

# Kunststoffschläuche zur pneumatischen Förderung landwirtschaftlicher Erntegüter

Institut für Landtechnik, TH Aachen

Die Transportprobleme auf dem bäuerlichen Hof sind heute, auch bei Ein-Mann-Betrieben, weitgehend mit der pneumatischen Förderung lösbar, die sich sowohl für Langgut wie auch für Häcksel- und Schüttgüter eignet. Gegenüber einem Höhenförderer bietet eine pneumatische Anlage den Vorteil, daß sie auch waagrecht fördern, sich gut an gegebene Gebäudeverhältnisse anpassen und von einer Arbeitskraft bedient werden kann. Nachteilig ist die große Antriebsleistung, die aber wegen der großen Förderweiten wirtschaftlich tragbar ist, sofern sie nicht die Leistungsfähigkeit des Ortsnetzes überschreitet.

Die eigentliche Förderleitung besteht aus 1—4 m langen geraden Rohrstücken und Krümmern. Sie hat einen Durchmesser von  $d = 105 \text{ mm}$  bis  $d = 630 \text{ mm}$  (DIN 11700), und zwar sind für die Körnerförderung Rohre bis zu  $d = 250 \text{ mm}$  geeignet, bei denen meist Steckverbindungen verwendet werden. Mit Stoßverbindungen sind Rohre über  $380 \text{ mm } \varnothing$  versehen, die zur Förderung von Heu, Stroh und Silage benutzt werden (Bild 1).

Die Verlegung einer Rohrleitung ist verhältnismäßig einfach, kann aber bei größeren Durchmessern schwierig werden, besonders wenn die Leitung in größeren Höhen verlegt werden soll. Das kann beispielsweise der Fall sein, wenn das Fördergut quer über einen

großen Hof geblasen werden soll, der Verkehr auf dem Hof dadurch aber nicht behindert werden darf.

## 1. Kunststoffschläuche als Förderleitung

Diese Schwierigkeiten lassen sich durch eine fest verlegte Blechleitung beseitigen, die aber in den meisten Fällen wirtschaftlich nicht vertretbar ist. Deshalb bestand der Wunsch, eine Gebläseförderleitung zu entwickeln, die so leicht und handlich ist, daß sie von einer Arbeitskraft bequem verlegt werden kann. Diesen Wunsch können Kunststoffschläuche erfüllen, von denen eine Arbeitskraft innerhalb einer Stunde bis zu 80 m Leitung verlegen kann. Der Lagerraum einer demontierten Schlauchleitung beträgt nur noch  $\frac{1}{10} - \frac{1}{30}$  des Raumes einer Blechrohrleitung. Kunststoffschläuche verstopfen zwar etwas leichter als Blechrohre, sie bieten dafür aber den Vorteil, daß bei ihnen Verstopfungen fühlbar oder sogar sichtbar sind und sich durch „Massieren“ des Schlauches leicht beseitigen lassen. Dafür müssen aber bei ihnen eine geringere Verschleißfestigkeit und größere Leistungsverluste in Kauf genommen werden.

Als Förderschläuche aus Kunststoff stehen augenblicklich drei Typen zur Verfügung, die sich durch das Schlauchmaterial und die Art der Aufhängemöglichkeit unterscheiden (Bild 2).

Der Schlauchtyp I besteht aus einer 0,3 mm starken, dehnbaren PVC<sup>1)</sup>-Folie. Er wird in einem Stück in Längen von 10, 20 oder 30 m geliefert. Zum Aufhängen ist auf den Schlauch ein PVC-Steg aufgeschweißt, der mit Metallösen versehen ist.

Einen ähnlichen Steg besitzt der Schlauchtyp II, der aus 0,6 mm starker nylon-armierter PVC-Folie hergestellt ist. Der Schlauch wird in Standardlängen von 4 m geliefert, aber auch andere Längen sind in Sonderanfertigung möglich.

Der Schlauchtyp III unterscheidet sich vom Typ II lediglich durch die Aufhängevorrichtung. Er besitzt in Abständen von 0,8 m korrosionsgeschützt außen aufgeschweißte Verstärkungsringe. Diese sind im Prinzip Kunststoffringe, in die ein Metalldraht eingelegt ist (Bild 2, Einzelheit A). Zum Aufhängen kann an jeder beliebigen Stelle zwischen Schlauchwand und Metallring ein Loch gebohrt werden, in das Haken eingreifen können.

Die Verbindung von Schläuchen ist auf verschiedene Art möglich. Während für den Schlauchtyp II beziehungsweise III von der Herstellerfirma eine Schellenverbindung wie beim Blechrohr vorgesehen ist, können Schläuche des Typs I nach zwei verschiedenen Methoden miteinander verbunden werden. Bei der ersten verwendet man ein Blechrohr als Verbindungselement, auf das von beiden Seiten die Schläuche aufgezogen und befestigt werden. Vom Institut für Landtechnik in Aachen wurde eine Verbindung mit losen Kunststoffringen entwickelt, die sich bewährt hat. Dabei werden über das Ende des vom Gebläse kommenden Schlauches (A) (Bild 3) zwei Kunststoffringe (B) und (C) geschoben und das Schlauchende über den Ring (C) gestülpt. Danach wird der zweite Schlauch (D) über diesen Ring (C) gezogen, der Ring (B) über das Endstück des Schlauches (D) bis an den Ring (C) geschoben und das Ende des Schlauches (D) über den Ring (B) gestülpt. Durch Ziehen an beiden Schläuchen entsteht eine luftdichte Verbindung der Schläuche.

