

# Weiterentwicklung am Transportwagen

*Wagen zum Schüttguttransport sind in der Regel Kippfahrzeuge. Kritische Schwerpunktverlagerung beim Kippen, Probleme bei stark haftenden Gütern und geringer Raumhöhe sowie unkontrolliertes Abkippen sind Nachteile solcher Fahrzeuge bei sonst großer Universalität. Der Einsatz einer verschiebbaren Vorderwand beseitigt diese Nachteile. Vorteilhafte Konstruktionsmerkmale sind dabei: außerhalb der Lademulde angeordnete Führungsschienen, Muldenquerschnitt mit minimaler Kantenzahl, hohe Kontaktkräfte der Dichtungskanten durch elastischen Kunststoff mit hohem Elastizitätsmodul und hoher Festigkeit, Führung des Schubschildes mittels kugelgelagerter Rollen, Federbelastung der parallel angelenkten Rollenpakete gegen Verkanten des Schubschildes.*

Dipl.-Ing. Andreas Porsche war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Landmaschinen der TU Dresden (Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. G. Bernhardt), Hainbuchenstr. 28, 01169 Dresden.

Dipl.-Ing. Jens Schramm ist Konstrukteur bei der Annaburger Nutzfahrzeug GmbH (Geschäftsführer Dipl.-Ing. Rainer Ullrich), Nordstr. 4, 06917 Jessen.

## Schlüsselwörter

Transportwagen, Schüttgut, Schub-Entladung

## Keywords

Transport wagon, bulk material, push unloading

Der Transport von Schüttgütern wird in der Landwirtschaft und in anderen Branchen in der Regel mit Dreiseiten- oder Muldenkipffahrzeugen realisiert. Die bekannten Fahrzeugkonzeptionen, als Anhänger oder Sattelaufleger ausgeführt, sind sich sehr ähnlich und unterscheiden sich nur geringfügig in ihrer technischen Ausrüstung. Die Kippfahrzeuge sind fast ganzjährig im Einsatz.

Trotz ihrer großen Universalität weisen sie vier wesentliche Nachteile auf, die aus dem genutzten physikalischen Funktionsprinzip, der Erdanziehung resultieren:

- Die Veränderung des Fahrzeugschwerpunktes bei der Entladung führt zwangsläufig zu einem hohen Kippisiko des Fahrzeuges.
- Das Abkippen von Gütern (Ton und Lehm), die eine hohe Haftfähigkeit aufweisen, ist sehr schwierig oder nicht möglich.
- Bei Höhenbegrenzungen (etwa in Hallen) ist der Kippvorgang nur teilweise oder gar nicht realisierbar.
- Das Abkippen von Schüttgütern erfolgt in der Regel unkontrolliert, eine Mengendosierung ist nicht möglich.

Seit 1978 ist das Prinzip einer verschiebbaren Vorderwand bekannt, welche diese Nachteile löst. In der zugehörigen Patentschrift ist ein Fahrzeug mit Kastenaufbau und einer Entladevorrichtung beschrieben, mit der das in den oben offenen Kasten geladene Schüttgut nach hinten in Richtung auf die als schwenkbare Klappe ausgebildete Stirnwand des Kastens entladen wird. Realisiert wird dies durch die Ausführung der Vorderwand des Kastens als Schubschild, wobei das Schubschild in Längsführungen läuft, die längs den Seitenwänden des Kastens angeordnet sind.

Seit einigen Jahren sind auch landwirtschaftliche Transportwagen mit einem solchen Entladeprinzip auf dem Markt.

Wesentliche Nachteile der bekannten Fahrzeuge mit verschiebbarer Vorderwand sind:

- im Innenraum der Transportmulde angeordnete Führungselemente zur Führung des Schubschildes
- sich daraus ergebende Probleme bei der

Abdichtung des Spaltes zwischen Schubschildaußenkante und Transportmuldenoberfläche

- das Überlaufen leichtfließender Schüttgüter (etwa nasser Sand, Getreidekörner) über die Seitenwände beim Entladen.

## Aufgabenstellung

Ziel dieser Weiterentwicklung an derartigen Transportwagen ist die Verhinderung der Nachteile der Kippfahrzeuge durch die Anwendung des Prinzips einer verschiebbaren Vorderwand auf landtechnische Anforderungen und die Beseitigung ihrer bekannten Mängel.

