

Tafel 7. Korrelationskoeffizienten für das Merkmal „Größe der Kettenzugkraft“ bei gleichzeitig auftretenden Kräften bei den Nachbarkühen x und y

Ver- suchs- Nr.	Ver- suchs- tag	Kuh x	Kuh y	Korrelations- koeffizient $r_{xy}$	Signifi- kantz- niveau %
1	1	1	2	-0,824	99,90
1	2	1	2	-0,804	95,00
1	3	1	2	-0,817	95,00
1	4	1	2	-0,719	99,90
1	5	1	2	-0,467	99,73
1	6	1	2	-0,563	99,90
1	7	1	2	-0,712	99,90
5	1	1	3	-0,057	—
5	1	4	5	-0,028	—
5	2	1	3	-0,377	99,00
5	2	4	5	+0,022	—
5	3	1	3	-0,428	99,90
5	3	4	5	-0,189	90,00
5	4	1	3	-0,280	99,00
5	4	4	5	-0,307	99,00
5	5	1	3	-0,188	99,00
5	5	4	5	-0,310	99,90
5	6	1	3	-0,393	99,90
5	6	4	5	+0,061	—
5	7	1	3	-0,256	90,00
5	7	4	5	-0,194	90,00

die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von gleichzeitig 2, 3 und 4 physikalisch maximal möglichen Kettenzugkräften geschätzt werden. Für das Auftreten der maximal möglichen Kettenzugkraft bei einer Kuh wird der Wert von  $3,36 \cdot 10^{-5}$  angenommen. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von gleichzeitig zwei Tierkräften beträgt nach den vorliegenden Meßergebnissen  $2,83 \cdot 10^{-2}$ . Folglich ergibt sich die Wahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Auftreten von zwei Kräften mit der maximal möglichen Größe zu  $3,19 \cdot 10^{-11}$ . Da in der normativen Nutzungsdauer von 10 Jahren an einem Bauteil, das durch zwei Kühe belastet wird, aber nur  $2,29 \cdot 10^7$  Lastwechsel zu erwarten sind, müßten 1369 Bauteile je 10 Jahre lang belastet werden, damit der

gesuchte Fall bei normalem technologischen Ablauf im Stall einmal auftritt. Die vorliegenden Meßergebnisse lassen den Schluß zu, daß an rd. 1400 Grabnerketten in 10 Jahren normativer Nutzungsdauer der maximale Lastfall einmal zu erwarten ist. Es wird deshalb die Schlußfolgerung gezogen, daß der Lastfall „zwei Kühe belasten dasselbe Bauteil mit der maximalen Kraft“ bei der statischen Dimensionierung der Grabnerkette für den normalen technologischen Ablauf nicht berücksichtigt zu werden braucht. Ähnlich verhält es sich mit dem gleichzeitigen Auftreten von drei und vier maximal möglichen Kettenzugkräften an einem Bauteil. Die Wahrscheinlichkeit ist mit  $2,15 \cdot 10^{-16}$  bei drei und  $3,06 \cdot 10^{-21}$  bei vier gleichzeitig auftretenden Kräften, die den physikalischen Grenzwert erreichen, so klein, daß diese Fälle bei der Dimensionierung der Bauteile für die Grabnerkette vernachlässigt werden können. Zu prüfen ist noch, ob die vorliegenden Meßergebnisse auf andere Baugruppen der Standausrüstung übertragen werden können. Da die Belastungen auch durch die Umwelt, in der die Kühe leben, beeinflusst werden, sind diese Fehler hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Ergebnisse noch abzuschätzen.

#### 4. Zusammenfassung

Diskutiert wurden Meßergebnisse der Betriebsbelastungsanalyse an der Grabnerkette, die unter Produktionsbedingungen in einem Anbindestall bei normalem technologischen Ablauf gewonnen wurden. Für die statische Dimensionierung der Baugruppen spielt die Wahl der Lastannahmen eine große Rolle. Bei der Erarbeitung von Lastannahmen sind alle Lastfälle zu berücksichtigen, um die Bauteile für alle Anwendungsgebiete und über die gesamte Nutzungsdauer funktionstüchtig zu gestalten. Die notwendige Senkung des Stahleinsatzes je Tierplatz erfordert, die Bedeutung der Lastannahmen und ausgewählten Lastfälle für die tatsächlich auftretende Belastung während der gesamten Nutzungsdauer festzustellen. Die vorliegenden Meßergebnisse lassen die Schlußfolgerung zu, daß bei der Erarbeitung der Lastannahmen für die statische Dimensionierung der Bauteile der Grabnerkette

die Lastfälle „2, 3 und 4 Kühe belasten gleichzeitig dasselbe Bauteil mit der maximal möglichen Kraft“ wegen der kleinen Erwartungswahrscheinlichkeit nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Diese Aussagen gelten nur für normalen technologischen Ablauf. Extremsituationen sind hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Betriebsbelastungen gesondert zu betrachten.