## 2. Verlegung von Kunststoffschläuchen

Die Verlegung einer Schlauchleitung ist bequem; es muß aber darauf geachtet werden, daß die Schläuche nicht von außen durchscheuern. Für die Verlegung am Boden eignet sich deshalb der Schlauchtyp III am besten, weil die Verstärkungsringe den Schlauch stets in einem gewissen Abstand vom Boden und damit von äußeren Hindernissen halten. Die anderen Schlauchtypen müssen mit Strohballen oder Schaumstoff unterlegt werden, zum

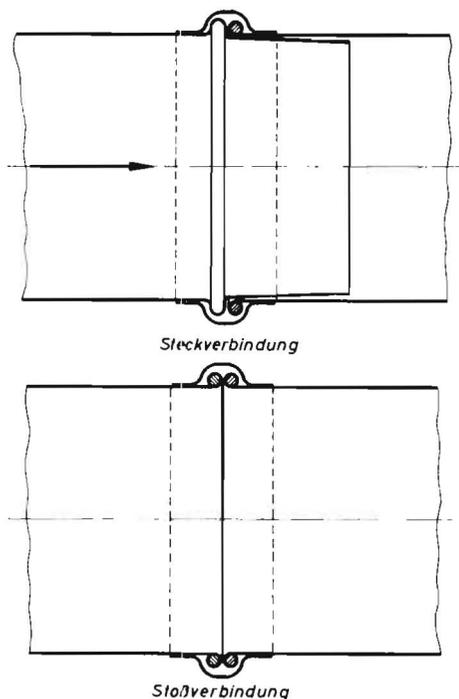


Bild 1: Verbindungsarten von Gebläserohren  
oben: Steckverbindung; unten: Stoßverbindung

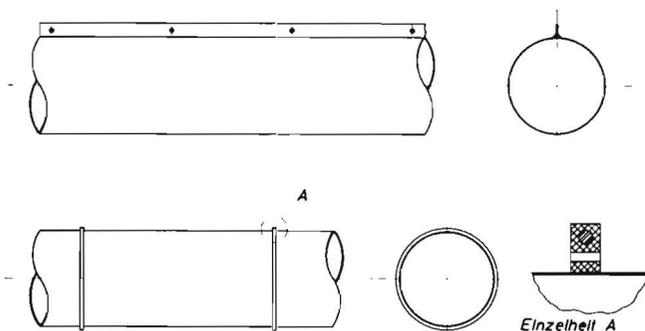


Bild 2: Förderschläuche aus PVC zur pneumatischen Förderung landwirtschaftlicher Erntegüter  
oben: Typ I bzw. II; unten: Typ III

<sup>1)</sup> Polyvinylchlorid, weich

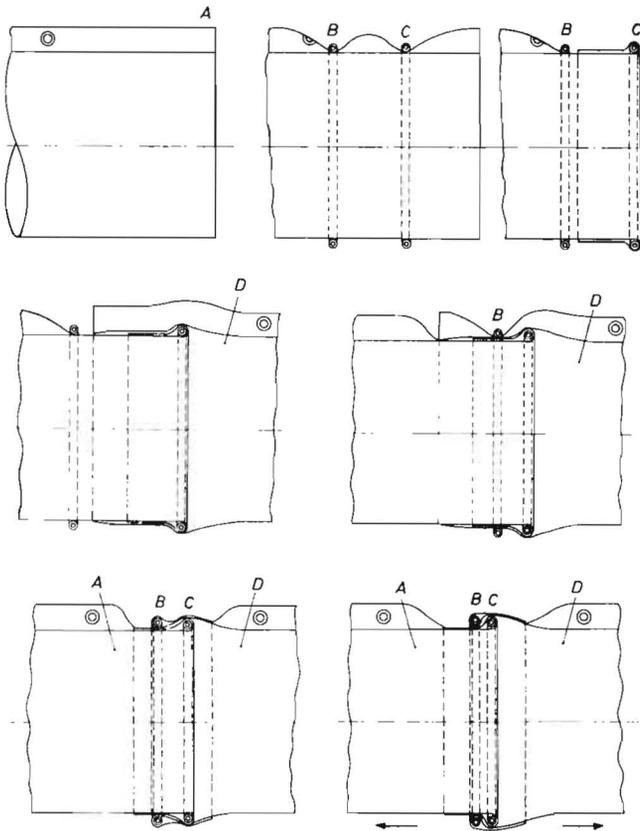


Bild 3: Schlauchverbindung mit zwei losen Ringen

mindesten muß darauf geachtet werden, daß der Schlauch nicht auf spitzen Steinen aufliegt. Unter diesen Voraussetzungen ist eine Förderung von Heu und Stroh gut möglich. Da bei der Körnerförderung äußere Hindernisse einen weit größeren Einfluß auf die Lebensdauer von Kunststoffschläuchen besitzen, ist bei ihr auf eine Bodenleitung möglichst ganz zu verzichten; denn selbst an den Halmknoten des unterlegten Strohs kann der Schlauch durchscheuern.

