 4: Die Stroh : Wasser-Verhältnisse der Einstreumaterialien bei unterschiedlichen Umdrehungszahlen (jeweils 1 Teil Stroh : x Teilen Wasser)

| | 0 U/min | 207 U/min | 300 U/min | 400 U/min | 500 U/min | 600 U/min | 700 U/min | 800 U/min | 900 U/min | 1000 U/min |
|--------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| W.G. RB-Stroh | 3,95 | 3,23 | 3,00 | 2,84 | 2,71 | 2,60 | 2,52 | 2,46 | 2,41 | 2,36 |
| W.G. RB-Stroh gehäckselt | 3,97 | 3,34 | 3,08 | 2,89 | 2,74 | 2,62 | 2,52 | 2,44 | 2,38 | 2,32 |
| W.G. RB-Stroh gemahlen | 5,08 | 4,02 | 3,62 | 3,36 | 3,13 | 2,95 | 2,80 | 2,67 | 2,55 | 2,45 |
| W.W. HD-Stroh | 3,85 | 3,06 | 2,82 | 2,63 | 2,49 | 2,38 | 2,30 | 2,23 | 2,18 | 2,13 |

4. Schritt

Der vierte Schritt bei der Entwicklung des Versuchsaufbaues verfolgte das Ziel, die Datenerfassung (Wägung des austretenden Wassers) zu automatisieren und den Zeitbedarf je Probe zu verringern (Abb. 4).

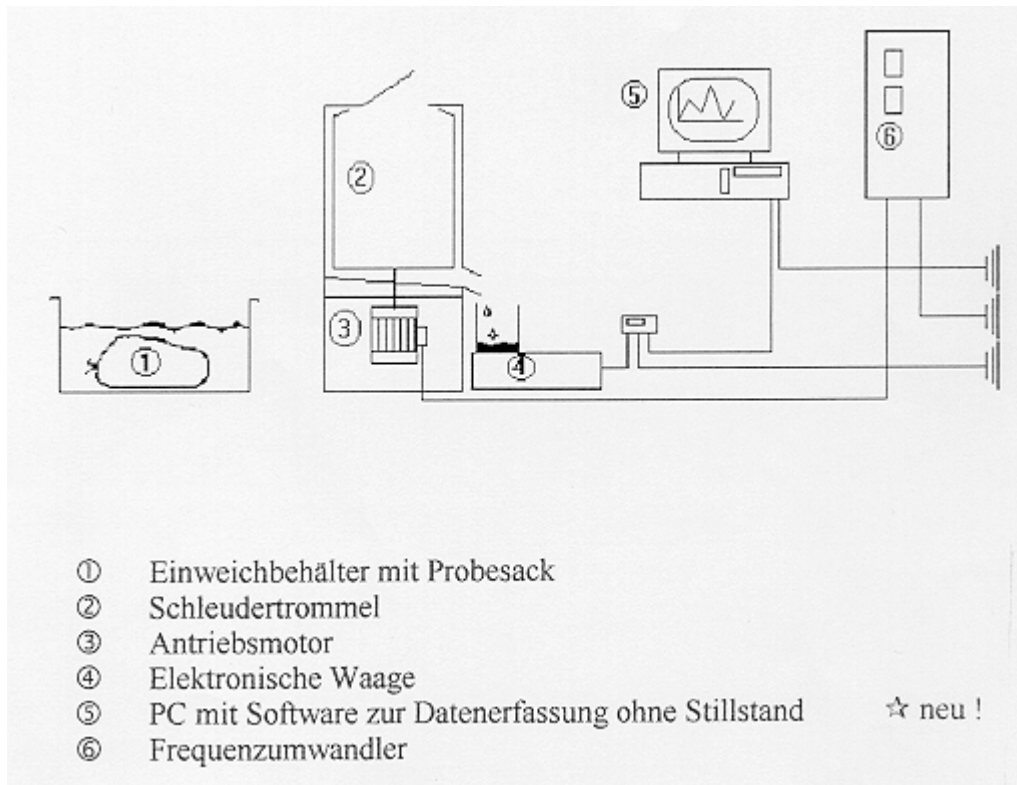


Abb. 4: Versuchsaufbau zur Ermittlung der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe von Einstreumaterial ("Schleuderversuch mit Drehzahlregelung und kontinuierlicher Datenerfassung"). Die erarbeitete Vorgehensweise zur Untersuchung der Einstreueignung hinsichtlich Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe ist zusammenfassend nochmals in Tab. 5 dargestellt.

