

Verhalten von Kunststoffschläuchen bei Stroh- und Heuförderung mit Gebläse

Von **Bernd Mittelbach**, Aachen¹⁾

In der Landwirtschaft macht der Mangel an Arbeitskräften in immer stärkerem Maße die Einmannbedienung von Maschinen und Geräten erforderlich. Bei der pneumatischen Förderung landwirtschaftlicher Güter auf dem Hofe ist die Einmannarbeit weitgehend verwirklicht, wengleich der Aufbau einer solchen Förderanlage für Heu und Stroh für einen Mann noch Schwierigkeiten bereitet. Die seitherige Förderleitung besteht aus 1 bis 4 m langen geraden Blechrohren und Krümmern mit einem Innendurchmesser von 250 bis 500 mm, die mit Rohrschellen verbunden werden. Infolge des großen Gewichts dieser Rohre und ihrer Unhandlichkeit ist es einem Mann kaum möglich, eine Förderleitung allein aufzubauen, besonders aber dann nicht, wenn sie in einer größeren Höhe verlegt werden soll. Soll Heu oder Stroh quer über einen großen Hof geblasen werden, ohne den Verkehr auf dem Hof zu behindern, so kann die Verwendung von Kunststoffschläuchen (**Bild 1**) das Verlegen der Förderleitung derart erleichtern, daß es von einem Mann ausgeführt werden kann.

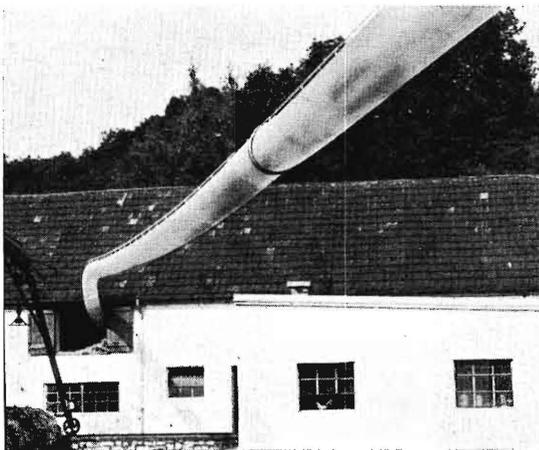


Bild 1. Förderleitung für Heu und Stroh aus Kunststoffschlauch.
Höhe über der Fahrbahn 5 m, Spannweite 40 m

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Aachener Instituts für Landtechnik²⁾ ist die Brauchbarkeit von Kunststoffschläuchen zur Gebläseförderung von Heu und Stroh untersucht worden.

Die Vorteile dieser Schläuche gegenüber Blechrohren sind beachtlich. Infolge des geringen Gewichtes können die einzelnen Leitungsstücke länger gehalten werden, so daß ein Mann innerhalb einer Stunde bis zu 80 m Schlauchleitung verlegen kann. Zum anderen ist der Platzbedarf für die demontierte Schlauchleitung nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{30}$ dessen, was eine Blechrohrleitung benötigt. Die vielfach erwähnte Mäusefraßgefahr besteht bei Kunststoffschläuchen nicht oder nur insofern, als daß sich die Tiere einen Weg durch den Schlauch nagen, um zu irgendwelchem Futter gelangen zu können. Ansonsten ist ihr Interesse am Kunststoff ebenso gering wie am Metall. Die Verstopfungsgefahr ist zwar bei Förderleitungen aus Kunststoffschläuchen

¹⁾ Vorgetragen auf der 21. Tagung der Landmaschinen-Konstrukteure in Braunschweig-Völkenrode am 5. 4. 1963.

²⁾ Die Untersuchungen wurden vom Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft Frankfurt freundlicherweise unterstützt.

Dipl.-Ing. Bernd Mittelbach ist wissenschaftlicher Assistent im Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Hans Sack) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

größer, dafür sind aber die Verstopfungsstellen bei ihnen im Gegensatz zu Rohrleitungen aus Blech zu sehen bzw. zu fühlen und leicht zu beseitigen. Diesen Vorteilen stehen eine geringere Verschleißfestigkeit der Schläuche und größere Leistungsverluste im Vergleich zu den Blechrohrleitungen gegenüber.