Durch seine Dehnbarkeit kann der Schlauchtyp I auch im Bogen verlegt werden, es muß aber dann auf einen großen Krümmungsradius von  $R = 6 \dots 8 d$  geachtet werden [1]. Für die anderen Schlauchtypen sind vorgefertigte Krümmer erforderlich. Bei der Heu- und Strohförderung ( $d = 380 \text{ mm } \varnothing$ ), die meist nicht kontinuierlich erfolgt, können durch Impulsänderungen in den Bögen Kräfte in der Größenordnung von 80 kp entstehen, die den Schlauch nach außen ziehen und zum Schlagen anregen. Deshalb sollen die Krümmer gut nach innen abgespannt werden. An Bögen, bei denen diese Abspannung vorwiegend nach unten weist, ist außerdem ein Abspannen nach außen erforderlich, damit die Krümmer bei Absinken der Luftgeschwindigkeit und des statischen Druckes vor einem Materialbatzen nicht in sich zusammenbrechen und dadurch die Leitung verstopft. Auch hierzu eignet sich der Schlauchtyp III mit den Versteifungsringen am besten, weil er in mehreren Richtungen abgespannt werden kann. Bei der Körnerförderung ( $d = 200 \text{ mm } \varnothing$ ) ist durch den größeren statischen Druck in der Leitung und durch die meist kontinuierliche Förderung die Verlegung von Bögen bedeutend einfacher. Während ein Bogen vor einer senkrechten Leitung keine Abspannung erfordert, genügt bei einem stehenden Krümmer nach einer senkrechten Leitung ein zweimaliges Abspannen nach außen vollauf, um einen einwandfreien Bogen zu erhalten.

Eine besondere Überlegenheit gegenüber Blechrohren besitzen Kunststoffschläuche als waagerechte Leitungen in größeren Höhen. Zur Verlegung werden der Steg beziehungsweise die Versteifungsringe des Schlauches mit Haken an einem vorher gespannten Drahtseil aufgehängt [2]. Der Schlauch kann dabei an einer Stelle des Drahtseiles eingehakt und in seiner Gesamtheit ausgezogen werden.

Die Arbeitersparnis gegenüber Blechrohren ist bei dieser Art der Verlegung beachtlich. Wenn das Drahtseil einmal gespannt ist,

kann eine hängende Leitung von 40 m in wenigen Minuten von einer Arbeitskraft verlegt werden, während für eine Blechrohrleitung mehrere Arbeitskräfte und viele Arbeitsstunden erforderlich wären [3]. Nach Beendigung der Förderung ist der Schlauch schnell wieder zusammengeschoben und kann wind- und witterungsgeschützt am Drahtseil hängend aufbewahrt werden (Bild 4).

Das Ausblasende bereitet bei Schläuchen zur Förderung von Heu und Stroh Schwierigkeiten. Das Leitungsende muß festgelegt werden, da es sonst stark flattert und schnell zerstört wird. Bei Verwendung eines starren Rohres als Ausblasende, das abgespannt werden kann, schnürt sich der Schlauch direkt davor zusammen. Die Querschnittsverengung kann bis zu 75% betragen. Dadurch entstehen hohe Strömungsverluste; der Verschleiß an der Einschnürstelle ist groß. Als Grund für diese Erscheinungen sind Unterdruck-Wellen in der Leitung anzusehen, die durch geringste Störungen der Strömung entstehen.

Als einzige Abhilfe ist bisher das Anheben des Druckniveaus durch Drosselung des Ausblasendes bekannt. Diese Lösung bringt zwar Verluste, doch sind diese geringer als bei der Einschnürung und beim Flattern. Während durch die Einschnürung Druckverluste von 25–30 mm WS entstehen, wird durch eine Druckerhöhung um 15 mm WS eine Einschnürung mit Sicherheit vermieden.

Die Verstopfungsgefahr an der Drosselstelle ist wider Erwarten gering. An drei verschiedenen Arten von gedrosselten Ausblasenden wurden keine Verstopfungen beobachtet. Bei dem ersten Ausblasende wurde eine Gummiblende als Drossel hinter einem Blechrohr verwandt. Der freie Querschnitt war 30% kleiner als der Rohrquerschnitt (Bild 5a). Die zweite Drossel bestand aus sechs radial angeordneten Gummistreifen von 35 mm Breite. Sie waren am Ende eines Blechrohres beziehungsweise an einem herkömmlichen Universalverteiler befestigt und reichten etwa 30 mm über die Mitte (Bild 5b). Die Befestigung der Streifen lag außerhalb des Rohrquerschnittes. Bei der dritten Lösung wurde die Drossel direkt am Schlauchende durch einen engeren, dehnbaren Kunststoffring bewirkt (Bild 5c).

Bei keinem dieser Ausblasenden trat eine Verstopfung ein. Dennoch scheint die zweite Drossel mit den Gummistreifen den anderen überlegen zu sein. Bei ihr wird das Fördergut am wenigsten gebremst, da die Gummistreifen nach außen ausweichen können und bei einem Heubatzten der ganze Querschnitt freigegeben wird. Die Drossel direkt am Schlauchende besitzt eine zu geringe Lebensdauer, da an Querschnittsverengungen ein starker Abrieb auftritt. Bereits nach 18 h beziehungsweise einer Förderung von 330 dz Strohhacksel war dieses Ausblasende zerstört. Bei den anderen Ausführungen läßt sich durch die Wahl eines festeren Materials die Lebensdauer erhöhen, außerdem lassen sich bei diesen Ausblasenden die Drosseln austauschen.

