

Abriebversuche an Kunststoffen zur Prüfung der Eignung von Kunststoffschnecken zur Förderung von Mineraldünger

Institut für Landtechnik, TH Aachen

Die hohen Verpackungskosten für gesackten Mineraldünger und die schlechte Handhabung der schweren Säcke machen die Verwendung von losem Dünger für die Landwirtschaft interessant. Umfangreiche Untersuchungen haben die Vorteile des losen Düngers deutlich gezeigt, die nicht nur in der Arbeitserleichterung, sondern auch in einem finanziellen Gewinn liegen [1].

Die Lagerung des nicht gesackten Düngers dürfte kaum Schwierigkeiten bereiten, sei es nun, daß er einfach auf einem festen, feuchtigkeitsisolierten Betonboden in einem

geschlossenen Raum oder aber in einem speziell für diesen Zweck erstellten Silo aufbewahrt wird. Die finanzielle Belastung dürfte bei beiden Lagerungsarten durch die zu erwartende große Lebensdauer gering sein.

Größere Schwierigkeiten bereitet dagegen die Handhabung des losen Düngers. Die Frontladerschaufel des Schleppers kann in vielen Betrieben ausreichen, doch sind auch Betriebe denkbar, in denen die Mechanisierung weiter getrieben und auf ein spezielles Förderorgan zurückgegriffen werden muß. Als solches bietet sich die Förderschnecke an, bei der die Staubentwicklung gering gehalten werden kann. Übliche Förderschnecken aus Metall haben aber den Nachteil, daß sie durch den aggressiven Mineraldünger korrodieren und dadurch schnell verschleifen.

Die gute Korrosionsbeständigkeit von Kunststoffen ist bereits in früheren Versuchen und in einem Langzeitversuch mit Tellern aus Kunststoff an einem Tellerdüngerstreuer nachgewiesen worden. Es ist deshalb denkbar, daß durch die Verwendung dieses Materials die Korrosion vermieden werden kann. Die Frage ist nur, inwieweit die Abriebfestigkeit der Kunststoffe für die Verwendung als Förderschnecken ausreicht.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden am Institut für Landtechnik der TH Aachen Versuche ¹⁾ durchgeführt, um die Abriebfestigkeit von Kunststoffen zu ermitteln. Es wurden zwei Versuchsreihen gefahren, um möglichst gesicherte Ergebnisse zu erhalten. In der ersten Versuchsreihe wurden Förderschnecken aus verschiedenen Werkstoffen auf einem Schneckenprüfstand untersucht, in der zweiten wurde der Abrieb an Materialproben bestimmt, die gegen eine Reibscheibe gepreßt wurden.

1. Versuche auf einem Schneckenprüfstand

1.1. Beschreibung des Schneckenprüfstandes

Bei diesen Versuchen wurden Förderschnecken aus verschiedenen Werkstoffen bis auf das Fördergut praxisähnlichen Bedingungen unterworfen. Als Fördergut fand Sand Verwendung, der für Dauerversuche günstiger als Mineraldünger ist, da er nicht so schnell zermahlen wird und seine Körnung

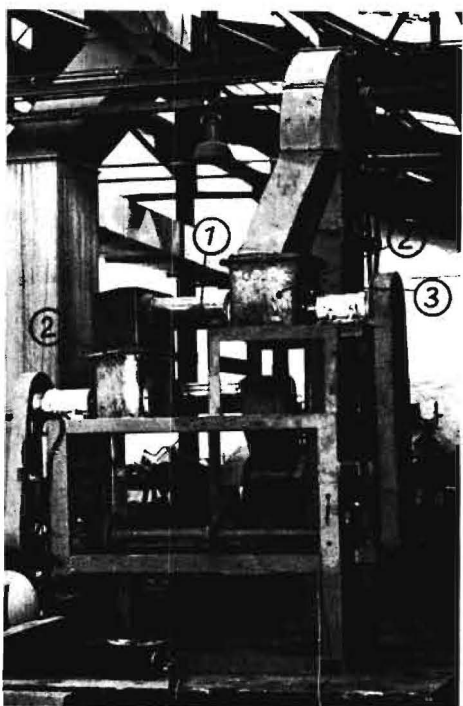


Bild 1: Schneckenprüfstand
 1 Schneckenförderer
 2 Vorratsbehälter
 3 Becherwerk

¹⁾ Die Arbeit wurde finanziell vom Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft (KTL) unterstützt

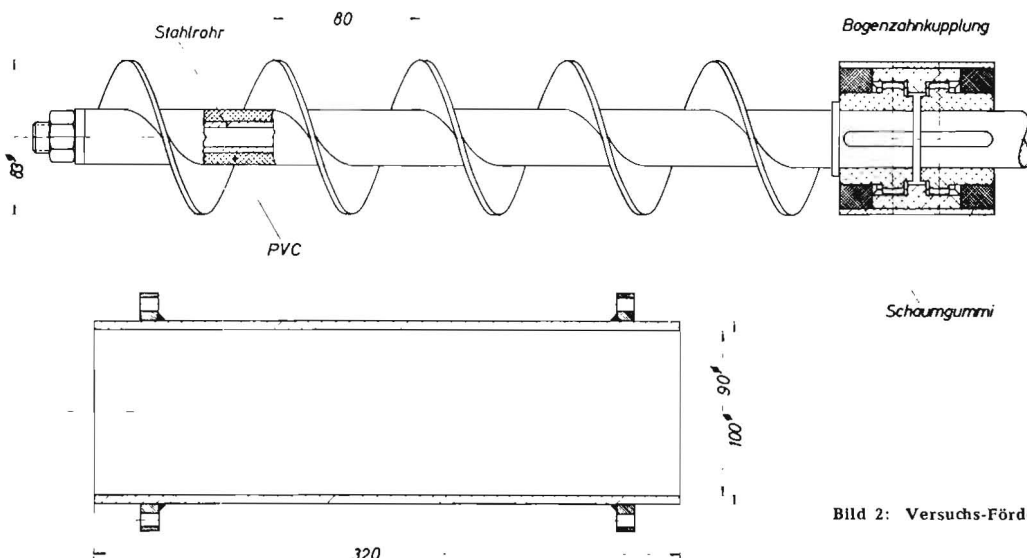


Bild 2: Versuchs-Förderschnecke

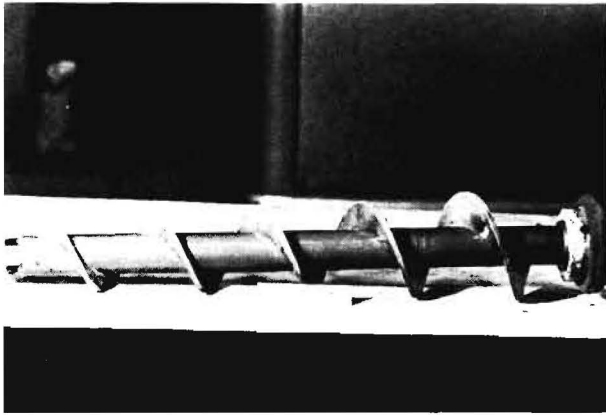


Bild 3: Förderschnecke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (GFK) bei Versuchsende
50 Stunden Versuchsdauer