Als Förderschläuche aus Kunststoff stehen zur Zeit drei verschiedene Schlauchtypen zur Verfügung, die sich durch den Werkstoff und die Art der Aufhängung unterscheiden, **Bild 2**. Der Typ I besteht aus einer 0,3 mm starken, dehnbaren PVC-Folie. Zum Aufhängen ist auf den Schlauch ein PVC-Steg mit Metallösen aufgeschweißt. Mit einem ähnlichen Steg ist der Typ II ausgerüstet, der aus einer 0,6 mm starken, mit Nylon verstärkten PVC-Folie hergestellt ist. Bei Typ III wird die gleiche mit Nylon verstärkte Folie verwendet, aber der Schlauch besitzt in Abständen von 0,8 m korrosionsgeschützte, außen aufgeschweißte Versteifungsringe aus Kunststoff, in die ein Metalldraht eingelegt ist. Zum Aufhängen kann an jeder beliebigen Stelle zwischen Schlauchwand und Metallring ein Loch für einen Haken gebohrt werden.

Der Schlauchtyp I kann durch seine Dehnbarkeit im Bogen verlegt werden; es muß dabei auf einen großen Krümmungsradius der Schlauchleitung von $R \approx 8 D$ geachtet werden. Für die Förderleitungen der beiden anderen Schlauchtypen sind hingegen vorgefertigte Krümmer erforderlich. Die einzelnen Schlauchlängen, die über 20 m betragen können, werden ebenso wie die Blechrohre mittels Schellen miteinander verbunden.³⁾

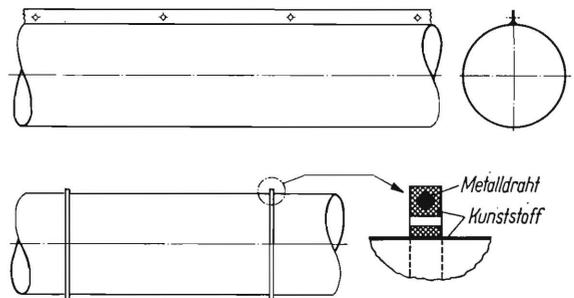


Bild 2. Förderschläuche aus PVC-Folie zur Förderung von Heu und Stroh.

oben: Schlauchtyp I bzw. II mit PVC-Steg und Metallösen
unten: Schlauchtyp III mit Versteifungsringen, in die ein Draht eingelegt ist.

Die Schläuche müssen so verlegt werden, daß scharfkantige Teile sie nicht von außen durchscheuern. Für das Verlegen am Boden eignet sich deshalb der Schlauchtyp III mit seinen in kurzen Abständen aufgetragenen Versteifungsringen am besten,

³⁾ Nach unseren Informationen kosten bei einem Durchmesser von 380 mm Blechrohre 22,— DM/m, dagegen der Schlauchtyp I nur 13,40 DM/m und der Schlauchtyp III 17,55 DM/m. Letzterer verteuert sich etwas bei Längen unter 4 m, bei denen Preisaufläge hinzukommen. Der Schlauchtyp II dürfte preislich zwischen den beiden anderen Schläuchen liegen. Ein Krümmer für die Blechrohrleitung kostet 81,— DM, für die Krümmer aus nylonverstärkter PVC-Folie beträgt der Preis 52,— DM. Vergleicht man die Preise der Schellen, so kosten die Blechrohrschelle 14,— DM und die leichte, verzinkte Schelle für die Kunststoffschläuche 5,30 DM. Erwähnt sei hier noch die Tatsache, daß für Kunststoffschläuche wegen der größeren Einzellängen eine geringere Anzahl Schellen erforderlich ist als bei Blechrohren.

Den mit Nylon verstärkten Schlauch haben wir praktisch bei den sog. Wetterlütten, die im Steinkohlenbergbau benutzt werden, um frische Luft an die Arbeitsstätten zu bringen, vorgefunden.

weil diese die Schlauchleitung stets in einer gewissen Höhe vom Boden halten. Die Förderleitungen aus den anderen Schläuchen müssen mit Stroh oder Schaumstoff unterlegt werden; zumindest dürfen die Schläuche nicht auf Steinen aufliegen.

Schlauchbögen sollen gut nach innen abgespannt werden, da durch Impulsänderungen in der Luftströmung in ihnen Kräfte in der Größenordnung von 80 kp entstehen können, die den Schlauch nach außen drücken und zum Schlagen anregen. Bei stehenden Bögen nach einer senkrechten Leitung ist es angebracht, auch eine Abspannung nach außen vorzusehen, damit der Krümmer beim Absinken der Luftgeschwindigkeit und des statischen Drucks vor einem Fördergutbatzen nicht in sich zusammensinkt und dadurch die Leitung verstopft. Auch hierzu eignet sich der Schlauch mit den Versteifungsringen am besten, da er in mehreren Richtungen abgespannt werden kann.