#### Literatur

- [1] Krone, R.: Entwicklung einer Festlegevorrichtung für das Puerperalabteil einer Milchproduktionsanlage großer Tierkonzentration. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Forschungsbericht 1976 (unveröffentlicht).
- [2] TGL 32302/02 Standausrüstung für Rinder; Freßplatzabtrennungen. Ausg. 9/76, verbindlich ab 1. Juli 1977.
- [3] Bähr, H.; Türpitz, L.: Die Trittsicherheit von Stallfußböden und der Einflußfaktor Reibwiderstand. agrartechnik 26 (1976) H. 5, S. 241—243.
- [4] TGL 32456 Stallfußboden; Allgemeine Forderungen. Ausgabe 10/76, verbindlich ab 1. Juli 1977.
- [5] Krone, R.: Experimentelle Ermittlung der Belastungswerte für die Standausrüstung in Milchproduktionsanlagen. agrartechnik 27 (1977) H. 11, S. 488—490. A 2072

## Verringerung der Reibung an Gleitbandförderanlagen

Dipl.-Ing. M. Ziesch

### 1. Problemstellung

In Anlagen der industriemäßigen Rinderproduktion bilden Gurtbandförderer zur Verteilung und zum Transport von Futtermitteln ein entscheidendes Mechanisierungsmittel. Einer großen Anzahl von Vorteilen dieses Transportmittels, wie z. B.

- weitestgehend schonender Guttransport
  - große Leistung bei hohen Fördergeschwindigkeiten
  - geringer Verschleiß der Bauelemente
  - Möglichkeit der automatischen Steuerung und Regelung
  - geringe Wartungs- und Betriebskosten
  - geringer Bewegungswiderstand
  - geringer Platzbedarf
- stehen aber einige Nachteile gegenüber, die

einer noch schnelleren Verbreitung in Tierproduktionsanlagen (TPA) entgegenwirken. Solche Nachteile, die sich besonders aus den Einsatzkriterien der TPA ergeben, sind z. B.

- Beschränkung des Förderwinkels
  - geringe Fördermasse durch die geringe Schüttdichte der Futtermittel
  - Haften des Fördergutes am Band, an Umlenk- und Tragrollen
  - hohe Anschaffungskosten
  - relativ hoher Materialaufwand
  - Geradlinigkeit der Bandtrassenführung.
- Bandförderanlagen können grundsätzlich in zwei Typen eingeteilt werden:
- Anlagen mit tragrollengestütztem Gurt
  - Anlagen mit gleitendem Gurt.

Nach dem Fördergutquerschnitt werden flache

und gemuldete Bänder unterschieden.

Aus der Sicht der Funktion ist es für beliebige Einsatzfälle gleich, ob ein gleitendes oder ein tragrollengestütztes Band einzusetzen ist. In TPA kommen folgende gleitende Bandführungen zum Einsatz:

- Krippenauszugsband
- obenliegendes Band mit oszillierendem Abstreicher
- Gleitisch zur Aufhebung der Bandmuldung bei Abstreichstellen.

Die Reibung zwischen Band und Gleitfläche und eine maximal mögliche Bandlänge, die sich daraus ergibt, daß der Bewegungswiderstand mit zunehmender Bandlänge linear ansteigt, bilden Grenzen für die weitere Anwendung von Gleitbandförderanlagen in TPA, obwohl sie

niedrigere Anschaffungskosten verursachen als Bänder auf Tragrollen.

## 2. Reibungsvorgang bei Gleitbandförderanlagen

### 2.1. Einflußfaktoren

Da zwischen Reibungs- und Verschleißverhalten ein sehr enger Zusammenhang besteht, ist eine Zuordnung der Einflußfaktoren nur zu beiden Vorgängen gleichzeitig möglich. Die wichtigsten Einflußfaktoren sind:

- Werkstoffpaarung
- Oberflächenbeschaffenheit (Rauigkeit, Härte)
- Oberflächengestaltung
- Zwischenmedien (Schmiermittel, Druckluft)
- Flächenpressung
- Gleitgeschwindigkeit
- Temperatur.

