

Landtech

Kunststoffsilos - Empfehlungen für den sicheren Betrieb

Rudolf Jakob, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon
Auskünfte: Rudolf Jakob, e-mail: rudolf.jakob@fat.admin.ch, Fax +41 (0)52 365 11 90, Tel. +41 (0)52 368 31 31

Bis 1997 häuften sich Schadenfälle bei glasfaserverstärkten Kunststoffsilos (GFK) infolge Umsturzes. Abgesehen von den materiellen Verlusten, die nur zum Teil durch Sachversicherungen gedeckt sind, bleibt ein Risiko mit Personenschaden. Das Schadenbild ist in der Regel geprägt durch einen Bruch, ausgehend von der untersten Luke und Umsturz in Richtung Lukenband.



Abb. 1. Umsturz eines geschleuderten Silos, gefüllt mit nassem Grashäcksel.

In den letzten 30 Jahren wurden rund 33'000 GFK-Silos erstellt. Ein Grossteil davon ist bis heute im Einsatz. Gegenüber anderen Materialien wie Beton, Stahl und Holz haben diese Silotypen einige Vorteile, was deren grosse Verbreitung erklärt: hohe Gasdichtigkeit, geringes Gewicht, einfache Montage, geringer Unterhalt, Flexibilität bei der Ernte von Kleinflächen, Standortwechsel möglich. Neben Flachsilos und Silogrossballen konnte deshalb dieser Silotyp seinen Stellenwert vor allem in den kleinen und mittleren Betriebsstrukturen wahren.

Ein Umsturz ist meist nicht auf eine einzelne Schwachstelle zurückzuführen, sondern auf das Zusammentreffen von verschiedenen ungünstigen Umständen. Einflussfaktoren können sein: Mechanische Schäden der Wand im Lukenbereich, zu schwache Dimensionierung, Alterung, Einfüllung von strukturarmen und wasserreichen Futterarten, Einfüllen mit hoher Schlagkraft, exzentrische Befüllung und Setzung, Temperaturschwankungen, Sonneneinstrahlung, Wind.

Die wichtigsten Fabrikate

Für die Lagerung von Silagen diverser Art sind bei den GFK-Hochsilos heute noch zwei unterschiedliche Fabrikate von zwei Herstellern bekannt, die sich durch das Herstellungsverfahren grundsätzlich unterscheiden (Tab. 1).

■ Schleuderverfahren:

(Abb. 1) Polyesterharz, Härter und die Fasern (Glasfasern von 1-3 cm, Kurzfasern) werden über einen Beschickungsarm in eine rotierende Form eingebracht. Durch die Zentrifugalkraft haben

die schweren Anteile die Tendenz, nach aussen gegen die Wandung der Form zu wandern. Bei diesem Prozess orientieren sich die Verstärkungsfasern mehrheitlich in Umfangrichtung.

■ Wickelverfahren:

(Abb. 2) Bei diesem Verfahren werden Matten und Faserbündel aus Glasfasergewebe, getränkt in Polyesterharz, um einen formgebenden Zylinder gewickelt (Langfasern). Dieser wird nach dem Aushärten entfernt.

Bei beiden Verfahren werden die Lukenöffnungen nachträglich herausgeschnitten, mit Rahmen versehen, der an die Wand anlämmert wird.

Versuchsablauf

Seit 1982 werden von der FAT Einstürze bei GFK-Silos registriert. Eingeschlossen sind nur Einstürze ohne Einwirkung von Brand, Sturm, Erdbeben oder anderen Elementarschäden. Über Siloeinstürze besteht keine Meldepflicht. Die Hinweise kamen an uns über betroffene Versicherungen, Firmen oder direkt von

Tab. 1. Anzahl/Fabrikate der verkauften Silos (Firmenangaben, Bemessungsjahre 1970 – 1998)

Produkt	Anzahl verkaufte Silos	Herstellung
Produkt A ¹	16'800	Schleuderverfahren
Produkt B ¹	zirka 12'000	Wickelverfahren
Andere ²	zirka 5 000	Verschiedene Fabrikate
Total	zirka 33'000	

¹ Betrifft Produkte von zurzeit existierenden Schweizer Firmen mit Eigenfabrikation.

² Betrifft Firmen, die heute nicht mehr existieren oder lediglich im Handel tätig sind.

Landwirtinnen und Landwirten. Es besteht folglich keine Garantie über eine lückenlose und repräsentative Aufnahme der Fälle. Via Aufruf in Publikationsorganen von Silolandwirten, versuchte man den Rücklauf an Meldungen zu verbessern.