über längere Zeit nicht oder doch nur kaum verändert. Günstig für die Versuchsdurchführung wirkte sich auch die stärker schleißende Wirkung des Sandes aus, wodurch die Versuchszeiten kürzer gehalten werden konnten. Der Nachteil, daß man dadurch keine absoluten Werte, sondern nur Vergleichswerte erhält, mußte dabei in Kauf genommen werden.

Der Prüfstand (Bild 1) bestand aus zwei nebeneinander liegenden, in der Höhe versetzten Vorratsbehältern, die durch eine Schnecke verbunden waren. Aus dem unteren Behälter transportierte eine zweite Schnecke das Fördergut in den Einlauf des Becherwerkes, das den Sand wieder in den oberen Behälter förderte, wodurch ein Kreislauf erzielt wurde. Durch die gewählte Anordnung arbeiteten die Förderschnecken ohne Gegendruck, was auch in der Praxis der Fall ist. Der Antrieb erfolgt von einem Elektromotor über eine Vorgelegewelle auf die beiden Schnecken und das Becherwerk.

Entsprechend den häufigsten Verwendungsarten in der Praxis waren die Schnecken nur einseitig gelagert. Um den Einfluß dieser Lagerung auch bei den relativ kurzen Versuchsschnecken ($l = 400$ mm) voll zur Wirkung kommen zu lassen, erfolgte diese Lagerung in einer Bogenzahnkupplung, die eine Abwinkelung der Schneckenwelle zur fest gelagerten Antriebswelle um einige Grad erlaubte.

Die Schnecken bestanden im allgemeinen aus einer Metallrohr-Seele, aus einem entsprechend den Schneckengängen geschlitzten PVC-Rohr und den miteinander verschweißten oder verklebten Schneckengängen. Die Schneckengänge wurden in das geschlitzte PVC-Rohr eingeschraubt, das ganze auf die Metallseele aufgeschoben und mittels einer Mutter festgeklemmt (Bild 2). Bei den Metallschnecken mit und ohne Überzug waren die Schneckengänge direkt auf die Metallseele aufgeschweißt. Durch die gewählte Schneckenkonstruktion besaßen die Schnecken trotz der unterschiedlichen spezifischen Gewichte der verschiedenen Kunststoffe annähernd gleiche Gewichte.

1.2. Untersuchte Werkstoffe

Auf dem Schneckenprüfstand wurden Schnecken aus folgenden Werkstoffen untersucht:

1. Trovidur = Polyvinylchlorid (PVC) der Dynamit Nobel AG, Troisdorf
2. Delrin = Polyacetalharz (POM) der Fa. Du Pont de Nemours & Co., USA
3. Sustamid = Polyamid (PA) der Fa. Schroeder & Stadelmann AG, Oberlahnstein
4. Trolitul = Polystyrol (PS) der Dynamit Nobel AG, Troisdorf
5. Makrolon = Polycarbonat (PC) der Fa. Bayer, Leverkusen
6. Trolen = Polyäthylen (PE) der Dynamit Nobel AG, Troisdorf



Bild 4: Oberes Förderrohr aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (GFK) bei Versuchsende
Förderrohr am Auslauf durchgescheuert

7. Palatal P 6 = glasfaserverstärktes Polyesterharz (GFK) der BASF, Ludwigshafen/Rhein
8. Rilsan = Polyamid (PA) der Fa. Organico, Paris, auf Blech aufgesintert
9. Esserbetol = Anstrich auf Polyesterbasis der Fa. Paul Esser GmbH, Wuppertal, auf Blech aufgetragen
10. Stahlblech = St 33

1.3. Versuchsdurchführung

Die beiden Versuchsschnecken wurden am Anfang und Ende eines Versuches ausgemessen und der Abrieb an der Schnecke und am Förderrohr durch den Gewichtsverlust bestimmt. An der unteren Schnecke wurde außerdem noch zwischenzeitlich der Abrieb ermittelt, um die Zeitabhängigkeit festzustellen. Die Versuchsdauer wurde auf 100 Stunden festgesetzt, jedoch wurde der Versuch vorher abgebrochen, wenn durch zu starken Abrieb die Abwinkelung an der Bogenzahnkupplung mehr als 2° betrug. Zur Bestimmung der Feuchtigkeitsaufnahme während des Versuches diente eine unbelastete Materialprobe, die bei jeder Messung mitgewogen wurde.

1.4. Versuchsergebnisse

Der Verschleiß an den Förderschnecken trat ausschließlich an

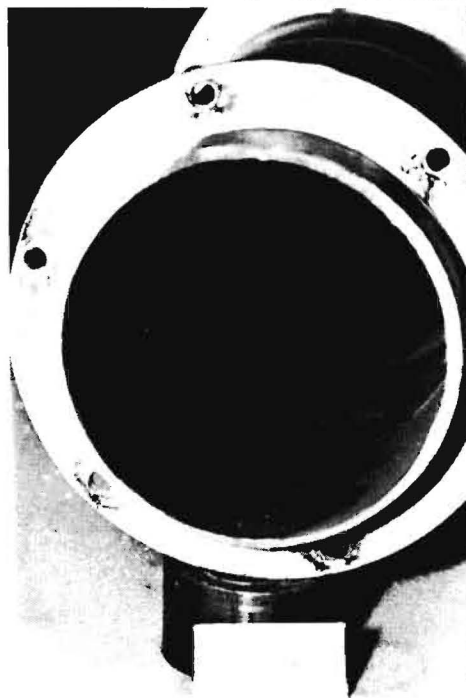


Bild 5: Unteres Förderrohr aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (GFK) bei Versuchsende
Blick in Förderrichtung



Bild 6: Förderschnecke mit Polyamid-Beschichtung bei Versuchsende 5 Stunden Versuchsdauer

den Außenkanten der Schneckenringe auf, an den Stirnseiten konnte lediglich ein Poliereffekt beobachtet werden. Bedingt durch die einseitige Lagerung der Schneckenwelle erfolgte der Abrieb an den Förderschnecken konisch. Während an der ungelagerten Auslaufseite die Schneckenringe stark verschlissen, war der Abrieb an der Einlaufseite sehr gering und am ersten Schneckenring, der noch im Vorratsbehälter und nicht im Förderrohr lief, kaum feststellbar. Die gleiche Verschleißsteigerung zum Auslauf hin konnte auch an den Förderrohren beobachtet werden (Bilder 3 bis 5). Die Versuche an Blechsnecken mit Kunststoffbeschichtung mußten bereits nach fünf Stunden abgebrochen werden, da zu dieser Zeit die dünne Kunststoffschicht am letzten Schneckenring bereits abgerieben war (Bild 6).