Tab. 5: Methodische Vorgehensweise für die Untersuchung von Einstreumaterial im Bezug auf die Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe.

| | | |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Abfüllen der Einstreuproben in Poly Säcke | á 300 g |
| 2 | Einweichen (Proben müssen komplett mit Wasser bedeckt sein) | 24 h |
| 3 | Einschalten der Meßeinrichtung | 0 min ⁻¹ |
| 4 | Abtropfen der Probesäcke über dem Einweichkübel | 15 sec |
| 5 | Einlegen in die Schleuder (Tropfwasser auffangen und ebenfalls in die Schleuder kippen) | |
| 6 | Belassen in der Schleuder bis < 5 g/10 sec | |
| 7 | Anstellen der Schleuder bis < 5 g/10 sec | 200 min ⁻¹ |

| | | |
|----|---------------------------------------------------|------------------------|
| 8 | Erhöhen der Drehzahl | 1000 min ⁻¹ |
| 9 | Abstellen der Schleuder wenn < 5 g/10 sec | |
| 10 | Entnehmen und Wiegen der "trockenen" Säcke | |

3. Erste Ergebnisse

Die methodischen Vorarbeiten haben sich insgesamt als sehr aufwendig und zeitintensiv erwiesen, so daß der ursprünglich vorgesehene Umfang an Versuchsreihen im abgelaufenen Projektzeitraum nicht bearbeitet werden konnte.

Erste Ergebnisse zur Feuchtigkeitsaufnahme von Weizenstroh (aus ökologischem Anbau) sind nachfolgend dargestellt. Tab. 6 gibt einen Überblick über die aufgenommene Wassermenge je kg Weizenstroh sowie das Stroh-Wasser-Verhältnis.

Tab. 6: Wasseraufnahme von Winterweizenstroh (HD-Ballen) aus ökologischem Anbau.

| Probe Nr. (300 g WW-Stroh) | gesamte Wasseraufnahme g | gesamte Wassermenge ohne ablaufendes Wasser (0 U/min) g | Stroh:Wasser 1 : |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1 | 1126 | 1057 | 3,52 |
| 2 | 1164 | 1071 | 3,57 |
| 3 | 1245 | 1027 | 3,43 |
| 4 | 1212 | 1055 | 3,52 |
| 5 | 1199 | 996 | 3,32 |
| Mittelwert | 1189 | 1041 | 3,47 |
| Standardabw. | 46 | 30 | 0,10 |

Die Streubreite der Ergebnisse ist außerordentlich gering, so daß von einer guten Reproduzierbarkeit ausgegangen werden kann.

Als zweites Kriterium wurde die Wasserabgabe unter verschiedenen Belastungen untersucht. Abb. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf des Mittelwertes aus fünf Proben, Abb. 6 die Einzelkurven (die Belastungsstufe 1400 U/min blieb in der Darstellung unberücksichtigt).

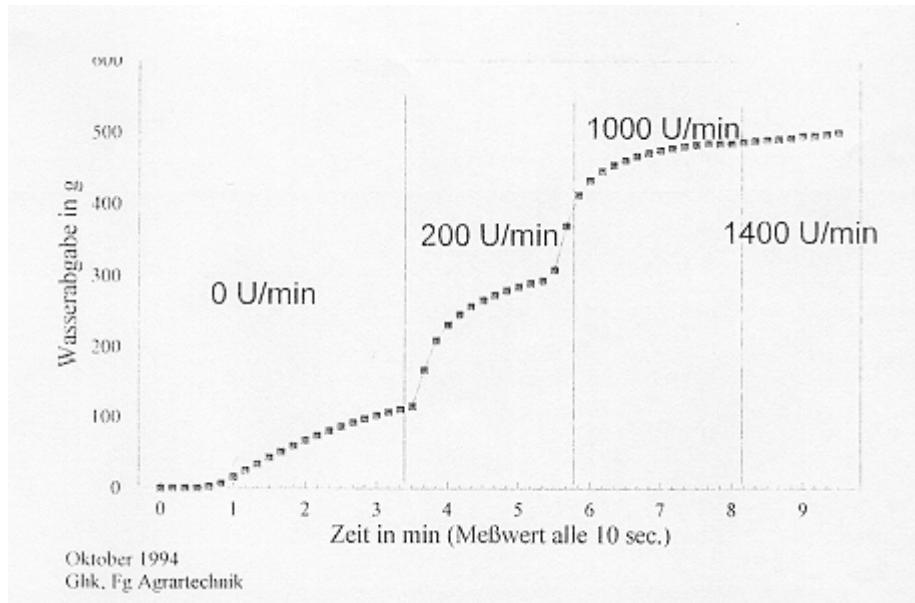


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf der Wasserabgabe von Winterweizenstroh (HD-Ballen) aus ökolog. Anbau bei unterschiedlichen Belastungsstufen (Mittelwert aus n=5).