Bei der Körnerförderung durch Schläuche mit einem Durchmesser von  $d = 200 \text{ mm}$  bestehen diese Schwierigkeiten am Ausblasende nicht, weil das Fördergut aus dem Luftstrom meist mit einem Zyklon ausgeschieden wird, durch dessen Strömungsverluste stets ein Überdruck in der Schlauchleitung herrscht, wodurch ein Einschnüren und Flattern des Schlauches vermieden wird.



Bild 4: Gebläseschlauch außer Betrieb unter dem Vordach aufgehängt

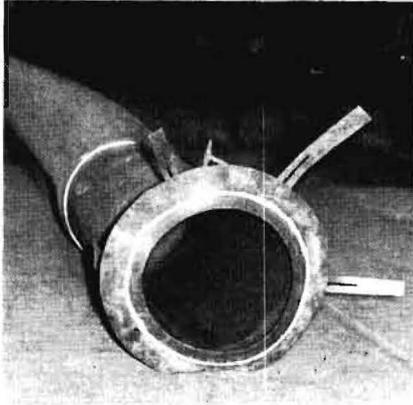


Bild 5a: Gummiblende — der Kreis deutet den Rohrquerschnitt an

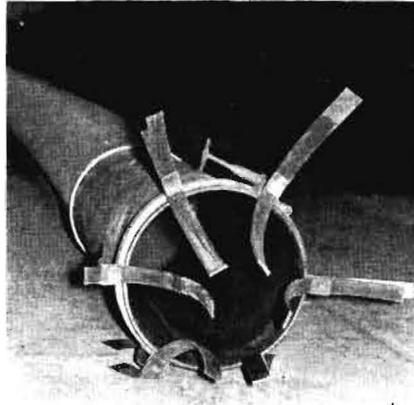


Bild 5b: Drosselung mit Gummistreifen an einem geraden Rohrstück



Bild 5c: Drosselung direkt am Schlauch durch Querschnittsverengung mit Hilfe eines eingelegten, dehnbaren Kunststoffringes

Beim Füllen eines Heu- oder Körnerbodens muß das Ende einer Förderleitung öfter zurückgezogen werden, wenn der Gutlaufen an das Ausblasende herangewachsen ist. Bei Blechrohren geschieht das einfach durch Verkürzen der Förderleitung. Dieselbe Möglichkeit besteht auch bei einer Förderleitung aus den Schlauchtypen II beziehungsweise III, bei denen aber jeweils das gedrosselte Ausblasende wieder am Ende der Leitung befestigt werden muß. Bei Schlauchtyp I, der nicht aus kürzeren Einzelstücken besteht, ist eine Verkürzung der Leitung nur durch die Vergrößerung der in der Leitung befindlichen Bögen oder durch Verlegung des Schlauches in Schlangenlinien möglich. Die dadurch entstehenden größeren Strömungsverluste müssen dabei in Kauf genommen werden.

### 3. Verschleißfestigkeit von Kunststoffschläuchen

Große Beachtung verdient der Verschleiß an Kunststoffschläuchen. Während die Lebensdauer eines Blechrohres nur durch Verbeulen und Korrosion begrenzt ist, zeigen Kunststoffschläuche Abrieberscheinungen, die besonders stark im ersten Teil der Leitung auftreten. Die entstehenden Löcher lassen sich bei ihnen wie bei einem Fahrradschlauch mit Flickern und Spezialkleber schließen. Um die Arbeit bei auftretenden Schäden so wenig wie möglich zu unterbrechen, bietet die Industrie außerdem selbstklebende Klebebänder an, mit denen ein Loch in kürzester Zeit geschlossen werden kann. Nach Beendigung der Förderung kann dann der Schaden mit einem richtigen Flickern dauerhaft behoben werden.

#### 3.1. Strohförderung

Besonders starken Beanspruchungen ist die Bodenleitung einer Förderanlage auf den ersten Metern hinter dem Gebläse ausgesetzt. Nach Versuchsergebnissen muß dort bei der Strohförderung mit den ersten Schäden bei Schlauchtyp I bereits nach 12 h und einer Fördermenge von 220 dz Strohhacksel und bei Schlauchtyp II beziehungsweise III nach 60 h beziehungsweise 400 dz gerechnet werden. Durch Verwendung eines düsenförmigen Ausblasendes an der Schleuse<sup>2)</sup> wird das Fördergut, das normalerweise hauptsächlich im unteren Drittel der Leitung entlangrutscht, auf den ganzen Querschnitt verteilt und dadurch die Lebensdauer der Schläuche in der Bodenleitung erhöht. Damit kann man bei Schlauchtyp I eine Lebensdauer von 32 h beziehungsweise 480 dz und bei Schlauchtyp II beziehungsweise III eine solche von mehr als 40 h beziehungsweise 800 dz erwarten.