Sie wirken gleichzeitig und bedingen sich bzw. hängen voneinander ab, so daß eine Veränderung des Reibverhaltens nicht ohne weiteres nur einem dieser Faktoren zuzuordnen ist und daß die Veränderung eines Faktors auch zu einer Beeinflussung anderer Faktoren führen kann.

### 2.2. Theoretische Grundlagen

Die Reibungslehre in ihrer Gesamtheit beinhaltet die Erscheinungen der Reibung, des Verschleißes und der Schmierung, die sich gegenseitig beeinflussen. Eine Analyse der vorhandenen Kenntnisse zeigt, daß es besonders auf dem Gebiet der Festkörper- und Mischreibung noch größere Lücken gibt.

Entsprechend der in [1] gegebenen Definition treten bei Gleitbandförderanlagen im Betrieb Gleitreibung und während des Anlaufvorgangs Haftreibung auf. Als Reibungszustände kommen sowohl Festkörperreibung als auch Mischreibung vor. Entsprechend dieser unterschiedlichen Reibungszustände treten auch verschiedene Verschleißarten auf, wie Trockengleitverschleiß, Schmiergleitverschleiß und Korngleitverschleiß. Diese Verschleißarten werden besonders durch das sich zwischen Gurtband und Stützfläche befindliche Verschleißmittel bestimmt.

Zur Beschreibung eines großen Teils von Reibungsvorgängen werden auch gegenwärtig noch die von Amontons und Coulomb aufgestellten Gesetze angewendet. Dabei wird eine proportionale Abhängigkeit der Reibkraft  $F_R$  von der Normalkraft  $F_N$  angegeben. Der Proportionalitätsfaktor  $\mu$  ist dabei der Reibwert:

$$\mu = F_R / F_N$$

Da dieses Gesetz nur eine lineare Abhängigkeit der Reibkraft von der Normalkraft, unabhängig von den im Abschnitt 2.1. angegebenen Einflußfaktoren, aufweist, ist es erforderlich, seinen Gültigkeitsbereich durch experimentelle Untersuchungen festzulegen.

### 2.3. Experimentelle Untersuchungen

Ausgangspunkt der Untersuchungen waren die in industriemäßigen Rinderproduktionsanlagen verwendeten Gleitbandförderanlagen. Ein entscheidender Nachteil aller dieser Anlagen ist der hohe Antriebsenergiebedarf, der auf einen hohen Reibungswiderstand, d.h. auf ein ungünstiges Reibverhalten hinweist. Dieses ungünstige Reibverhalten führt zu extremen Gurtzugkräften und somit zu hohen Bandbeanspruchungen. Für die experimentellen Untersuchungen wurden als Ist-Zustand ein PVC-Gurtband, 2lagig, Oberfläche AA (mit Deckschicht), und eine Gleitunterlage aus Stahlblech angesetzt. Trockene, ungeschmierte

Reibpaarungen wurden deshalb angewendet, weil andere Untersuchungen gezeigt haben, daß extreme Reibwerte besonders bei trockenen Reibflächen auftreten [2]. Folgende Einflußfaktoren wurden untersucht:

- 4 verschiedene Gurtbänder (PVC und Gummi)
- 15 unterschiedliche Gleitplatten
- Geschwindigkeiten von 0,5 bis 2,5 m/s
- Anpreßdrücke von 0,04 bis 0,78 N/cm<sup>2</sup>.

Mit Hilfe der Untersuchungen sollten Reibpaarungen ermittelt werden, die minimale Gurtzugkräfte hervorrufen, d.h., die ein günstiges Reibverhalten zeigen.

### 2.4. Versuchsergebnisse

Wie aus den aufgestellten Versuchsparametern ersichtlich ist, fällt bei den durchgeführten Messungen zwangsläufig eine große Anzahl von Meßergebnissen an. Charakteristisch für die Meßergebnisse ist, daß die Reibkräfte über einen Bandumlauf sehr starken Schwankungen unterliegen (Bild 1). Die größten Schwankungen treten dabei an den durch den Gurtstoß auftretenden Ungleichmäßigkeiten auf. Die Mittelwerte der Reibkräfte wurden nicht durch Planimetrieren der Meßschriebe, sondern durch Messungen mit Hilfe eines Mittelwertmeßgeräts gewonnen. Dabei bestand die Möglichkeit, die Meßzeit beliebig einzustellen. Allen Mes-

sungen lag eine konstante Meßzeit zugrunde. Im folgenden sollen einige Ergebnisse von Versuchen mit PVC-Gurtbändern verschiedener Oberflächenbeschaffenheit dargestellt werden. Untersucht wurden:

- PVC-A: PVC-Band mit PVC-Deckschicht auf der Lauffläche
- PVC-B: PVC-Band mit Deckanstrich auf der Lauffläche
- PVC-C: PVC-Band mit einer offenen Gewebereinlage auf der Lauffläche.