In den Bildern 7 und 8 ist für die Förderschnecken beziehungsweise -rohre der Abrieb in Volumeneinheiten über

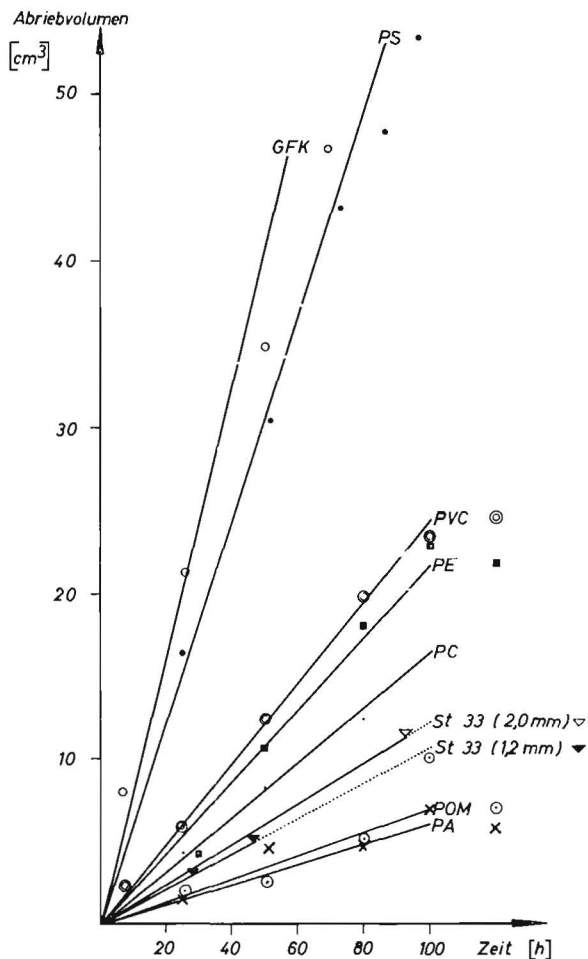


Bild 7: Mittlerer Abrieb der Förderschnecken aus verschiedenen Werkstoffen

der Zeit aufgetragen, der aus dem Abriebgewicht mit Hilfe des spez. Gewichtes berechnet wurde. Da ein Vergleich mit den beschichteten Schnecken nur über den letzten Schneckenring an der Auslaufseite möglich ist, wurde sein Abrieb in Bild 9 dargestellt.

Die Kurven zeigen bis auf gewisse Streuungen einen proportionalen Verlauf, wie er aufgrund der einseitigen Lagerung zu erwarten war. Die Streuungen lassen sich aus der Konstruktion des Prüfstandes erklären. Trotz sorgfältiger Abdichtung der Bogenzahnkupplung ist es möglich, daß geringe Sandmengen in die Verzahnung eintreten und zu einer Verklebung der Kupplung führen, die den Verschleiß beeinflusst.

Die Bilder 7 bis 9 zeigen deutlich ein unterschiedliches Abriebverhalten der Schnecken aus verschiedenen Werkstoffen. Den größten Abrieb haben die Schnecken aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (GFK) und Polystyrol (PS). Deutlich besser liegen solche aus Polyvinylchlorid (PVC) und Polyäthylen (PE), die wiederum von Schnecken aus Polycarbonat (PC) übertroffen werden. Die größte Abriebfestigkeit weisen die Förderschnecken aus Polyamid (PA) und Polyacetalharz (POM) auf, bei denen ein nahezu gleiches Abriebverhalten beobachtet werden kann wie bei Stahl.

Beim Vergleich der reinen Kunststoffschnecken und der Blechsnecken mit beziehungsweise ohne Kunststoffbeschichtung muß berücksichtigt werden, daß bei den letzteren die Materialstärke der Schneckenringe 1,2 bis 2 mm gegenüber 4 beziehungsweise 5 mm bei den Kunststoffschnecken betrug. Es ist nicht ganz geklärt, inwieweit die Materialstärke beziehungsweise Reibfläche und damit der spezifische Flächen- den Abrieb beeinflusst.

Die Tatsache, daß der Abrieb der Blechsnecken bei einer Materialstärke der Schneckenringe von 2 mm annähernd gleich groß ist wie der bei der 1,2 mm starken Schnecke, spricht dafür, daß dieser Einfluß nicht besteht (s. Bild 7).