In größerer Entfernung vom Gebläse zeigen Kunststoffschläuche eine beachtliche Lebensdauer. Ein Krümmer des Schlauchtyps III wird nach bisher gemachten Erfahrungen eine Förderzeit von mehr als 215 h beziehungsweise 2850 dz ohne Schaden überstehen. Bei einer hängenden Leitung, in die das Fördergut erst durch zwei 90°-Krümmer und eine Steigleitung gelangt, kann man damit rechnen, daß selbst der Schlauchtyp I über 100 h beziehungsweise 2200 dz hält. Bei diesem Schlauchtyp muß aber darauf geachtet werden, daß der Schlauch bei Unterbrechung der Förderung zu-

<sup>2)</sup> Bei den Versuchen wurde das Strohhacksel mit einer Injektor-Schleuse abgegeben, um die Zerstörung des Fördergutes beim Passieren des Gebläses zu vermeiden

sammengeschoben und windgeschützt aufbewahrt wird. Wegen seiner geringen Weiterreißfestigkeit besteht bei diesem Schlauch die Gefahr, daß er sonst durch eine Windböe zerrissen wird.

#### 3.2. Körnerförderung

Die Verschleißfestigkeit gegen Körner ist bei Kunststoffschläuchen verhältnismäßig gering; zum mindesten lassen sich tragbare Ergebnisse nur erzielen, wenn eine Vielzahl von Bedingungen erfüllt ist. Häufig treten Schäden an Stellen auf, wo der Querschnitt der Förderleitung durch äußere Hindernisse (Aufliegen auf Steinen oder Holzstücken, Versteifungsringe) verengt wird. Bereits nach 20 min kann ein Schlauch an diesen Stellen zerstört sein.

Bei Schlauchtyp I kann man bei der Körnerförderung mit einer Lebensdauer von etwa 100 h beziehungsweise 2000 dz rechnen, wenn man ein vorzeitiges Durchscheuern infolge äußerer Hindernisse vermeidet und ein Schlauch in einem Stück, also ohne Stoßstelle zur Verfügung steht. Die Verlegung muß dabei ausschließlich hängend erfolgen, weil nur dadurch äußere Scheuerstellen vermieden werden können (siehe auch Abschnitt 2).

Bei Schlauchtyp III kann man in der vorhandenen Ausführung mit einer nahezu gleichen Lebensdauer rechnen wie bei Typ I, wenn man die Stoßstellen in geeigneter Form, beispielsweise durch Hart-PVC-Trichter, schützt (Bild 6). Dieser Typ bietet dabei aber den Vorteil, daß die Leitung frei verlegt werden kann, weil sie durch die Versteifungsringe stets einen gewissen Abstand zum Boden und damit zu äußeren Hindernissen besitzt. Die Versteifungsringe stellen aber ihrerseits äußere Hindernisse dar durch eine Materialverhärtung und Querschnittsverengung (unsaubere Verarbeitung), die zu den ersten Schäden an der Schlauchleitung führen.

Eine größere Lebensdauer ist deshalb vom Schlauchtyp II zu erwarten, der keine Versteifungsringe besitzt. Bei ihm kann man bei hängender Verlegung und geschützten Stoßverbindungen damit rechnen, daß er 200 h bei einer stündlichen Förderleistung von rund 17 dz/h ohne Schaden eingesetzt werden kann.

#### 3.3. Laborversuche

Es ergibt sich also, daß der Schlauch aus nylon-armierter PVC-Folie den Beanspruchungen bei der Förderung landwirtschaftlicher Erzeugnisse besser gewachsen ist als der Schlauch aus einfacher

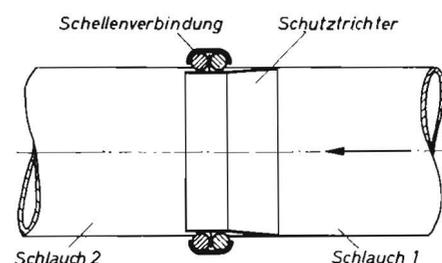


Bild 6: Schutztrichter aus PVC für Stoßverbindungen von Kunststoffschläuchen

PVC-Folie. Laborversuche mit einem Scheuerfestigkeits-Prüfgerät brachten dieselben Ergebnisse.

In Bild 7 ist für verschiedene Schlauchmaterialien der Abrieb in Milligramm je Quadratzentimeter über der Anzahl der Scheuerungen aufgetragen, die zu diesem Abrieb führten. Die Folientypen stimmen mit den Schlauchtypen überein, was bedeutet, daß nur die Typen I–III bisher zu Förderschläuchen verarbeitet werden. Während der Schlauch aus einfacher PVC-Folie nach 800 Scheuerungen bereits einen Abrieb von  $8 \cdot 10^{-3} \text{ p/cm}^2$  aufwies, zeigte der Schlauchtyp II beziehungsweise III die gleichen Verschleißerscheinungen erst nach 6500 Scheuerungen. Weit bessere Ergebnisse konnten mit einer PVC-beschichteten Gitterfolie (Typ VI) erzielt werden, bei der erst nach 16000 Scheuerungen ein Abrieb von  $8 \cdot 10^{-3} \text{ p/cm}^2$  gemessen wurde.

Da sich die spezifischen Gewichte der einzelnen Materialien nicht wesentlich voneinander unterscheiden, hat das Diagramm auch für den Abrieb in Volumeneinheiten Gültigkeit. Es ist nach den bisherigen Erfahrungen anzunehmen, daß ein Schlauch aus der PVC-beschichteten Gitterfolie (Typ VI) eine längere Lebensdauer als die bisher untersuchten Schläuche besitzt und sich deshalb für die Förderung landwirtschaftlicher Erntegüter besser eignet.