Aus der Forderung nach universeller Einsetzbarkeit zum Transport aller in der Landwirtschaft üblichen Schüttgüter, wobei Saatgüter genauso wie Sand, Mutterboden, Dung oder Kalk transportiert werden sollen, ergeben sich folgende Hauptanforderungen:

- hohe Dichtheit zwischen Schubschild und Transportmulde für Saatgüter
- sichere und leichte Führung des Schubschildes zwischen den Seitenwänden ohne Kippen des Schubschildes
- kein Überlaufen von Schüttgut während des Entladens
- hohe Schubkraft für schwere Schüttgüter (Sand, Kalk)

## Hohe Dichtheit des Schubschildes

Das Schubschild neigt während des Abschiebens der Ladung permanent zum Verkanten in der Transportmulde. Deshalb muss das Schubschild geführt werden. Anders als bei den bekannten technischen Lösungen sind die Führungsschienen unmittelbar unter dem Boden- und hinter den Seitenblechen, also außerhalb der Transportmulde angeordnet. Die konsequente Vermeidung von linearen Führungselementen innerhalb der Transportmulde reduziert die Anzahl notwendiger Kanten auf ein Minimum. Die damit erzielte einfache Innenkontur der Transportmulde lässt sich mit wenigen Dichtelementen sicher abdichten.

Durch die Wahl eines elastischen Kunststoffes mit einem relativ hohen Elastizitäts-

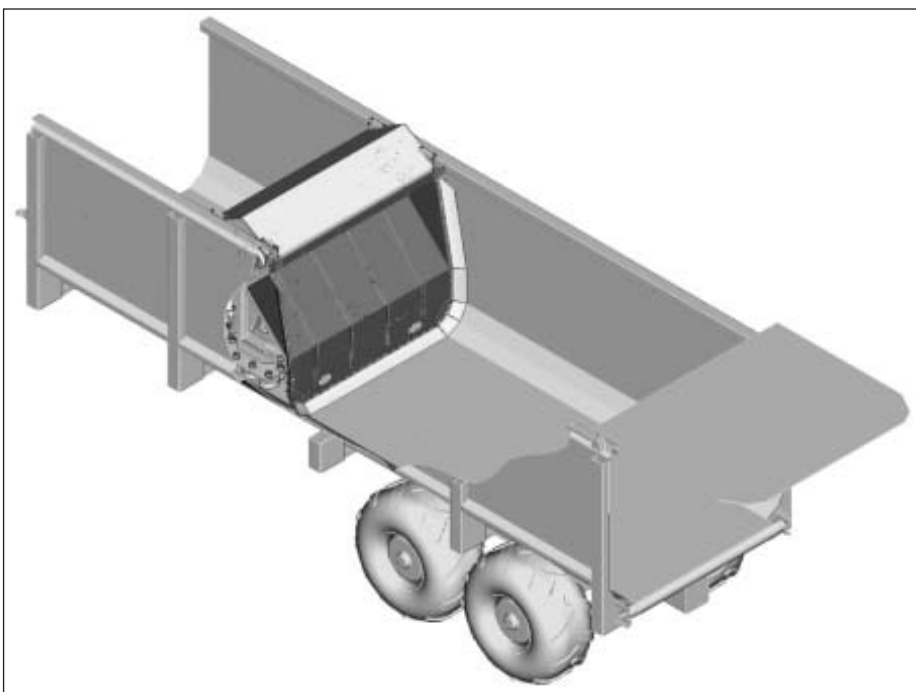


Bild 1: Transportwagen mit Schubschild Fig. 1: Transport wagon with moveable push-blade

modul bei gleichzeitig hoher Festigkeit wird beim Einführen des Schubschildes in die Transportmulde mit der Verformung der Dichtungen die gewünschte hohe Anpresskraft der Dichtungskanten an die Transportmuldenoberfläche und damit die gewünschte Dichtheit erzielt.

### Sichere und leichte Führung des Schubschildes

Zur leichten Führung des Schubschildes zwischen den Seitenwänden wird das Schubschild mittels kugelgelagerter Rollen, die in mehreren Rollenpaketen zusammengefasst sind, in der Transportmulde geführt. Die Rollenpakete sind über parallele Lenker am Schubschild angelenkt und werden durch Kraftmittel nach außen und oben gedrückt. Fertigungstoleranzen der Transportmuldenbreite und -höhe werden somit ausgeglichen. Der ständige Kontakt der Rollen mit den Führungsflächen der Transportmulde gewährleistet die sichere Führung des Schubschildes ohne Verkanten in der Transportmulde, was sich ebenfalls positiv auf eine hohe Dichtheit auswirkt.

### Theoretische Betrachtungen zum Überlaufen von Schüttgut

Die notwendige Kraft  $F_S$  zum Verschieben der Schüttung ergibt sich im Wesentlichen aus dem Produkt von Massenkraft  $F_m$  der Schüttung und Reibwert  $\mu_R$  zwischen Schüttgut und Bodenoberfläche. Mit den Hauptparametern Schüttlänge  $l$ , Schütthöhe  $h$  und Schüttdichte  $\rho$  ergibt sich  $F_S$  wie folgt:

$$F_S = F_m \cdot \mu_R = V \cdot \rho \cdot g \cdot \mu_R = l \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot \mu_R$$

Die Reibkraft zwischen Schüttung und Seitenwänden kann demgegenüber vernachlässigt werden.