Eine waagerechte Leitung in größerer Höhe wird am Steg bzw. den Versteifungsringen des Schlauches mit Haken an einem vorher gespannten Seil aufgehängt, Bild 1. Der Schlauch kann dabei an einer Stelle des Drahtseils eingehakt und dann in seiner Gesamtlänge ausgezogen werden. Die Arbeitersparnis gegenüber Blechrohren ist bei dieser Art der Verlegung beachtlich. Wenn das Drahtseil gespannt ist, kann eine hängende Schlauchleitung von 40 m in wenigen Minuten von einem Mann verlegt werden, während für eine gleich große Blechrohrleitung mehrere Personen und viele Stunden erforderlich sind. Bei Unterbrechung der Förderung ist der Schlauch schnell wieder zusammengeschoben und kann unter einem Vordach wind- und witterungsgeschützt am Drahtseil hängend aufbewahrt werden, Bild 3.

Das Ausblasende muß festgelegt werden, da es sonst zu flattern beginnt. Bei der Verwendung eines starren Rohres, das abgespannt werden kann, schnürt sich der Schlauch direkt davor zusammen, Bild 4. Dadurch entstehen hohe Strömungsverluste; zudem ist der Verschleiß an der Einschnürstelle groß. Die Querschnittsverengung kann bis zu 75% betragen. Der Grund für diese Erscheinung sind Druckwellen in der Leitung. Als Abhilfe kennt man zur Zeit nur die Drucksteigerung durch Drosselung des Querschnitts am Ausblasende. Diese Lösung ist zwar mit Leistungsverlusten verbunden, doch sind diese geringer als die beim Einschnüren oder Flattern der Schlauchleitung auftretenden Verluste. Es wurden durch die Einschnürung Druckverluste von 25 mm WS gemessen, während eine Druckerhöhung um 15 mm WS die Schlaucheinschnürung mit Sicherheit verhinderte.

Die Verstopfungsgefahr an der Drosselungsstelle ist wider Erwarten gering; drei verschiedene Ausblasenden wurden untersucht. Als Fördergut wurde Heu verwandt, das erfahrungsgemäß stärker zum Verstopfen neigt als Stroh. Das Häckselmesser am Gebläse war bei den Versuchen ausgebaut. Bei dem ersten Versuch wurde eine Gummiblende hinter dem aus einem Rohr bestehenden, starren Ausblasende verwandt, deren Öffnungsquerschnitt 30% kleiner war als der Rohrquerschnitt, Bild 5. Die zweite Drossel bestand aus sechs radial am Ende des Blechrohres an-



Bild 3. Gebläseschlauch außer Betrieb, unter einem schützenden Vordach aufgehängt.

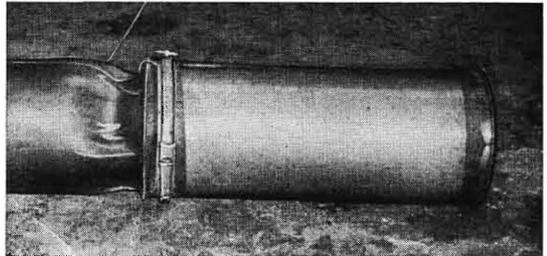


Bild 4. Einschnürung der Schlauchleitung vor einem starren Ausblasende.

geordneten Gummistreifen von 35 mm Breite, die an einem Blechrohr bzw. an einem herkömmlichen Universalverteiler befestigt waren und sich in der Mitte etwa 30 mm überdeckten, wenn nicht geblasen wurde, Bild 6. Die Befestigung der Streifen lag außerhalb des Rohrquerschnitts. Bei der dritten Lösung wurde unter Fortfall des starren Blechrohres am Ausblasende die Drosselung direkt am Schlauchende durch einen den Querschnitt einengenden engeren, aber dehnbaren Kunststoffring bewirkt, Bild 7.