#### 4. Reißfestigkeit

Der größte Feind der Kunststoffschläuche sind scharfkantige Fremdkörper, die in die Leitung gelangen. Wegen der geringen Festigkeit des Schlauchmaterials können sie in Bögen aus der Leitung austreten und zu gefährlichen Unfällen führen. Daneben sind die Schäden in der Schlauchleitung erheblich. Die größere Festigkeit der nylon-armierten PVC-Folie gegen Weiterreißen bietet dabei den Vorteil, daß die Schäden in Grenzen bleiben und durch Flicker beseitigt werden können. Bei einem Schlauch aus einfacher PVC-Folie dagegen sind die Schäden nach einer solchen Beanspruchung so groß, daß der Schlauch für eine weitere Verwendung unbrauchbar ist.

Äußerst starken Beanspruchungen sind die Aufhängelaschen an den Schläuchen bei der Heu- und Strohförderung ausgesetzt. Wie bereits erwähnt können dabei in den Krümmern durch Impulsänderungen Kräfte von 80 kp 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 gitterverstärktes Material verwendet. Bei diesem Material wurden für die Zugfestigkeit je Öse Werte von 65 kp 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 dadurch die Kraft nicht allein durch die Schweißnaht übertragen zu werden braucht. Außerdem verhindert der eingelegte Metallring ein Ausreißen der Haken.

#### 5. Leistungsbedarf und Förderleistung

Kunststoffschläuche sind mit größeren Strömungsverlusten behaftet als Blechrohre. Die Verluste entstehen durch Falten, leichtes Flattern, Impulsverluste infolge großer Elastizität der Schlauchwand [4] und am Ausblasende. Besonders große Strömungswiderstände stellen die Krümmen dar. Sie sind bei annähernd gleichem Krümmungsradius bis siebenmal größer als beim Blechrohr.

Durch diese Verluste liegen Kunststoffschläuche bezüglich des Leistungsbedarfs und der Förderleistung ungünstiger als Blechrohre. Bei einer 15 m langen Förderleitung mit einer Höhen-

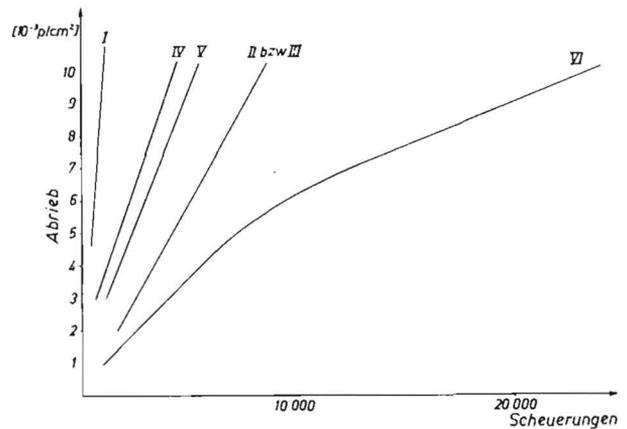


Bild 7: Abrieb von Schlauchmaterialien

Typ I: einfache PVC-Folie,  $G_F = 335 \text{ p/m}^2$   
 Typ II bzw. III: nylon-armierte PVC-Folie,  $G_F = 750 \text{ p/m}^2$   
 Typ IV und V: gummiertes Gewebe,  $G_F = 1085 \text{ p/m}^2$   
 Typ VI: PVC-beschichtete Gitterfolie,  $G_F = 504 \text{ p/m}^2$

differenz von 3 m sinkt die Förderleistung für Roggenkörner beispielsweise bei Schlauchtyp III bereits auf den halben Wert ab (Tafel 1). Die Wirkungsgrade zeigen ein ähnliches Ergebnis.

Zur Erzielung einer gleichen Förderleistung wie bei Blechrohren wird bei Kunststoffschläuchen eine entsprechend größere Antriebsleistung benötigt. Der Leistungsmehrbedarf beträgt 20 bis 45% bei einer Leitung ohne Krümmen und steigt auf Werte von 30–95%, wenn eine Höhendifferenz zu überwinden ist (Tafel 2). Dieser Leistungsmehrbedarf ist ein großer Nachteil, da der Leistungsbedarf bei der pneumatischen Förderung ohnehin sehr groß ist. Er darf aber auch nicht überbewertet werden. Eine Überlastung der elektrischen Leitung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb braucht nicht befürchtet zu werden, da die Leistungsaufnahme des Elektromotors hauptsächlich vom Gebläsetyp abhängt und bei größeren Strömungswiderständen in der Förderleitung sogar sinkt. Mit dem bereits vorhandenen Gebläse ist aber auch durch Kunststoffschläuche eine Förderung möglich, wenn man auf die gleiche Luftgeschwindigkeit verzichtet und mit einer kleineren stündlichen Förderleistung zufrieden ist (Tafel 1). Die erzielbare Förderleistung liegt durchaus noch in der Größenordnung, die ein Landwirt von seiner Förderanlage verlangt [3]. Wegen der Arbeiterleichterung und der Zeitersparnis bei der Montage der Leitung kann ein Landwirt den Leistungsverlust meistens in Kauf nehmen.