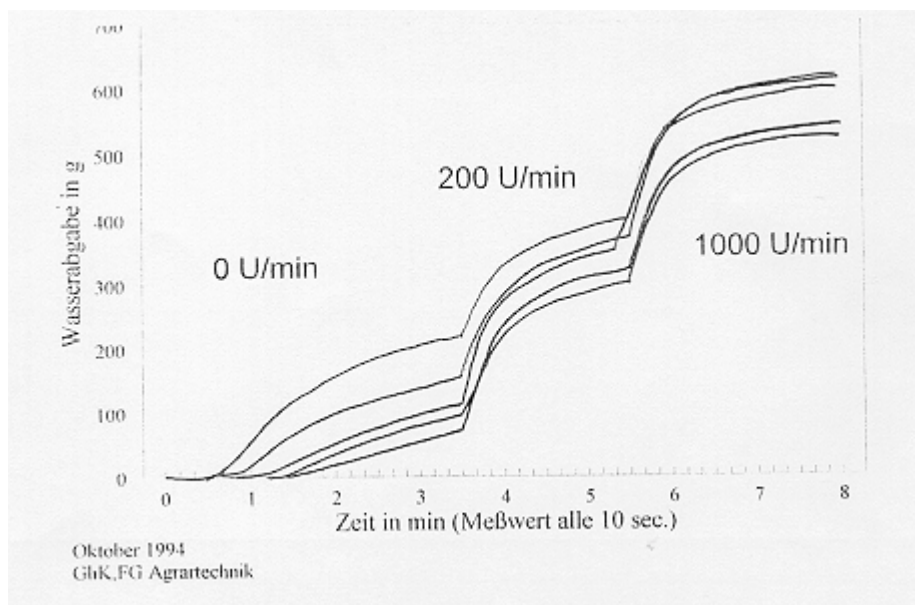


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Wasserabgabe von Winterweizenstroh (HD-Ballen) aus ökolog. Anbau bei unterschiedlichen Belastungsstufen.

Anhand dieses Merkmals werden deutliche Unterschiede im Bezug auf die Austrittsgeschwindigkeit bzw. das Festhaltevermögen von Feuchtigkeit in der Einstreu bei verschiedenen Getreidearten und Aufbereitungstechniken erwartet. Eine Fortsetzung der Versuchsreihen und eine varianzanalytische Auswertung ist für das folgende Jahr vorgesehen.

Zur Beurteilung der Effizienz des Einstreueinsatzes in Tierhaltungssystemen zum Zwecke der Feuchtigkeitsbindung wurde ebenfalls ein erster Vorversuch durchgeführt. Die Verwendung einer Festmistprobe an Stelle einer Strohprobe zeigte, daß je kg Festmist-Trockensubstanz maximal 7-8 kg Feuchtigkeit gebunden werden können. Dies ist weit mehr als im frischen Einstreumaterial. Offensichtlich sind die stofflichen und chemischen Veränderungen durch die teilweise Passage der Einstreu durch den Verdauungstrakt der Tiere sowie Kotbestandteile im Festmist (z. B. Schleimstoffe) an diesem Unterschied beteiligt. Die weitere Bearbeitung dieser sehr komplexen Thematik muß jedoch zunächst zurückgestellt werden.

4. Weitere Vorgehensweise

Abweichend vom ursprünglichen Zeitplan sollen 1995 die systematischen Versuche zur Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe von Einstreumaterial fortgesetzt werden. Die Ergebnisse sollen in Modellrechnungen zur Ermittlung des Einstreubedarfes eingesetzt und überprüft werden.

Weiterhin erweist sich als zweites Kriterium für die Beurteilung der Einstreueignung die Tragfähigkeit von Streuschichten in Tiefstreusystemen als sehr wesentlich vor allem im Hinblick auf die Ermittlung von Grenzen einer mechanischen Aufbereitung (Zerkleinerung) zur Verbesserung der Feuchtigkeitsaufnahme. Beide Merkmale verhalten sich antagonistisch. Dies ist zugleich der Grund für eine Änderung des Untersuchungsschwerpunktes für das Jahr 1995 hin zur Methodenentwicklung und Untersuchung der Tragfähigkeit von Streuschichten in Tiefstreusystemen.