Während der Prüfung trat bei keinem dieser Ausblasenden eine Verstopfung ein; dennoch scheint die zweite Drosselungsart den anderen überlegen zu sein. Bei ihr wird das Fördergut am wenigsten gebremst, da bei Durchschleusung eines Heubatzens die Gummistreifen nach außen ausweichen und den ganzen Querschnitt freigeben können. Die dritte Drosselungsart mit dem unmittelbar am Schlauchende einschnürenden Ring dürfte nicht lange halten⁴⁾, danach den bei den Verschleißprüfungen gemach-

⁴⁾ Diese Vermutung erwies sich in einem inzwischen durchgeführten Versuch als richtig. Eine Untersuchung der Verschleißfestigkeit der Drossel unmittelbar am Schlauchende (dritte Lösung) ergab: Bereits nach 17,5 h und einer Förderleistung von 330 dz Stroh war dieses Ausblasende zerstört.

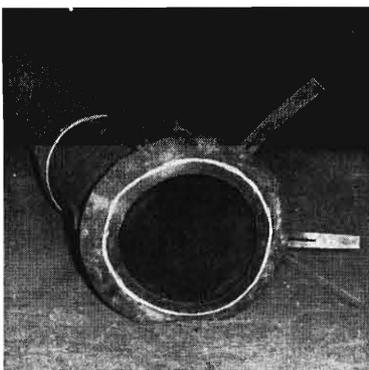


Bild 5

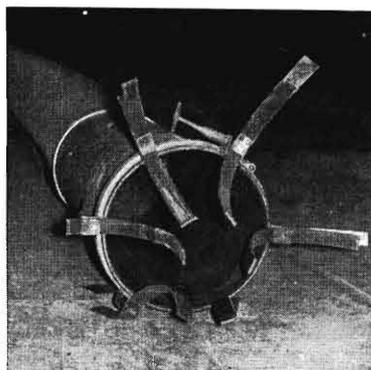


Bild 6



Bild 7

Bild 5. Gummiblende am Ausblasende. Der Kreidekreis deutet den Rohrquerschnitt an.

Bild 6. Drosselung des Luftstromes mit Gummistreifen am Ausblasende eines Rohres.

Bild 7. Drosselung des Luftstromes unmittelbar am Schlauchende durch Querschnittsverengung mittels eines eingelegten Kunststoffringes.

ten Beobachtungen an Querschnittsverengungen ein starker Abrieb zu erwarten ist. Bei den anderen Ausführungen kann durch Wahl eines abriebfesteren Materials der Verschleiß verringert werden, außerdem lassen sich diese Drosseln austauschen.

Eine große Bedeutung hat die Verschleißfestigkeit von Kunststoffschläuchen, ein Problem, das schon vor Jahren am Landmaschineninstitut der Universität Kiel und am Institut für landtechnische Grundlagenforschung der FAL in Braunschweig-Völkenrode⁵⁾ untersucht wurde. Während die Lebensdauer eines Blechrohres nur durch Verbeulen und Korrosion begrenzt ist, zeigen Kunststoffschläuche Abriebserscheinungen, die besonders im ersten Teil der Förderleitung auftreten. Die entstehenden Löcher lassen sich bei ihnen wie bei einem Fahrradschlauch durch Flicken schließen.

Die von uns vorgenommenen Verschleißversuche an den Schläuchen wurden mit einer ringförmig angeordneten Förderleitung durchgeführt, die, um mit ihr möglichst praxisnah zu arbeiten, in senkrechter Ebene steht, **Bild 8**. Der Luftstrom wurde durch ein normales Schneidgebläse erzeugt. Als Fördergut wurde in diesem Fall Strohhacksel verwendet, das durch eine Schleuse in der Förderleitung aufgegeben wurde. Es gelangte durch eine am Boden liegende Leitung über zwei um 180° umlenkende Krümmer und eine am Drahtseil hängende Höhenleitung in einen Zyklon, wo es von der Förderluft getrennt wurde, und den Kreislauf von neuem beginnend, in die Schleuse fiel. Jede Stunde mußte das Hacksel wegen zu starker Zerkleinerung erneuert werden.

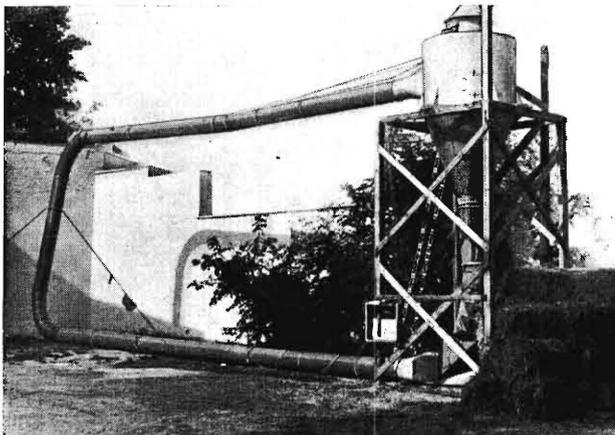


Bild 8. Verschleißprüfstand für Förderleitungen aus Kunststoffschläuchen.