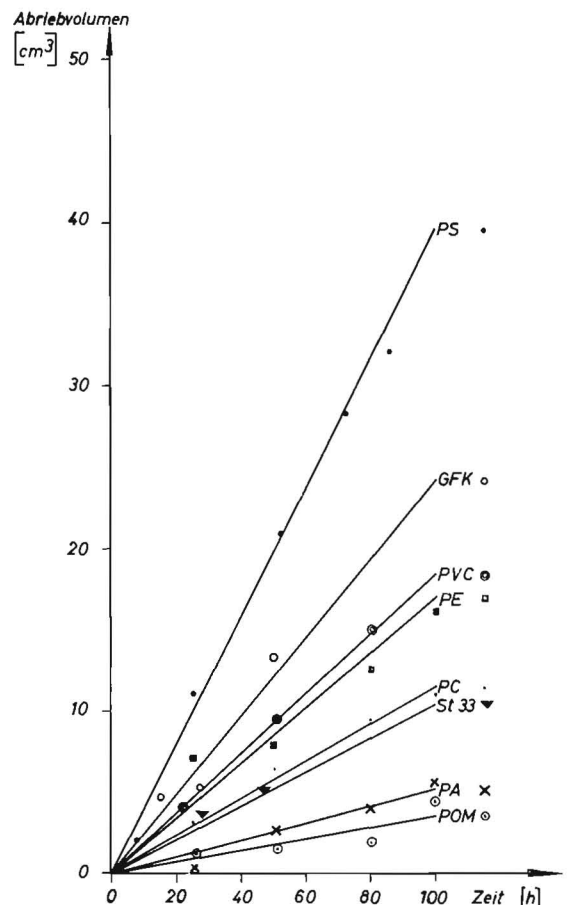


Bild 8: Mittlerer Abrieb der Förderrohre aus verschiedenen Werkstoffen

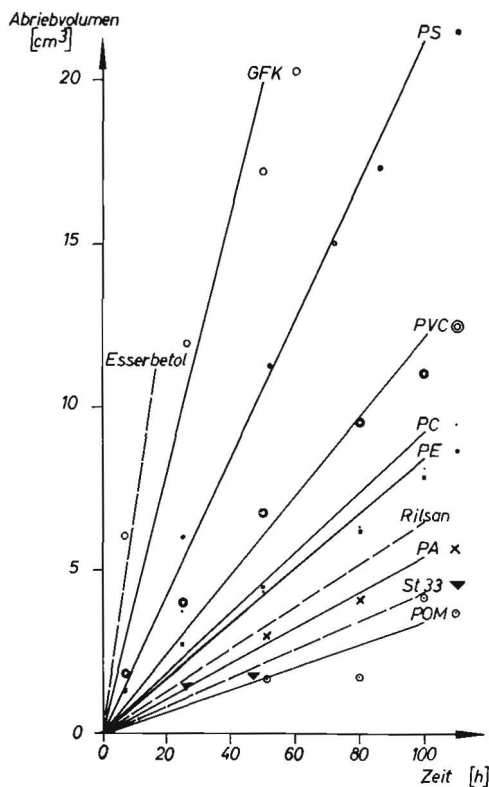


Bild 9: Mittlerer Abrieb am letzten Schnecken gang der Förderschnecken aus verschiedenen Werkstoffen

Laborversuche mit PVC-Proben verschiedener Stärke, die mit konstanter Kraft gegen eine Reib scheibe gepreßt wurden (s. auch: 2. Abriebversuche mit der Reib scheibe), konnten diese Vermutung bestätigen. Sämtliche Meßwerte des Abriebs lassen sich in ein Streufeld einordnen. Eine Abhängigkeit des Abriebs von der Materialstärke und damit vom spezifischen Flächendruck ist nicht feststellbar (Bild 10).

Der Vergleich des Abriebs des letzten Schnecken ganges bei den verschiedenen Materialien läßt die Einstufung der beiden Beschichtungsmaterialien zu. Während sich die Polyamid beschichtung ähnlich wie die Schnecke aus Polyamid verhält, zeigt Esserbeton ein ähnliches Abriebverhalten wie eine Schnecke aus glasfaser-verstärktem Polyesterharz (GFK). Die Tatsache kann nicht verwundern, da das Esserbeton auf Polyesterbasis aufgebaut ist.

2. Abriebversuche mit der Reib scheibe

2.1. Versuchsaufbau und -durchführung

Bei diesen Versuchen wurden verschiedene Werkstoffproben (Platten: $4 \times 30 \times 60$ mm) mit konstanter Last von 500 g gegen eine Schleifscheibe (Schleifpapier-Körnung: 60) gepreßt (Bild 11). Die Anpreßdauer betrug 20 s, die Umfangsgeschwindigkeit des Schleifpapiers 5,5 m/s. Der Verschleiß der Reib scheibe wurde durch Zwischenversuche mit 4 mm-PVC-Proben kontrolliert. Lag der Abrieb der PVC-Probe geringer, als es der Streubereich zuließ, wurde das Papier erneuert. Bei den Versuchen mit Stahlblech wurde das Schleifpapier für jede Probe gewechselt. Insgesamt wurden von jedem Material drei Proben untersucht. Neben den auf dem Schneckenprüfstand untersuchten Materialien wurden noch Plexiglas (PMMA) und Verschleißgummi²⁾ hinzugezogen.

2.2. Versuchsergebnis

In Bild 12 ist der Abrieb der verschiedenen Werkstoffproben über der Zeit aufgetragen. Der Maßstab wurde dabei so gewählt, daß der Anstieg der Kurve für Polyamid dem-

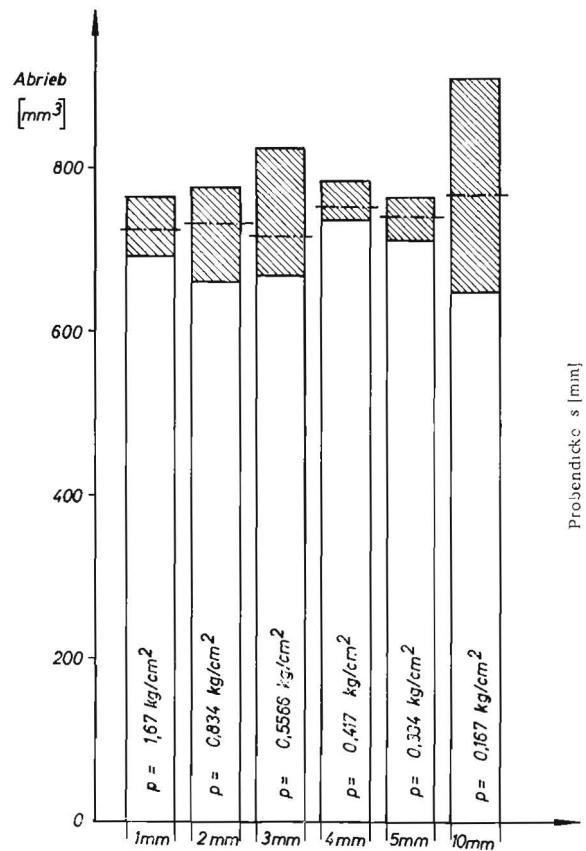


Bild 10: Einfluß der Materialstärke bzw. des Flächendrucks auf den Abrieb

Probenmaterial PVC
Reibfläche 30×5 mm²
Anpreßkraft 500 g
Anpreßdauer 20 s

jenigen der Kurve für das gleiche Material bei den Versuchen auf dem Schneckenprüfstand (Bild 7) entspricht. Dadurch ist es leicht möglich, die Ergebnisse beider Versuchsreihen miteinander zu vergleichen.