Im Bild 2a ist die Abhängigkeit der Reibwerte von Werkstoffpaarung und Gleitgeschwindigkeit dargestellt, im Bild 2b die Abhängigkeit der Reibwerte bei verschiedenen Werkstoffpaarungen und Anpreßdrücken. Dabei wurde nur auf einen geringen Teil der Reibpaarungen zurückgegriffen.

### 2.5. Diskussion der Versuchsergebnisse

Aus einer überschlägigen Auswertung der Versuchsergebnisse lassen sich bereits einige Tendenzen ableiten. In den Versuchen konnte eine Abhängigkeit der Reibwerte sowohl von der Geschwindigkeit als auch vom Anpreßdruck nachgewiesen werden. Die Werkstoffe der untersuchten Paarungen lassen sich hinsichtlich ihres Geschwindigkeitsverhaltens im wesentlichen in 3 Gruppen einteilen:

- Werkstoffe, bei denen der Reibwert bei

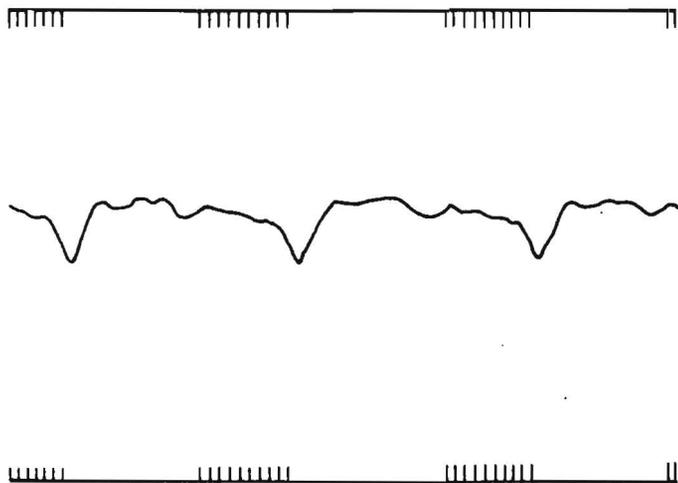
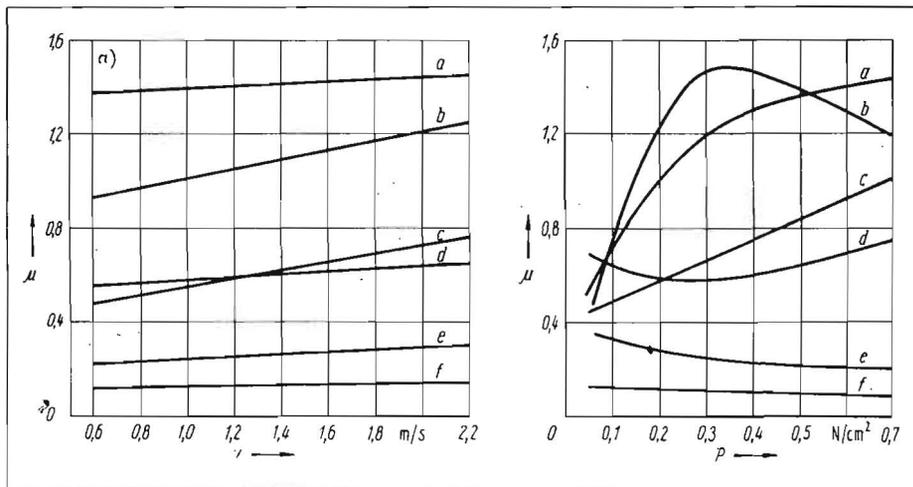


Bild 1  
Verlauf der Reibkraft über mehrere Bandumläufe; Polypropylen/PVC-B;  $P = 0,129 \text{ N/cm}^2$ ;  $v = 1,5 \text{ m/s}$