Von 1982 bis 1996 erfasste die FAT 67 Siloeinstürze. Vor allem bei früheren Schadenfällen sind die erforderlichen Angaben lückenhaft. In 42 Fällen wurden die Daten mittels systematischer Befragung detaillierter aufgenommen. Trotzdem waren nicht alle Fälle für die Auswertung nach den ausgewählten Kriterien verwendbar. In den nachfolgenden Ausführungen wird die Anzahl der ausgewerteten Fälle jeweils mit (n =) angegeben.

Verursachte Schäden

Bis heute sind alle uns bekannten Schadenfälle - teilweise mit viel Glück - ohne Personenschäden verlaufen. Die Sachschäden waren aber im Einzelfall recht hoch, besonders bei Beschädigungen angrenzender Gebäude und Gerätschaften. (Tab. 2).

Eingefüllte Futterarten

Es ist offensichtlich, dass bei den Einstürzen vor allem Silos betroffen sind, die mit Futterarten mit einem hohen spezifischen Gewicht eingefüllt wurden. Über die gesamte Erfassungsperiode gesehen ist tendenzmässig eine Abnahme von Einstürzen bei Silos mit CCM und eine Zunahme mit Zuckerrübenschnitzeln festzustellen (Tab. 3).

Es sind uns keine Siloeinstürze bekannt, die mit dem Einfüllen von pumpfähigen Futterarten zusammenhängen, da für diese spezielle Anwendung die Silos stärker konstruiert wurden. Drei Einstürze von Silos mit gewässertem CCM sind bekannt. Um die Gefahr von Nachgärungen zu reduzieren, wird dabei CCM mit einem hohen Trockensubstanz (TS)-Gehalt während des Einfüllens zusätzlich mit Wasser angereichert, woraus spezifische Gewichte von über 1000 kg Futter/m³ resultieren können.

CCM mit über 50 % Spindelanteil wurde bis etwa 1990 häufig konserviert. Bei TS-Gehalten von weniger als 53 % TS gilt CCM als feucht. Es kann sogar Gärstoff anfallen. Dank neuen



Maissorten und einem reduzierten Spindelanteil - Spindeln sind immer feuchter als das Korn - sind die TS-Gehalte des konser-

Abb. 2. Umsturz eines gewickelten Silos, gefüllt mit Zuckerrübenschnitzeln.

Tab. 2. Schadensumme Wiederbeschaffungswert (Versicherungswert)

	1995	1996
Anzahl Schadenfälle	7	15
Total Schadensumme	Fr. 220'000.-	591'000.-
Kleinste Schadensumme	Fr. 15'000.-	20'000.-
Grösste Schadensumme	Fr. 55'000.-	60'000.-
Durchschnittliche Schadensumme	Fr. 30'000.-	40'000.-
Grösster Schadenfall (1990)	Fr. 150 000.-	

Tab. 3. Eingefüllte Futterarten (n = 66)

Futterarten	Anzahl Siloeinstürze 1982 - 1996	Anteil %
Zuckerrübenschnitzel (ZR)	21	32
Maiskolbenschrot (CCM)	21	32
Grashäcksel (nass)	13	19
Grashäcksel unten, Maishäcksel oben	4	6
Grashäcksel unten, ZR-Schnitzel oben	1	1
Maishäcksel	3	5
CCM gewässert	3	5

vierten Futters kontinuierlich angestiegen. TS-Untersuchungen an der FAT zeigen, dass die Gehalte in der Region Tänikon/Frauenfeld (Umfang rund 150-200 ha/Jahr) in den Jahren 1995 bis 1998 zwischen 58 bis 64 % lagen .

Bei Zuckerrüben-Schnitzeln fällt bei weniger als 18 % TS-Gehalt Gärtsaft an. Tendenzmässig wei-

sen feuchte Zuckerrüben-Schnitzel ein etwas höheres Raumgewicht auf. Generell haben aber Zuckerrüben-Schnitzel ein hohes spezifisches Gewicht (bis 1000 kg/m³).

Sturzrichtung

Bis auf zwei Fälle stürzten die Silos Richtung Entnahmeluke, mehrheitlich von der Entnahmeluke her gesehen auf die rechte

Seite. Bei einer Ausnahme war der Silo lukenseitig einbetoniert, im anderen Falle lag vermutlich zirka 10 cm ab Boden eine mechanische Beschädigung vor, der Silo stürzte gegen hinten Richtung 11 Uhr von der Luke her gesehen (Abb. 3).