Auch bei diesen Versuchen zeigte sich deutlich ein unterschiedliches Abriebverhalten der verschiedenen Materialien, das aber nicht bei allen Werkstoffen dem bei den Versuchen auf dem Schneckenprüfstand entspricht. Eine gleiche Rangfolge wurde mit Polyamid (PA), Polyacetalharz (POM), Polyvinylchlorid (PVC) und Polystyrol (PS) erzielt, während die anderen Werkstoffe mehr oder weniger stark davon abweichende Ergebnisse aufwiesen.

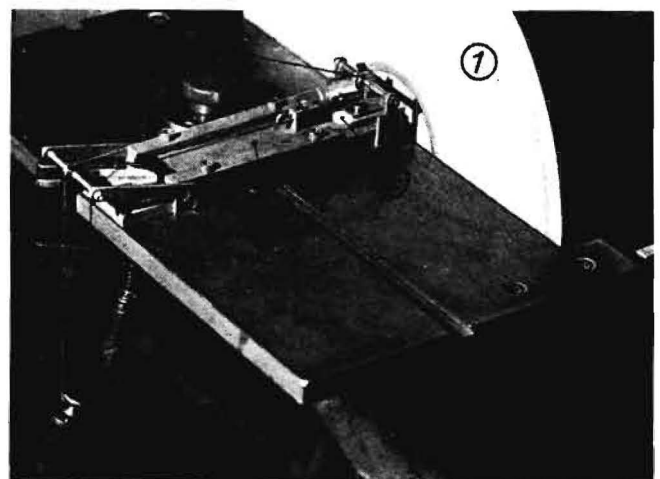


Bild 11: Versuchsanordnung bei Abriebversuchen an der Reib scheibe

- 1 Reib scheibe
- 2 Materialprobe
- 3 Umfrenkrolle für Belastungsgewicht
- 4 Belastungsgewicht
- 5 Gleitschlitzen

2) Verschleißgummi der Fa. Trelleborgs Gummifabriks AB, Trelleborg/Schweden

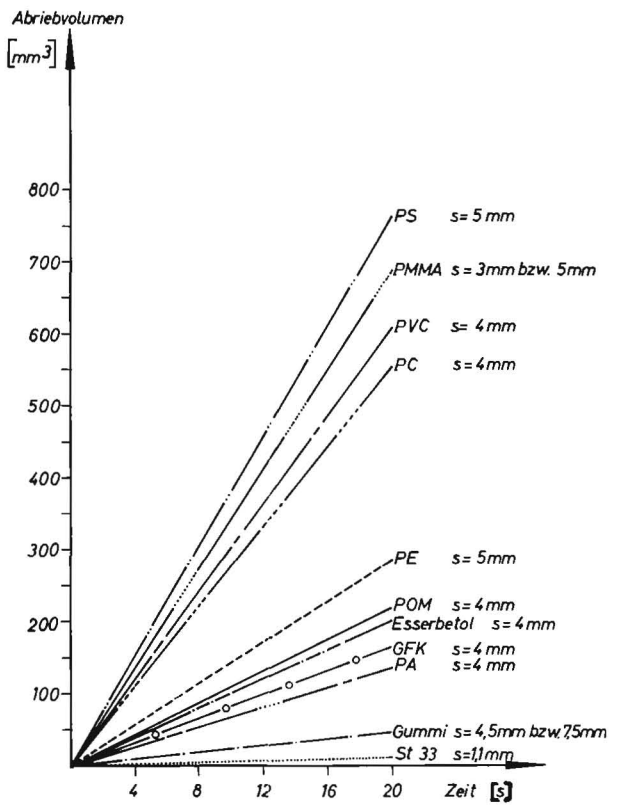


Bild 12: Abrieb verschiedener Werkstoffproben an der Reibschleibe
Belastung 500 g
Anpreßdauer 20 s

3. Vergleich der beiden Versuchsreihen

Um einen besseren Vergleich zwischen den beiden Versuchsreihen zu haben, sind die Ergebnisse in Bild 13 zusammengefaßt worden. Außerdem ist in Tafel 1 der Abrieb der verschiedenen Werkstoffe im Verhältnis zu Polyamid für beide Versuchsreihen eingetragen.

Läßt man einen gewissen Streubereich zu, ergibt sich für die meisten Werkstoffe eine eindeutige Rangfolge. Große Unterschiede weisen in den beiden Versuchsreihen nur Esserbetol und die glasfaserverstärkten Kunststoffe auf. Geringe Differenzen treten bei Polycarbonat und Polyäthylen auf, die ihre Plätze in der Rangfolge vertauschen.

Womit lassen sich nun diese Unterschiede erklären? Grundsätzlich muß betont werden, daß die Bedingungen bei den

Tafel 1: Abrieb verschiedener Werkstoffe im Verhältnis zu Polyamid (PA)

| Werkstoff | Abrieb Versuchsreihe 1 | | Versuchsreihe 2 (Bild 12) |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | gesamt (Bild 7) | letzter Gang (Bild 9) | |
| Stahlblech St 33 | 1,8 | 0,7 | 0,1 |
| Verschleißschutz-Gummi | — | — | 0,33 |
| Polyamid (PA) | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Delrin (POM) | 1,2 | 0,8 | 1,5 |
| Polycarbonat (PC) | 2,7 | 1,5 | 4,0 |
| Polyäthylen (PE) | 3,6 | 1,4 | 2,1 |
| Polyvinylchlorid (PVC) | 4,1 | 1,9 | 4,5 |
| Plexiglas (PMMA) | — | — | 5,1 |
| Polystyrol (PS) | 10,6 | 3,7 | 5,6 |
| Glasfaserverstärktes | | | |
| Polyesterharz (GFK) | 14,3 | 8,3 | 1,2 |
| Esserbetol (Polyesterbasis) | — | 11,0 | 1,5 |
| Polyamid (PA), gesintert | — | 1,1 | — |