#### 6. Förderung von Anwekksilage

Kunststoffschläuche eignen sich nur bedingt zur Förderung von Anwekksilage. Der Schlauchtyp I neigt stark zum Flattern und zum Schlagen und wird dadurch schnell zerstört. Ein Drosseln des Endverteilers kann zwar zur Beruhigung des Schlauches führen, doch ist bei dem schweren Fördergut die Beanspruchung des Schlauches so hoch, daß Bedenken wegen der geringen Weiterreißfestigkeit bestehen bleiben. Der Schlauchtyp II beziehungsweise III besitzt eine ausreichende Festigkeit, doch muß bei ihm auf eine einwandfreie, knickfreie Verlegung und eine möglichst gleichmäßige Beschickung (z. B. automatischer Entladewagen) geachtet werden, da dieser Typ stärker zum Verstopfen neigt. Dann ist mit ihm die Förderung von Anwekksilage möglich. Bezüglich der Leistung braucht man keine großen Bedenken zu

Tafel 2: Antriebsleistung zur Förderung von Heu und Stroh

30 m Förderleitung ohne Krümmen beziehungsweise 8 m Höhendifferenz mit zwei 90°-Krümmern

	Blechrohr	Typ I	Typ III
Antriebsleistung ohne Krümmen [%]	100	120	145
Antriebsleistung mit Höhendifferenz [%]	100	130	195
Scheinlänge für 90°-Krümmern [%]	100	174	357

Tafel 1: Förderleistung für Körner

15 m Förderleitung; 3 m Höhendifferenz; zwei 90°-Krümmen; ein Zyklon-Abscheider

	Blechrohr	Typ I	Typ III
Förderleistung [dz/h]	62	42.5	31
Förderleistung [%]	100	69.0	50
Wirkungsgrad [%]	10	7.3	4.9
Widerstandskoeffizient $\lambda$	0,0102	0,0142	0,019

haben, da bei der relativ kurzen Leitung die hohen Strömungsverluste nicht stark ins Gewicht fallen.

## 7. Elektrostatische Aufladung

Bei der Körnerförderung durch Kunststoffschläuche muß man seine besondere Aufmerksamkeit der elektrostatischen Aufladung ungeerdeter Metallteile schenken, die in der Leitung verwendet werden (z. B. Metallschellen zur Verbindung des Schlauchtyps II und III). Die Spannungen gegen Erde können Werte von 50 000 V annehmen, wodurch Funken von 22–25 mm entstehen können.

Bei Verwendung von ungeerdeten Blechrohren (als Verbindungselement des Schlauchtyps I, Rohrkrümmer), die eine bedeutend größere Oberfläche besitzen als Metallschellen, können sich weit größere Ladungsmengen ansammeln und dadurch größere Funken überspringen. In einer Staubatmosphäre können diese Funken zu gefährlichen Explosionen führen. Deshalb muß bei Kunststoffleitungen zur Förderung von Körnern stets darauf geachtet werden, daß dabei verwendete Metallteile geerdet sind. Bei der Heu- und Strohförderung ist die Aufladung bedeutend geringer, doch sollten auch hierbei die Metallteile geerdet werden, um jedes Risiko zu vermeiden.

## 8. Zusammenfassung

Bei der Beurteilung der Verwendungsmöglichkeit von Kunststoffschläuchen zur pneumatischen Förderung muß man stark nach dem Fördergut unterscheiden. Wegen des großen Verschleißes sind sie für die Körnerförderung nicht zu empfehlen. Nur in Kleinbetrieben, bei denen die anfallende Körnermenge gering ist, ist ihr Einsatz denkbar. Aber auch dort wird in den meisten Fällen eine Blechrohrleitung vorzuziehen sein, da bei der Körnerförderung ( $d = 200$  mm  $\varnothing$ ) die Vorteile einer Schlauchleitung (leichte Verlegbarkeit) die Nachteile (geringe Haltbarkeit) nicht aufwiegen.

Anders ist es bei einer Leitung zur Förderung von Heu und Stroh. Bei ihr halten sich Vor- und Nachteile der Kunststoffschläuche gegenüber Blechrohren in etwa die Waage. Die Verschleißfestigkeit ist bei Kunststoffschläuchen zwar geringer, doch verspricht die bequeme Möglichkeit der Reparatur eine Lebensdauer, die eine Ablehnung der Schläuche von vornherein nicht rechtfertigt. Durch ausschließlich hängende Verlegung der Schläuche und Einsatz von Blechrohren auf den ersten Metern der Leitung läßt sich im Gegensatz zur Körnerförderung bei der Heu- und Strohförderung die Lebensdauer der Kunststoffschläuche bedeutend erhöhen. Der Leistungsbedarf liegt bei einer Schlauchleitung höher als beim Blechrohr, wenn gleiche Förderleistung gewünscht wird. Umgekehrt sinkt die Förderleistung, wenn die zur Verfügung stehende Antriebsleistung gleich bleibt. Durch die fast 40% niedrigeren Anschaffungskosten und die erhebliche Arbeitserleichterung und Zeitersparnis bei der Verlegung einer Förderleitung für Heu und Stroh können die Kunststoffschläuche aber mit dem Blechrohr durchaus konkurrieren. Für den Ein-Mann-Betrieb stellen sie eine Möglichkeit dar, die bequeme pneumatische Förderung zu nutzen.