Als Versuchsdauer wurde die Zeit festgelegt, die zur Förderung von ca. 600 dz Strohhacksel erforderlich ist. Man wählte das Gewicht und nicht die Betriebsstunden als kennzeichnende Größe, weil die Schleuse mit dem kleinen Austrittsquerschnitt nur kleine spezifische Förderleistungen zuläßt. Die Anforderungen an den Schlauch dürften aber trotzdem ungefähr denen bei der Förderung einer gleichgroßen Menge in der Praxis entsprechen haben, da durch die geringe spezifische Förderleistung sowohl erschwerende wie auch erleichternde Einflüsse wirksam wurden.

Durch die Schleuse können die Versuchsbedingungen möglicherweise härtere sein als in der Praxis, wo man zur Strohförderung keine Schleuse verwendet und dadurch die hinter dieser auftretenden hohen Gutgeschwindigkeiten vermeidet. Durch eine düsenförmige Ausbildung des Ausblasendes an der Schleuse gelang es uns, das Gut, das normalerweise im unteren Drittel der Förderleitung entlangrutscht, über den Querschnitt zu verteilen und dadurch die Beanspruchung derart zu mildern, daß die Zeit bis zum ersten Durchscheuern verdoppelt werden konnte.

Mit diesem speziellen düsenförmigen Ausblasende der Schleuse trat bei dem Schlauch aus einfacher PVC-Folie der erste Schaden nach einer Betriebsdauer von 32 h und einer Förderleistung von 480 dz Strohhacksel auf, und zwar in der Bodenleitung etwa

50 cm hinter der Schleuse, **Tafel 1**. Bei dem Schlauchtyp aus der mit Nylon verstärkten PVC-Folie war nach 39 h und 790 dz Hackselumsatz noch kein Verschleiß festzustellen. Ein Krümmer aus dem gleichen Material, der in einer Entfernung von 12 m hinter der Schleuse eingebaut war, wies sogar nach 217 h bei einer Förderleistung von 2870 dz Strohhacksel noch keinen Schaden auf. In einer größeren Entfernung hinter der Schleuse zeigte auch der Schlauch aus einfacher PVC-Folie eine genügend große Abriebfestigkeit. Er war nach einer Einsatzdauer von 118 h bei Förderung von 2260 dz Hacksel noch nicht zerstört. Aber durch seinen geringen Widerstand gegen Weiterreißen wurde dieser Schlauch später bei einem Sturm in zwei Teile gerissen. Bei so ungünstigen Wetterverhältnissen muß deshalb die Förderleitung dieses Schlauchtypes unbedingt zusammengeschoben werden, wenn aus einem solchen Anlaß die Förderung unterbrochen wird. Die Versuche zeigen deutlich, daß der Schlauch aus der mit Nylon verstärkten PVC-Folie den Beanspruchungen bei der Förderung von Heu und Stroh bedeutend besser gewachsen ist als der aus der einfachen Folie.

Tafel 1: Ergebnisse der Verschleißversuche mit Kunststoffschläuchen mit düsenförmigem Ausblasende der Schleuse

	Durchgescheuert nach		Entfernung hinter Schleuse m	Ende der Versuche nach	
	h	dz		h	dz
Schlauchtyp I Bodenleitung	32	480	0,5	41	700
Schlauchtyp II bzw. III Bodenleitung	—	—	—	36	790
Schlauchtyp IV (gummiertes Gewebe) Bodenleitung	36	720	8 (1. Stoß)	36	720
Schlauchtyp I Rückführleitung	—	—	12 + 180°-Krümmer	118	2260
Schlauchtyp II bzw. III Krümmer	—	—	12	217	2870