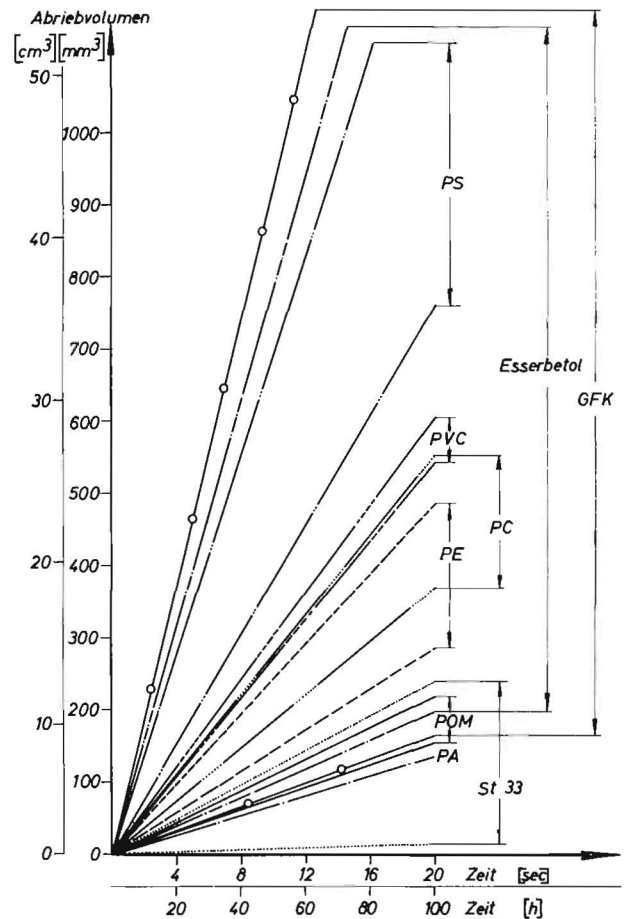


Bild 13: Vergleich des Abriebs an Förderschnecken und Materialproben, die gegen die Reibschleibe gepreßt wurden

beiden Versuchsreihen sehr unterschiedlich waren, wobei sie auf dem Schneckenprüfstand der Praxis wahrscheinlich näher kamen. Durch die hohe Umfangsgeschwindigkeit der Reibschleibe (5 m/s) können in der zweiten Versuchsreihe an der Reibfläche Temperaturen aufgetreten sein, die die Ergebnisse beeinflussen. Außerdem besteht bei dieser Anordnung die Gefahr, daß die Reibschleibe sich mit abgeriebenem Material zusetzt und sich dadurch die Beanspruchungen verändern.

Letztere Einflüsse könnten sich bei Polycarbonat (PC) und Polyäthylen (PE) bemerkbar machen. Es ist durchaus denkbar, daß eine Temperaturerhöhung bei dem einen Material die Abriebfestigkeit herabsetzt, während sie bei einem anderen dazu führt, daß die Reibschleibe sich zusetzt und dadurch der Abrieb verringert wird. Die sehr guten Ergebnisse mit dem Verschleißschutz-Gummi dürften sich dadurch ergeben haben. Die Probe aus diesem Werkstoff wurde bei der Art der Beanspruchung sehr warm und begann zu schmelzen, wodurch sich die Schleifscheibe zusetzte. Ein echter Vergleich dieses Materials mit den anderen Werkstoffen ließe sich deshalb nur anstellen, wenn es auch für die Versuche auf dem Schneckenprüfstand zur Verfügung gestanden hätte.

Ungeklärt erscheint die Frage, welches Ergebnis bei den glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) dem tatsächlichen Abrieb entspricht. Die Tatsache, daß es sich bei den Versuchen auf dem Schneckenprüfstand um eine im Handauflegeverfahren gefertigte Schnecke handelte, deren Glasgehalt nicht sehr hoch lag, und bei der Probe in der zweiten Versuchsreihe um eine gepreßte Platte, ließe es möglich erscheinen, daß das gute Ergebnis der Laborversuche dem tatsächlichen Abriebverhalten von GFK entspricht. Andererseits werden die Ergebnisse der Versuche auf dem Schneckenprüfstand durch Erosionsuntersuchungen von HOFF und LANGBEIN [2] bestätigt (Bild 14). Da die Ergebnisse dieser Untersuchungen bei den übrigen Werkstoffen mit den unsrigen gut übereinstimmen, kann angenommen werden, daß diese

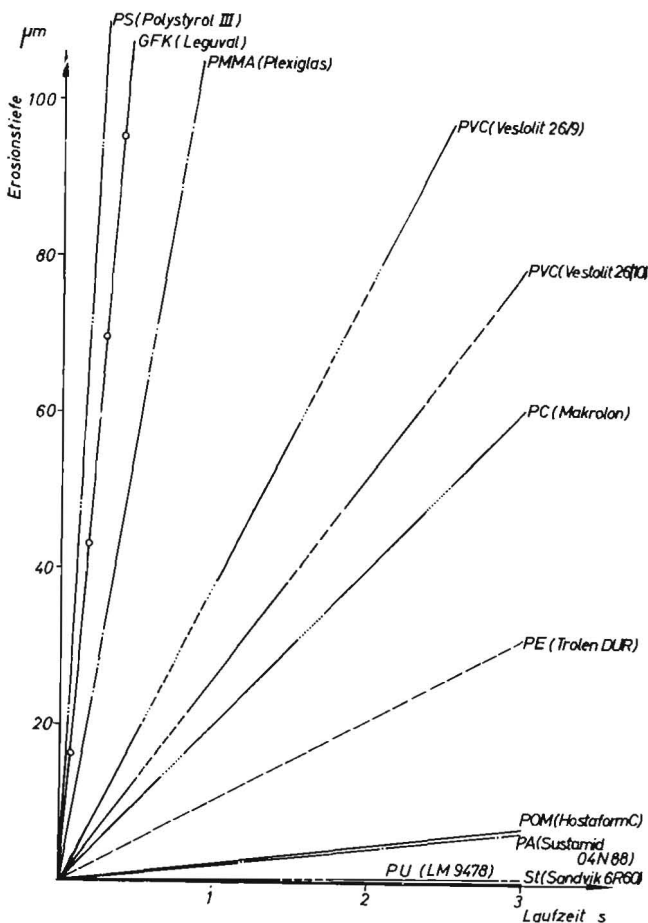


Bild 14: Erosionsschäden durch Wassertropfen an verschiedenen Werkstoffen bei $v = 410 \text{ m/s}$

[2]

Übereinstimmung auch für glasfaserverstärktes Polyesterharz besteht.