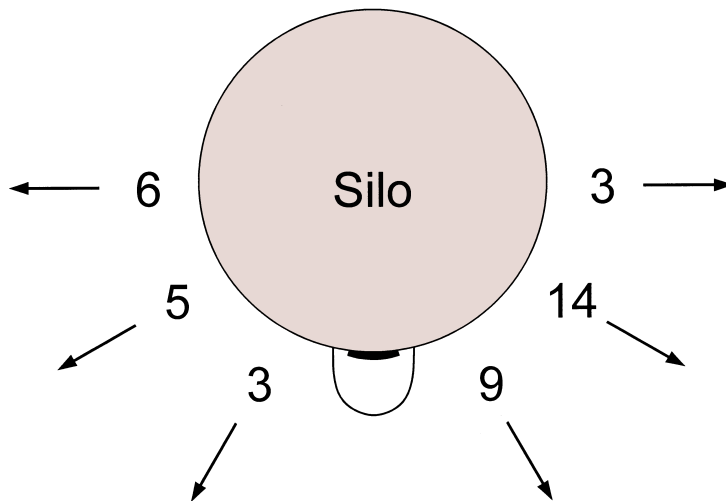
Alle erfassten Silos sind mit Gebläse befüllt worden. Unabhängig von der Einfüllrichtung fällt der Silo immer in Richtung Entnahmeluke (Abb. 4).

Witterungseinflüsse

Es stellt sich auch die Frage, ob die Exposition des Silos, besonders die Sonneneinstrahlung, den Hergang des Einsturzes beeinflusst (Abb. 5).

Obwohl bei 17 von den 40 entsprechend ausgewerteten Fällen die Silos vor dem Umsturz voll der Sonne ausgesetzt waren, kippten sie in alle Richtungen. Bei 17 Silos waren die Luken

Abb. 3. Entnahmeluke - Sturzrichtung (n = 40). Der Umsturz erfolgte mehrheitlich in Richtung Lukenband.



Folgerungen - Empfehlungen

Die Benutzerinnen und Benutzer müssen sich bewusst sein, dass der Behälter auf das chargenweise Einfüllen von relativ grobfaseriger Gras- und Maissilage ausgelegt ist. Dabei entstanden in der Vergangenheit auch keine grösseren Probleme. Das Umsturzsrisiko kann deutlich steigen bei der Umstellung auf ein anderes Einfüllmanagement - zum Beispiel Einfüllen in einem Zug - oder bei anderen Füllgütern wie Zuckerrübenschnitzel, CCM oder nasses Grashäcksel, die andere physikalische Eigenschaften aufweisen.

Es empfehlen sich einige Vorsichtsmassnahmen:

- Vor dem Befüllen ist eine visuelle Kontrolle des Behälters auf Beschädigungen durchzuführen. Bei Unsicherheiten oder sichtbaren Beschädigungen sind die Behälter vor dem Einfüllen von den Herstellern überprüfen zu lassen. Es ist darauf zu achten, dass mechanische Schäden sofort repariert werden.
- Das Futter soll nicht gewässert werden. Das Einfüllen mit flüssigen Futtermitteln ist zu vermeiden. Im Zweifelsfall hat man sich vorher mit dem Hersteller in Verbindung zu setzen.
- Behälter mit Futterarten wie Zuckerrübenschnitzel, CCM, nassem Grashäcksel sind nicht ganz zu füllen. Dies betrifft vor allem Silos bis zum Herstellungsjahr 1990. Bei massgeblicher Änderung in der Benutzung ist im Zweifelsfall der Hersteller zu konsultieren.
- Bei diesen Futterarten ist unmittelbar nach dem Einfüllen besonders die unterste Luke zu beobachten. Bei vermehrtem Saftaustritt mit Blasenbildung nach dem Einfüllen ist der Umsturzrisiko, besonders lukenseitig der Silos, gegen Zutritt abzusperren. Das mögliche Sturzfeld um das Silo ist zu meiden. Im gefüllten Zustand enthält ein 10 m hoher Silo eine Masse von zirka 80 bis 90 t. Die dadurch in der GFK-Struktur elastisch gespeicherte Energie kann sich im Versagensfall schlagartig freisetzen.
- Bei der Befüllung ist eine asymmetrische Ausbildung des Schütt- und Setzkegels zu vermeiden.
- Ablauf-Siphon und Überdruckventil sind regelmässig zu überprüfen.
- Besondere Vorsicht ist bei Occasionsbehältern geboten. Diese sind nur von einer Firma mit speziellen Fahrzeugen versetzen zu lassen. Demontage und Montage müssen durch Fachleute überwacht werden.
- Nach den vorliegenden Ergebnissen kann bei Umstürzen von GFK-Silos mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Elementarschaden ausgeschlossen werden. Die Versicherungspolice sind auf den entsprechenden Einbezug von Siloumstürzen zu überprüfen.
- Bei neuen oder überholten Silos sind bei den Firmen die entsprechenden Garantieleistungen abzuklären.