Betrachtet man die Schüttung modellhaft, kann man die Schüttung in eine Vielzahl gleicher Teilschüttungen mit einer Teilschüttlänge  $l_i$  unterteilen. So ergibt sich die notwendige Kraft  $F_{Si}$  zum Verschieben einer solchen Teilschüttung mit

$$F_{Si} = l_i \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot \mu_R$$

Die zwischen den einzelnen Teilschüttungen wirkenden Kontaktkräfte erhöhen sich also vom Ende der Schüttung entsprechend der Addition der Einzelkräfte  $F_{Si}$  bis zum Schubschild hin stetig.

Um das Verschieben der Gesamtschüttung einzuleiten, müssen also die notwendigen Kontaktkräfte zwischen den einzelnen Teilschüttungen aufgebaut werden, was eine Druckerhöhung innerhalb der Schüttung vom Ende der Schüttung her bis zum Schubschild hin zur Folge hat.

Diese Druckerhöhung äußert sich mit Einleitung der Verschiebung im Verformen der Schüttung vor dem Schubschild, was durch die Zunahme der Höhe der Schüttung vor dem Schubschild sichtbar wird. Dabei steigen die Dichte der Schüttung und die wirksame Druckfläche des Schubschildes bis zum Kräftegleichgewicht zwischen Schüttung und Schubschild an.

Dieses Aufsteigen der Schüttung führt bei den bekannten Einrichtungen zum Überquellen der Schüttung über die Schubschildoberkante und die Seitenwände.

### Vermeidung des Überlaufens von Schüttgut

Die technische Realisierung am Versuchsmuster sieht vor, dass dem Schubschild ein Gurtband zugeordnet ist, welches über der Bodenfläche der Transportmulde verläuft. Das Gurtband ist an einem Ende mit dem Schubschild fest verbunden und erstreckt sich von hier aus nach hinten bis zur Entladestelle der Transportmulde, wo es um eine

Umlenkwalze umgelenkt wird. Unterhalb der Transportmulde ist das andere Ende des Gurtbandes durch Zugmittel über eine vordere Umlenkwalze wiederum mit dem Schubschild verbunden.

Die beschriebene Verbindung eines Gurtbandes mit dem Schubschild führt dazu, dass die Schüttung direkt auf dem mit dem Schubschild bewegten Gurtband aufliegt. Die Kräfte zum Verschieben der einzelnen Teilschüttungen werden nicht mehr nur ausschließlich durch Kontakt der einzelnen Teilschüttungen untereinander übertragen, sondern vielmehr durch Haftreibung zwischen Gurtbandoberfläche und jeder Teilschüttung direkt in jede Teilschüttung von unten her eingeleitet. Dadurch bleiben die Kontaktkräfte zwischen den einzelnen Teilschüttungen weitestgehend konstant. Somit wird ein Aufsteigen der Schüttung vor dem Schubschild praktisch vermieden.

Durch entsprechende Werkstoffpaarung kann der Hersteller den Reibbeiwert  $\mu_R$  zwischen Gurtband und Transportmuldenoberfläche unabhängig vom Schüttgut günstig beeinflussen.

### Hohe Schubkraft für schwere Schüttgüter

Die stabile Ausführung des Schubschildes eines Wagens mit den genannten positiven Merkmalen in Verbindung mit einem kraftvollen mehrstufig zweifachwirkenden Hydraulikzylinder hat in dieser Variante die wesentlichen Vorteile beim praktischen Einsatz unter Beweis stellen können.

Bei einer zweiten Variante, der beschriebenen Kombination des Schubschildes mit einem Gurtband, wird die Kraft zum Verschieben weitestgehend durch das Band übertragen. Hier bietet es sich an, das Band direkt anzutreiben und auf Hydraulikzylinder zu verzichten. Das Schubschild dient weitestgehend nur der Abdichtung und kann deshalb geringer dimensioniert werden.

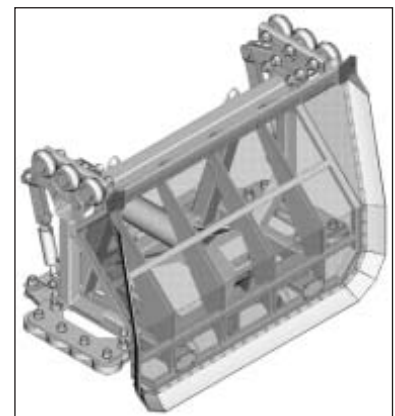


Bild 2: Schubschild

Fig. 2: Moveable push-blade