Der große Unterschied der Ergebnisse bei Esserbeton ist noch schwerer zu erklären. Ein Zusetzen der Scheibe dürfte kaum die Ursache sein, weil das Beschichtungsmaterial gut temperaturbeständig ist und auch durch seine Sprödigkeit kaum zu einem Zusetzen führen kann. Eine Erklärung läßt sich aber eventuell in seiner Sprödigkeit und in der Tatsache finden, daß bei den beiden Versuchsreihen unterschiedliche Materialstärken verwendet wurden. Bei sprödem Beschichtungsmaterial kann die Materialstärke eine Rolle spielen, dergestalt, daß bei sehr dünnen Maschinenteilen die spröde Beschichtung nicht allmählich abgerieben wird wie beispielsweise eine Polyamidbeschichtung, sondern absplittert. Dadurch kann sich bei den Versuchen auf dem Schneckenprüfstand der Abrieb verstärkt haben gegenüber den Laborversuchen, bei denen die Proben doppelt so dick waren wie die Schneckengänge der ersten Versuchsreihe. Außerdem kann die Beanspruchungsrichtung von Bedeutung sein, die bei den Schnecken vorwiegend in Richtung der Materialstärke, bei den Versuchen an der Reibscheibe aber quer dazu lag. Das sehr gute Abriebverhalten der Blechproben bei der zweiten Versuchsreihe kann trotz jeweiliger Erneuerung des Schmirgelpapiers durch schnellen Verschleiß desselben begünstigt worden sein.

4. Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse

Die Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse in die Praxis wird durch eine französische Firma, die Polyamid (Rilsan) zur Herstellung der Rührorgane in ihrem Mineraldüngerstreuer verwendet, und eine amerikanische Firma bestätigt, die erfolgreich Molybdän-Disulfid-gefülltes Polyamid zur Verschleißminderung und Leistungssteigerung an Förderschnecken einsetzt. Dabei werden Kunststoffstreifen auf die Außenkante der Schneckenwege gezogen und verklebt. Durch die Breite der Streifen entsteht eine große Auflage-

fläche, wodurch der Abrieb in radialer Richtung geringgehalten und die Zeit bis zum Austausch der Streifen verlängert wird [3].

Zusammenfassung

In zwei Versuchsreihen, in denen komplette Versuchsschnecken auf einem Schneckenprüfstand mit Sand als Fördergut beziehungsweise Materialproben an einer Reibscheibe untersucht wurden, wurde das Abriebverhalten verschiedener Kunststoffe festgestellt. Die Ergebnisse beider Versuchsreihen zeigten für die meisten Werkstoffe eine gute Übereinstimmung, wichen aber teilweise auch erheblich voneinander ab, wofür Erklärungen gefunden wurden, die in den unterschiedlichen Bedingungen bei den beiden Prüfständen begründet sind.

Polyamid und Polyacetalharz besitzen eine sehr gute Abriebfestigkeit, die der von Stahlblech (St 33) nahe kommt. Vergleiche mit Erosionsuntersuchungen lassen vermuten, daß mit Polyurethanen noch bessere Ergebnisse erzielt werden können. Merklich schlechter liegen Polyäthylen, Polycarbonat und Polyvinylchlorid, die sich in dieser Reihenfolge in eine Rangordnung einordnen. Unzulässig hoch ist der Abrieb bei Polystyrol, der sich nur unwesentlich von dem bei glasfaserverstärktem Polyesterharz unterscheidet.

Aufgrund der gemachten Erfahrungen muß für die Praxis von der Anwendung von Beschichtungsmaterialien für Förder- und Rührorgane, die mit Mineraldünger in Berührung kommen, abgeraten werden. Trotz der eventuell guten Abriebfestigkeit des Beschichtungsmaterials an sich muß man befürchten, daß bereits nach kurzer Zeit die dünne Beschichtung abgerieben ist und die Blechschecke freiliegt und korrodiert.

Inwieweit die Abriebfestigkeit von Polycarbonat, Polyäthylen und Polyvinylchlorid für den Einsatz als Förderorgane für Mineraldünger ausreicht, müßten Praxisversuche mit diesem Fördergut ergeben. Außerdem sind selbstverständlich die Festigkeitseigenschaften zu berücksichtigen, die besonders bei Polyvinylchlorid bei niedrigen Temperaturen Schwierigkeiten bereiten dürften.

Bei Polyamid, Polyacetalharz und Polyurethanen kann man damit rechnen, daß sie den Beanspruchungen der Praxis gewachsen sind. Durch konstruktive Maßnahmen (z. B. mehrmalige, möglichst exzentrische Lagerung im Förderrohr derart, daß der Spielraum zwischen Schnecke und Rohrboden sich im Drehsinn keilförmig erweitert, und dadurch bedingte Verringerung des Auflagedrucks) läßt sich der Verschleiß noch verringern.

Aus den Versuchen und dem erfolgreichen Einsatz von Polyamid an Rühr- und Förderorganen ist zu ersehen, daß die Verwendung von Kunststoffen im Kunstdüngerstreuerbau in bezug auf Korrosion und Verschleiß zum Nutzen der Landwirtschaft möglich ist.

Schrifttum

- [1] BUCHNER, A. und H. WELSCHAU: Zur Mechanisierung der Düngerkette. Mitteilungen der DLG 81 (1966), S. 107-109
- [2] HOFF, G. und G. LANGBEIN: Regen-Erosion von Kunststoffen. Kunststoffe 56 (1966), S. 2-6
- [3] Use Nylon Strips on Food Conveyors. Agricultural Engineering 47 (1966), S. 98

Résumé

Bernd Mittelbach: "Surface-Endurance Tests with Plastics and the Suitability of Plastic-Coated Screws for Conveying Fertilizers"

The non-abrasive quality of various plastics was determined in two test series in which complete experimental screws on a test stand with sand as material delivered and samples from the friction disk were examined. (The results of both test series showed a good agreement for most of the materials. Partly the results differed also considerably which was attributed to the different conditions of the two test stands).

Polyamide and delrin have a very good wearability which is similar to that of steel plate (St 33). From comparisons with erosion examinations it can be supposed that still better results are obtainable with polyurethane. Polyethylene, polycarbonate and polyvinylchloride follow in the order of

decreasing results. With polystyrene the abrasion is inadmissibly high and differs only slightly from that of glass-fiber-coated polyester resin.

Owing to the experiments made it must be advised against the practical use of coating materials for conveying and agitating organs which come into contact with fertilizers. (Despite of the non-abrasive quality of the coating materials possibly good in itself, it must be feared that already after a short time of use the thin coating is rubbed off, the steel screw exposed and corroded).

In farm trials it should be examined as to what extent the wearability of PC, PE and PVC is defensible for the use as conveying organs for fertilizers. Moreover, the physical properties should also be considered which particularly in the case of PVC might raise difficulties at low temperatures. With polyamide, polyacetic resin and polyurethane one may generally suppose that they withstand the strain in practice. By constructive measures (e.g. repeated eccentric storage, if possible, in the conveying tube so that the clearance between screw and tube bottom enlarges conically in the direction of rotation reducing thus the loading pressure) the wear can be further decreased.