Laboruntersuchungen mit einem Scheuerfestigkeits-Prüfgerät (Fabrikat Hauser-Frank) haben diese Ergebnisse bestätigt. Es wurde dabei noch ein Schlauch aus gummiertem Gewebe mit untersucht. Das Ergebnis dieser Scheuerfestigkeitsuntersuchungen zeigt **Bild 9**. In ihm ist der Verschleiß als Gewichtsverlust der Werkstoffprobe nach einer bestimmten Anzahl von Scheuerungen aufgetragen. Die Überlegenheit des Werkstoffes von Schlauchtyp II bzw. III, d. h. der mit Nylon verstärkten PVC-Folie, ist deutlich zu erkennen. Bei dem Schlauchtyp I aus einfacher PVC-Folie waren bereits nach 1000 Scheuerungen $10 \cdot 10^{-3}$ g/cm² abgerieben; bei dem Schlauchtyp IV aus gummiertem Gewebe trat dieser Abrieb erst nach 4500 Scheuerungen auf. Der Schlauchtyp II bzw. III aus der mit Nylon verstärkten PVC-

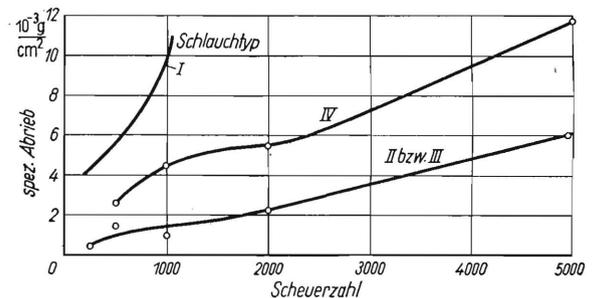


Bild 9. Verschleiß der Schlauchkunststoffe im Scheuerfestigkeitsprüfgerät (Fabrikat Hauser-Frank).

Schlauchtyp I: einfache PVC-Folie
Schlauchtyp II und III: mit Nylon verstärkte PVC-Folie
Schlauchtyp IV: Gummiertes Gewebe

⁵⁾ Finkenzyler, R.: Anwendungsmöglichkeiten von Kunststoffen in der Landtechnik. Grundlagen der Landtechnik Heft 11. Düsseldorf 1959. S. 95/105.

Folie hatte nach 5000 Scheuerungen erst einen Abrieb von $6 \cdot 10^{-3}$ g/cm². Da die Dichten der einzelnen Schlauchwerkstoffe sich nicht wesentlich unterscheiden, hat das Diagramm auch für den Abrieb in Volumeneinheiten Gültigkeit. Durch die Übereinstimmung der Laboruntersuchungen mit den Erprobungen der ausgeführten Schlauchförderleitungen ist es heute möglich, in Kurzzeitversuchen einen neuen Schlauchwerkstoff auf seine Gebrauchsfähigkeit hin zu beurteilen.

Starken Beanspruchungen sind auch die Aufhängelaschen an den Schläuchen ausgesetzt. Wie bereits erwähnt, können durch Impulsänderungen Kräfte von 80 kp im Krümmer entstehen. Diese Kräfte müssen von der Lasche bzw. den Versteifungsringen aufgenommen werden. Man ist zwar heute imstande, der Schweißnaht und der Lasche die erforderliche Zugfestigkeit zu geben, wenn man gitterverstärkten Kunststoff verwendet. Bei diesem Werkstoff wurden für die Zugfestigkeit Werte von 65 kp/Öse gemessen. Die Schweißnaht zeigte dabei noch keinen Schaden. Trotzdem versprechen die korrosionsgeschützt außen aufgeschweißten Versteifungsringe eine größere Sicherheit, weil sich bei ihnen der Schlauch nach außen an dem Ring abstützen kann und deshalb die Kraft nicht allein durch die Schweißnaht übertragen zu werden braucht. Außerdem verhindert der eingelegte Metallring ein Ausreißen der Haken.

Äußerst unangenehm sind wegen der geringen Zerreißfestigkeit des Schlauchwerkstoffes scharfkantige Fremdkörper, die in der Schlauchleitung mitgefördert werden. Sie können in den Bögen aus der Schlauchleitung austreten und zu gefährlichen Unfällen führen. Daneben sind die Schäden an der Schlauchleitung selbst erheblich, **Bild 10**. Der größere Widerstand gegen Weiterreißen der mit Nylon verstärkten PVC-Folie bietet dabei den Vorteil, daß die Schäden in Grenzen bleiben und durch Flicken beseitigt werden können. Bei einem Schlauch aus einfacher PVC-Folie dagegen sind die Schäden nach einer solchen Beanspruchung meist so groß, daß der Schlauch für eine weitere Verwendung unbrauchbar ist.



Bild 10. Schaden in einem Schlauchkrümmer nach Durchgang eines abgebrochenen Häckselmessers.