## Schrifttum

- [1] SEGLER, G.: Untersuchungen an Körnergebläsen und Grundlagen für ihre Berechnung. RKT-L-Schrift Nr. 55, Berlin 1934.
- [2] MITTELBACH, BERND: Kunststoffschläuche zur Gebläseförderung. Landtechnik 19 (1964), S. 866–868.
- [3] 70 Meter Gebläseschlauch. Deutsche Landwirtschaftliche Presse, (1962), S. 320.
- [4] ADAM, O.: Untersuchungen über die Vorgänge in feststoffbeladenen Gasströmen. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 904, Düsseldorf 1960.

## Résumé

Bernd Mittelbach: "Plastic Hoses for the Pneumatic Handling of Agricultural Crop".

The use of plastic hoses for pneumatic handling depends greatly on the type of material to be conveyed. As they wear easily they are not recommended for grain conveyance. Only in small holdings with little amounts of grain they may be applied. But even there a sheet-metal pipe is preferred, as with grain conveyance ( $d = 200$  mm diameter) the advantages of a hose line (easy laying) do not make up for the disadvantages (little durability).

With a line for handling hay and straw it is different. In this case the pros and cons of plastic hoses as against sheet-metal pipes are about equal. With plastic hoses the resistance to wear is however low, but the possibility of an easy repair promises a durability which does not justify a rejection of the hoses from the very beginning. With exclusively suspended hoses and using sheet-metal pipes for the first meters, the durability of plastic hoses for handling hay and straw can be considerably increased as compared to grain conveyance. With an equal conveying capacity the power required by a hose pipe is higher than when using a metal pipe. On the other hand, the conveying capacity decreases, if the available drive power remains constant. Owing to the fact that the purchase price is 40% lower and much labour and time is saved in laying a conveyor line for hay and straw, plastic hoses can absolutely compete with the metal pipe. For a one-man holding they are a possibility to use conveniently the pneumatic handling.

Bernd Mittelbach: «L'utilisation de tuyaux plastiques pour le transport pneumatique de produits agricoles».

Si l'on veut estimer les possibilités d'utilisation des tuyaux plastiques pour le transport pneumatique, il faut bien distinguer entre les produits à transporter. On ne peut guère les recommander pour le transport des grains à cause de l'usure importante. Leur utilisation pour ce produit n'est concevable que dans les petites exploitations ou il ne faut transporter que de faibles quantités de grains. Mais on préférera également dans ces exploitations une tuyauterie en tôle étant donné que les avantages des tuyaux plastiques (montage facile) ne peuvent pas compenser leurs inconvénients dans le cas transport de grains (durée de vie réduite).

Les conditions changent quand il s'agit d'une installation destinée au transport du foin et de la paille. Dans ce cas les avantages et les inconvénients des tuyaux plastiques sont à peu près égaux à ceux des tubes en tôle. Bien que la résistance à l'usure des tuyaux plastiques soit moindre, il n'est pas justifié de les écarter sans examen préalable, car leur durée de vie peut être prolongée grâce à la commodité des réparations. Quand on les installe exclusivement en hauteur et utilise des tuyaux en tôle pour les premiers mètres de l'installation, on peut améliorer considérablement la durée de vie des tuyaux plastiques utilisés pour le transport du foin et de la paille contrairement au cas où on les utilise pour le transport des grains. Les tuyaux plastiques exigent une puissance plus élevée que les tuyaux en tôle si l'on veut atteindre le même débit. Le débit abaisse inversement si la puissance disponible reste la même. Étant donné que le coût d'achat est de 40% inférieur à celui des tuyaux en tôle et que l'on peut réduire la fatigue et économiser du temps pour le montage d'une installation de transport du foin et de la paille, les tuyaux plastiques sont tout à fait capable de concurrencer les tuyaux en tôle. Ils offrent à l'exploitation ne disposant que d'une seule personne, la possibilité de profiter de la commodité du transport pneumatique.

Bernd Mittelbach: «Tubos de material plástico para el transporte de la cosecha en la agricultura».

Para juzgar de la conveniencia de emplear tubos de material plástico para el transporte, es preciso distinguir entre los diferentes productos cosechados. Debido al rápido desgaste el material plástico no es recomendable para el transporte de granos. Tan sólo puede considerarse su empleo en empresas pequeñas, en las que las cantidades de grano son muy reducidas, y aún en éstas el empleo de tubos de chapa metálica será preferible en la mayoría de los casos, porque en el transporte de granos ( $d = 200$  mm  $\varnothing$ ) las ventajas que ofrece el material plástico (facilidad de tendido) no compensa los inconvenientes (desgaste).

Varia el caso, cuando se trate del transporte de heno o de paja, en el cual ventajas de unos y otros tubos prácticamente se compensan. La resistencia al desgaste de los tubos de material plástico es desde luego inferior, pero la facilidad de su reparación les da vida bastante larga, que no se justifica su no-aceptación sistemática. Suspendingo los tubos plásticos y empleando para los primeros metros tubos de chapa, la vida de los tubos plásticos se alarga bastante en el transporte de heno y de paja, pero no así en el transporte de granos. Descendose un rendimiento igual, la potencia que requieren los tubos de plástico, tiene que ser algo más elevada de la que exigen los tubos de chapa, es decir que baja el rendimiento, cuando la potencia es la misma. Gracias al coste inferior de los tubos de plástico en aprox. 40%, en comparación con los de chapa, a la mayor facilidad de trabajo y el tiempo ahorrado en el tendido, los primeros sin embargo pueden competir con los de chapa. En las empresas de un sólo trabajador ofrecen la posibilidad de aprovechar el transporte neumático.