The applicability of the experimental results under practical conditions is confirmed by a French firm using polyamide (Rilsan) for the agitating organs in her fertilizer spreader and also by an American firm using successfully polyamide with molybdenum disulfide for reducing the wear and increasing the capacity of conveying screws. The top edge of the auger is lined with plastic stripes which are glued. The width of the stripes offers a large bearing surface so that the radial wear is kept small and the time until the stripes are exchanged is extended.

Bernd Mittelbach: „Essais d'abrasion faits avec des matières plastiques afin d'examiner les possibilités d'utilisation de vis transporteurs en matière plastique pour la manipulation d'engrais minéraux.“

On a effectué deux séries d'essais, dont les uns consistaient en des essais de vis transporteuses complètes sur un banc d'essai en utilisant du sable comme produit à manipuler, et les autres en l'essai d'échantillons de matériaux sur une meule. Le but a été de déterminer la résistance à l'abrasion d'un certain nombre de matières plastiques. (Les résultats des deux séries d'essais ont montré qu'il existe une bonne concordance entre la plupart des matériaux, mais qu'il y a aussi quelques différences assez importantes dont la cause a pu être expliquée par les conditions de fonctionnement différentes des deux dispositifs d'essai.

Le polyamide et le delrin possèdent une très bonne résistance à l'abrasion qui se rapproche de celle de la tôle d'acier (Si 33). La comparaison avec les résultats d'essai d'érosion laissent supposer que les polyuréthanes donneront encore des résultats supérieurs. Suivent le polyéthylène, le polycarbonate et le chlorure de polyvinyle qui sont sensiblement moins résistants. L'usure du polystyrène est trop élevée et diffère peu de celle des résines polyester chargées de fibres de verre. Etant donné les expériences acquises avec le revêtement par des matières plastiques d'organes de transport et d'agitateurs qui viennent en contact avec les engrais minéraux, il faut déconseiller cet emploi. (Même si la résistance à l'abrasion du revêtement est élevée, il faut craindre que le revêtement mince ne soit enlevé rapidement par frottement de sorte que la vis en tôle est nue et par conséquent exposée aux phénomènes de corrosion.)

Il est nécessaire d'effectuer des essais pratiques afin de savoir si la résistance à l'abrasion du PC, du PE et du PVC suffit pour permettre l'utilisation de ces plastiques pour les éléments de transport d'engrais minéraux. Il faut en outre tenir compte de leur résistance mécanique, car il faut craindre que l'utilisation à des températures basses du chlorure de polyvinyle en particulier ne soit décevante.

Il y a lieu d'espérer que le polyamide, le polyacétal et les polyuréthanes seront capables de résister aux sollicitations de l'utilisation pratique. L'usure peut être encore abaissée

par des mesures constructives (par exemple en prévoyant pour la vis plusieurs paliers excentriques dans le tube de sorte que l'interstice entre la vis et le tube s'élargit coniquement dans le sens de rotation de sorte que la pression d'appui est encore diminuée).

La validité des résultats d'essai dans la pratique a été confirmée par une entreprise française qui utilise le polyamide pour la fabrication de l'agitateur de son distributeur d'engrais et par une entreprise américaine qui utilise avec succès un polyamide chargé de molybdène et de disulfide pour les vis transporteuses afin de diminuer l'usure et d'accroître leur rendement. Cette dernière applique par collage des bandes plastiques sur les bords extérieurs des filets de la vis. Grâce à la largeur des bandes, la surface d'appui est agrandie. Il s'ensuit que l'usure est faible dans le sens radial et qu'il n'est nécessaire de remplacer le revêtement qu'après un délai prolongé.

Bernd Mittelbach: „Ensayos de desgaste por fricción de materiales plásticos, para comprobar su aptitud como material para tornillos sin fin de transporte de abonos minerales.“

Se ha comprobado la resistencia al desgaste por roce de tornillos sin fin, fabricados enteramente de materiales plásticos, en dos series de ensayos, haciéndolos trabajar en un banco de pruebas con arena y esmerilando muestras de dichos materiales con un disco de fricción. Los resultados de ambas series de ensayos coincidieron en buena parte de los materiales, discrepando sin embargo bastante en otros. Las diferencias pudieron explicarse por las diferentes condiciones de los dos bancos de ensayo.

Las poliamidas y el delrin ofrecen muy buena resistencia al desgaste que se acerca a la de la chapa de acero (tipo 33). Las comparaciones con ensayos de resistencia a la erosión justifican la creencia de que el poliuretano dará aún mejores resultados. En cambio el polietileno, el policarbonato y el cloruro de polivinilo, en el orden que se citan, resisten bastante menos y es elevadísimo el desgaste del poliestirolo que se distingue muy poco del poliestireno reforzado con fibras de vidrio.

De acuerdo con las enseñanzas de la práctica se recomienda abstenerse de recubrir los elementos de transporte y de remover que tienen contacto con los abonos minerales, con capas de dichos materiales. (A pesar de la buena resistencia del material de recubrimiento es de temer que la capa delgada se desgaste al poco tiempo, corroendo entonces el abono el tornillo de chapa.)

Sería preciso comprobar la resistencia al roce del PC, PE y del PVC a los abonos minerales por ensayos prácticos en elementos de transporte, siendo además necesario tener en cuenta las condiciones de resistencia mecánica que podrían dar lugar a dificultades, especialmente los de PVC a temperaturas bajas.

Probablemente se podrá contar con resistencia suficiente a los esfuerzos que presenta la práctica en las poliamidas, en la resina poliactal y en las poliuretinas. El desgaste puede reducirse aún más por medidas constructivas (p.e. por varios cojinetes, posiblemente excéntricos en el tubo de transporte, de forma que la distancia libre entre el tornillo de transporte y el fondo del tubo aumente, formando cuña en dirección de la rotación, reduciéndose así la presión de la carga.

La posibilidad de aplicar los resultados conseguidos en los ensayos a la práctica, la ha confirmado una empresa francesa que emplea la poliamide (Rilsan) en la fabricación de los elementos de remover, en el repartidor de abonos minerales que fabrica y por una empresa americana que emplea con buen resultado la poliamide con relleno de molybdeno disulfídico, para reducir el desgaste y para aumentar el rendimiento de los tornillos de transporte, pegando tiras de material plástico al borde de fuera de los pasos del tornillo. Debido a la anchura de las tiras la superficie de apoyo resulta más grande, por lo que se reduce el desgaste por fricción en sentido radial, aumentando el tiempo de servicio de las tiras.