Bild 2. Abhängigkeit der Reibwerte  $\mu$  von der Gleitgeschwindigkeit  $v$  und vom Anpreßdruck  $p$  bei verschiedenen Werkstoffpaarungen;  
a) konstanter Anpreßdruck  $p = 0,22 \text{ N/cm}^2$   
b) konstante Gleitgeschwindigkeit  $v = 1 \text{ m/s}$ ;  
a Hartgewebe/PVC-A, b Stahl/PVC-A, c Stahl/PVC-B, d Hartgewebe/PVC-B, e Hartgewebe/PVC-C, f Stahl/PVC-C



- Erhöhung der Geschwindigkeit konstant bleibt bzw. unwesentlich kleiner wird
- Werkstoffe, bei denen der Reibwert mit steigender Geschwindigkeit ansteigt
- Werkstoffe, die in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich niedrige Reibwerte haben.

Ähnliche Einteilungen lassen sich auch hinsichtlich des Verhaltens der Werkstoffpaarungen bei unterschiedlichen Anpreßdrücken nachweisen.

Werden diese Abhängigkeiten gegenübergestellt, so sind in bezug auf Anpreßdruck und Gleitgeschwindigkeit optimale Einsatzbereiche der Werkstoffpaarungen abzuleiten.

Eine erste Auswertung aller untersuchten Werkstoffpaarungen läßt erkennen, daß es eine große Anzahl von Paarungen gibt, die wesentlich geringere Reibwerte als die Paarung Stahlgleitfläche—PVC-Gurtband mit Deckschicht haben, von der bei diesen Versuchen ausgegangen wurde. Diese Paarungen müssen aber noch hinsichtlich ihres Verschleißverhaltens näher untersucht werden, so daß an dieser Stelle noch keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können.

Folgende Maßnahmen zur Verminderung der

Reibung an Gleitbandförderanlagen sollten jedoch beachtet werden:

- Auswahl einer geeigneten Werkstoffpaarung
  - Festlegen einer entsprechenden Oberflächengestaltung
- Im Bild 2 ist deutlich der Einfluß der Bandoberfläche auf den Reibwert zu erkennen. Ähnliche Tendenzen lassen sich auch bei der Oberflächengestaltung der Stützfläche nachweisen. Außerdem kann durch eine entsprechende Oberflächengestaltung der Selbstreinigungseffekt der Reibpaarung verbessert werden.
- Festlegen von Gleitgeschwindigkeit und Anpreßdruck
  - Einsatz von Zwischenmedien zur Verringerung der Reibung (z. B. Luftkissenbandförderanlagen [3]).

### 3. Schlußfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, daß die derzeit in der Tierproduktion verwendeten Gleitbandförderanlagen offensichtlich noch nicht das Optimum in bezug auf — Gleitgeschwindigkeit ( $\triangleq$  Durchsatz) — Gurtzugkraft ( $\triangleq$  Antriebsenergiebedarf) darstellen, so daß weitere Untersuchungen

folgen müssen. Dabei kommt es darauf an, neben den Gleitreibungsvorgängen auch die Übergangsphasen zwischen Haft- und Gleitreibung genauer zu betrachten, da diese entscheidend den Anlaufvorgang bzw. das Anlaufverhalten eines Gleitbands und damit die Auslegung des Antriebs beeinflussen. Diese Untersuchungen sollten, um Nebeneinflüsse weitgehend ausschließen zu können, als Laborversuche durchgeführt werden. Danach ist unbedingt eine Einsatzuntersuchung erforderlich, um den Einfluß der Umweltfaktoren in Tierproduktionsanlagen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Staub, Alterung der Werkstoffe, Korrosion usw.) auf die gesamten Vorgänge erfassen zu können.

### Literatur

- [1] Fronius, S.: Maschinenelemente — Antriebsselemente. Berlin: VEB Verlag Technik 1971.
- [2] Knoll, K.: Untersuchung der Reibungs- und Verschleißverhältnisse an Gleitbandanlagen. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1971.
- [3] Förderband auf Luftkissen. Baumaschinen 7 (1972) H. 10, S. 28—29. A 2074

## Technologische Probleme bei der Produktion von Strohkonzentratpellets

Dr.-Ing. W. Große, KDT/cand. ing. M. Leuschke

Die Produktion von Strohkonzentratpellets wird im Jahr 1980 3,3 Mill. t betragen [1]. Bei der dazu erforderlichen umfassenden Nutzung von Rationalisierung und Rekonstruktion müssen vorhandene Leistungs- und Qualitätsunterschiede in vergleichbaren Pelletieranlagen überwunden werden.