Auch in bezug auf den Leistungsbedarf sind Kunststoffschläuche den Blechrohren unterlegen. Die Versuche wurden mit gleich langen Förderleitungen aus Blechrohr bzw. aus Kunststoffschläuchen durchgeführt, wobei hinter dem Gebläse erst einmal eine Beruhigungsstrecke aus Blechrohr kam, danach folgte eine 20 m lange Versuchsleitung, die entweder aus Blech oder aus den verschiedenen Kunststoffschläuchen bestand. Gemessen wurde die Luftgeschwindigkeit, die durch Drehzahländerung am Gebläse konstant gehalten wurde. Diese konstante Luftgeschwindigkeit mußte verlangt werden, um eine gerechte Beurteilung zu erlangen. Denn nur dann kann die gleiche Förderleistung bei allen Leitungstypen erwartet werden. Mittels einer Drehmomentenmeßwelle und einem Drehzahlmesser wurde die Antriebsleistung am Gebläse ermittelt.

Die Versuche wurden ohne Fördergut gefahren, da in Versuchen festgestellt wurde, daß der Mehraufwand an Kraft bei Strohförderung nur einen Bruchteil des Kraftbedarfs bei Leerlauf ausmacht und daß das Verhalten sowohl mit als auch ohne Strohförderung das gleiche ist.

Es ergab sich, daß die Antriebsleistung des Gebläses bei einer Kunststoffleitung aus nylonverstärkter PVC-Folie knapp 30% und bei einer Schlauchleitung aus einfacher PVC-Folie sogar 45% höher liegt als bei der Blechrohrleitung. Die Leistungsunterschiede ergeben sich durch größere Strömungsverluste bei den Kunststoffschläuchen, die durch größere Reibung, durch Falten, durch leichtes Flattern, durch Impulsverluste infolge größerer Elastizität des Schlauchmaterials und am Ausblasende entstehen. Dieser Leistungsbedarf muß einerseits als großer Nachteil betrachtet werden, da der Leistungsbedarf bei der pneumatischen Förderung ohnehin sehr groß ist. Andererseits darf man ihn aber auch nicht überbewerten. Eine Überlastung der elektrischen Leitungen braucht nicht befürchtet zu werden, da eine Förderung auch mit der gleichgroßen Antriebsleistung wie bei einer Blechrohrleitung möglich ist, wenn man nur auf die gleichgroße Luftgeschwindigkeit verzichtet und mit einer kleineren spezifischen Förderleistung zufrieden ist. Aber wegen der mit den Schläuchen erreichten Arbeitserleichterung und der großen Zeitersparnis bei der Montage der Leitung kann der Landwirt diese geminderte Förderleistung durchaus in Kauf nehmen.



Bild 11. Förderung von Anwelksilage mittels einer Schlauchleitung aus nylon-verstärkter PVC-Folie.

Hat sich ein Landwirt trotz der erwähnten Nachteile für Kunststoffschläuche entschieden, so muß er auch imstande sein, mit ihnen sein Silo zu füllen. Bei einem Füllversuch mit Anwelksilage hat sich der Schlauch aus einfacher PVC-Folie wegen seiner geringen Widerstandsfähigkeit gegen Zerreißen nicht bewährt. Dieser Schlauch neigt besonders stark zum Flattern und Schlagen. Dadurch riß er vor dem Ausblasende in einer Länge von 30 cm auf. Mit einem Schlauch aus nylonverstärkter PVC-Folie dagegen ließ sich die Anwelksilage fördern, ohne daß ein Schaden auftrat, **Bild 11**. Dieser Typ ist zwar gegen Verstopfungen empfindlicher, auch lassen sie sich etwas schlechter beseitigen als bei dem anderen Schlauch. Es ist jedoch mit ihm bei einer einwandfreien, knickfreien Verlegung der Leitung, bei der der Krümmer auch nach außen abgespannt ist, und bei einer möglichst gleichmäßigen Beschickung des Gebläses (z. B. Automatic-Sammelwagen) eine Förderung von Silage gut möglich.