Die erreichten Leistungen ergeben sich aus der Anzahl effektiver Betriebsstunden, aus der Menge und Qualität des erzeugten Produkts sowie aus dem Aufwand an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit.

In diesem Zusammenhang kommt Untersuchungen zum technologischen Ablauf, insbesondere leistungsbeeinflussenden Faktoren, Bedeutung zu.

Die Anforderungen an das Futterstroh als Ausgangsprodukt bei der Herstellung von Strohkonzentratpellets sind im Standard TGL 8022 festgelegt (Tafel 1). Werden diese Qualitätsanforderungen nicht erfüllt, treten Schwierigkeiten im Pelletierprozeß sowie Qualitätsminderungen am Endprodukt ein. Untersuchungen aus dem Jahr 1977 im VEB Grundfuttermittel Westeregeln sollen diese Zusammenhänge verdeutlichen.

### 1. Strohlagerung und -entnahme

Einen wesentlichen Einfluß auf die Qualität üben neben der Ernte die Bedingungen der Strohlagerung aus. Günstige Lagermöglichkeiten sowie geeignete Mechanisierungsmittel zur Ein- bzw. Auslagerung wurden von anderen Autoren bereits mehrfach beschrieben [2] [3]. Im konkreten Fall erfolgte die Untersuchung bei

der Entnahme von gehäckseltem Weizenstroh aus einem Diemen mit Hilfe des Mobilkrans T 174. Das Strohfrelager war in Ost-West-Richtung angelegt, um die der Hauptwetterseite ausgesetzte Fläche möglichst klein zu halten. Tafel 2 enthält die geometrischen Abmessungen des Diemens. Vertiefungen an der Oberfläche sowie die teilweise fehlende Deckschicht hatten einen ungünstigen Einfluß auf die Lagerung.

Die differenzierte Strohqualität innerhalb dieses Diemens wird in Tafel 3 sichtbar. Die Ergebnisse resultieren aus der Feuchtigkeitsbestimmung sowie aus der organoleptischen Prüfung von 12 Proben. Die Probenahme erfolgte in gleichmäßigen Abständen über den Diemenquerschnitt verteilt. Die organoleptische Prüfung (auch Sinnesprüfung genannt) basiert auf einer subjektiv vorgenommenen Punktbewertung, wobei die Merkmale „Farbe“ (beste Qualität) maximal 5 Punkte, „Geruch“ maximal 9 Punkte und „Schimmelbefall“ maximal 5 Punkte erhalten.

Anhand der Untersuchungen wird deutlich, daß Deckschichten und Einregnungsadern einen erheblichen Umfang der Gesamtstrohmenge einnehmen können (unter sehr ungünstigen Bedingungen bis zu 50% [2]). Gleichzeitig ist es kompliziert, derartige Strohanteile mit unzureichender Qualität im entsprechenden Umfang bei der Auslagerung am Diemen abzutrennen.

Besonders gefährdet sind die Randpartien der relativ flach auslaufenden Diemenoberfläche. Die Proben 1 bis 3 und 12 sind nach den Werten

der organoleptischen Prüfung als Futterstroh ungeeignet. An den Stellen der größten Diemenhöhe wurden die höchsten Werte des Trockensubstanzgehalts und der organoleptischen Prüfung ermittelt (vgl. Proben 5 bis 8). Beachtenswert erscheint, daß trotz des hohen

Tafel 1. Qualitätsanforderungen an Futterstroh (Auszug aus TGL 8022)

Farbe	arteigen, nicht durch atmosphärische oder mikrobielle Einflüsse deutlich sichtbar verändert
Geruch	frisch, nicht muffig oder fremdartig
Trockenmassegehalt	$\geq 84\%$
organischer Besatz	Bindegarn, giftige Pflanzenbestandteile nicht zulässig
anorganischer Besatz	nicht zulässig
Rohaschegehalt je kg Trockenmasse	$\leq 100$ g

Tafel 2. Charakteristische Abmessungen des untersuchten Strohdemens

	Ostseite	Südseite	Westseite	Nordseite
Hangneigung	° 37	37	40	38
Hanglänge	m 7,0	7,0	6,6	6,8
Grundfläche	40 m × 12 m			
Firstbreite	4,2 m			
mittl. Höhe	4,2 m			