Zusammenfassung

Faßt man die Vor- und Nachteile der Kunststoffschläuche gegenüber den Blechrohren bei der Förderung von Stroh und Heu zusammen, so erkennt man, daß sie sich in etwa die Waage halten. Die Verschleißfestigkeit ist bei Kunststoffschläuchen bedeutend geringer, jedoch verspricht die bequeme Instandsetzungsmöglichkeit eine Lebensdauer, die eine Ablehnung der Kunststoffschläuche von vornherein nicht rechtfertigt. Der Leistungsbedarf bzw. der Leistungsverlust ist bei einer Schlauchleitung höher als bei einer Blechrohrleitung, aber durch die um fast 40% niedrigeren Anschaffungskosten und die erhebliche Arbeitserleichterung und Zeitersparnis bei der Verlegung der Leitung können die Kunststoffschläuche durchaus mit den Blechrohren konkurrieren. Für den Einmannbetrieb stellen sie zudem die einzige Möglichkeit dar, die bequeme pneumatische Förderung nutzen zu können.

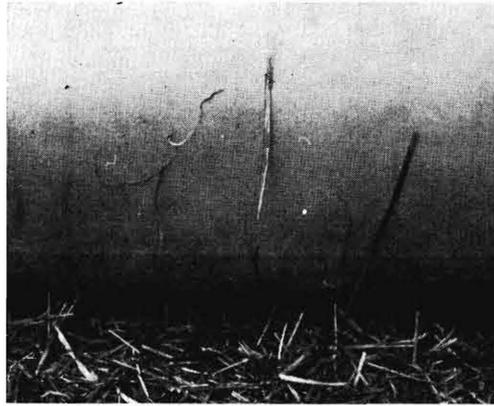


Bild 12. Durch die elektrostatische Aufladung des Kunststoffschlauches werden am Boden liegende Strohhalme von der Schlauchwandung angezogen.

In der **Diskussion** wurde u. a. auch die Frage der elektrostatischen Aufladung von Kunststoffschläuchen erörtert. Bei der Getreideförderung durch Kunststoffrohre aus Hart-PVC seien Spannungen in Höhe von 10000 V festgestellt worden.

Mittelbach: Es wurde anhand der Tatsache, daß neben der Schlauchleitung liegendes Stroh von dieser stark angezogen wurde, eine elektrostatische Aufladung festgestellt, **Bild 12**. Diese Erscheinung trat nicht nur bei Kunststoffschläuchen auf, sondern auch in starkem Maße bei dem Schlauch aus gummiertem Gewebe. Die Aufladung war witterungsabhängig, und zwar war sie besonders stark an sonnigen, warmen Tagen. Sobald es zu regnen anfing, konnte eine Aufladung nicht mehr festgestellt werden. Ein Schaden durch diese Aufladung ist aber bisher in der Praxis noch nicht bekannt geworden.

Prof. Sack: Bei dem Versuch, die Saatleitungsrohre an Sämaschinen in Kunststoff auszuführen, waren wir gewarnt worden, daß infolge einer starken elektrostatischen Aufladung die Saatkörner an den Rohren kleben bleiben. Wir haben das sehr genau in verschiedenen Versuchen untersucht und dabei eine Spannung von über 5000 V gemessen, die über einen Kupfering an einer bestimmten Stelle des Saatleitungsrohres abge-

leitet wurde. Aber auch feine Samen wie Grassamen sind dadurch nicht in den Rohren angeklebt, lediglich der Staub, vor allen Dingen der Beizstaub, kann angezogen werden.

Dr. Kloeppe: Wir haben elektrostatische Aufladungen in sehr starkem Maße bei der Körnerförderung in Kunststoffschläuchen bekommen, wenn eine solche Leitung an einer Umlenkung in ein Metallknie übergang und dann als Schlauch weitergeführt wurde, so daß also die Eisenteile von beiden Seiten völlig isoliert waren. Dann konnte man aus einem solchen Knie mit dem Finger zentimeterlange Funken herausziehen. Damit scheint eine Staubexplosion auf Getreidespeichern bei einer solchen Anordnung nicht ganz ausgeschlossen zu sein.

Nachtrag Mittelbach: Inzwischen sind bei uns sowohl bei Strohhäcksel wie auch bei Getreidekörnern ähnliche Beobachtungen gemacht worden. Eine Schlauchleitung aus einfacher PVC-Folie wurde mittels eines gebogenen $\frac{1}{4}$ "-Rohres, an dem der Schlauch befestigt wurde, im Bogen verlegt. Aus diesem Metallrohr konnten auch Funken über eine Entfernung von 0,5 bis 1,0 cm herausgezogen werden. Es ist also durchaus nicht ungefährlich, isolierte Metallteile mit der Schlauchleitung zu verbinden. Da diese Gefahren aber bekannt sind, lassen sie sich leicht durch Erdung der Metallteile beseitigen.

* * *