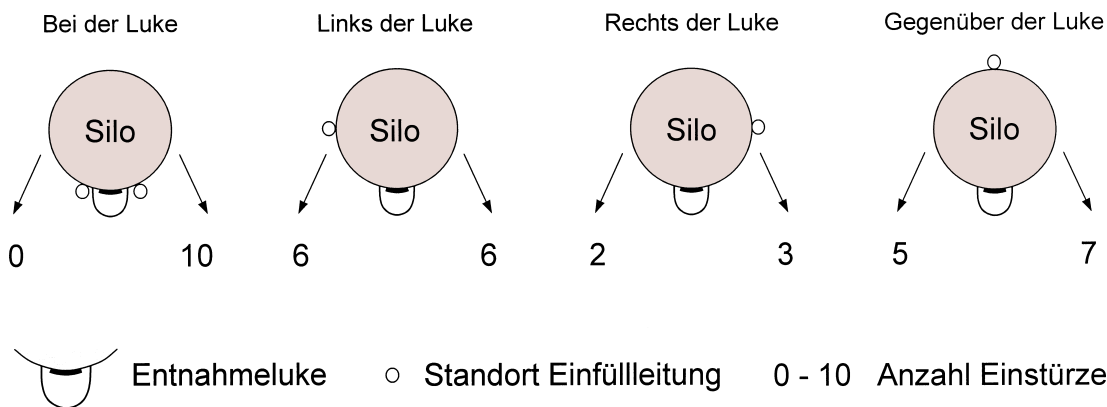


Abb. 4. Einfüllort - Sturzrichtung (n = 39). Als Umsturzursache dürfte die Einfüllrichtung von untergeordneter Bedeutung sein.

Süd/Südost/Südwest exponiert. Folglich ist in erster Linie der Standort der Luken und nicht die Exposition des Silos beziehungsweise der Luken massgebend.

Die Analyse der Umstürze im Tagesablauf zeigte, dass 40 % der Siloeinstürze sich in der Nacht zwischen 21.00 bis 05.00 Uhr ereigneten, teilweise ohne dass dies die Landwirtin oder der Landwirt wahrgenommen hat («Am Morgen lag der Silo am Boden»).

Bei 14 Schadenfällen war das Wetter vor oder während des Einsturzes schön und warm bis heiss, in acht Fällen schön, aber kühl, und bei vier Einstürzen regnete es. 14 Siloeinstürze wurden bei bewölkten oder hochnebelartigen Wetterlagen registriert, das heisst ohne grosse Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht.

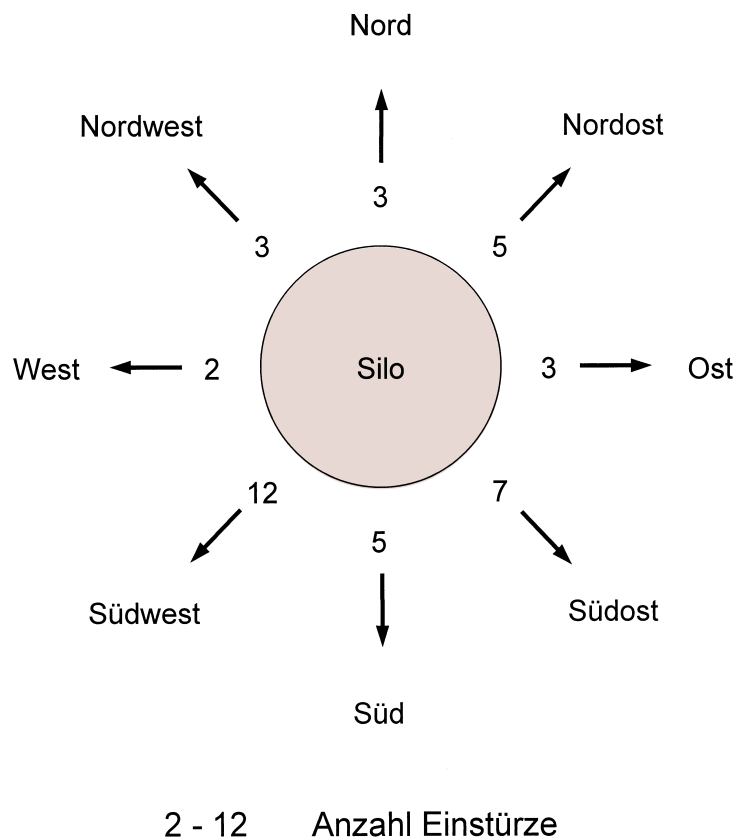


Abb. 5. Siloexposition - Sturzrichtung (n = 40). Die Häufung der Umsturzrichtung Südwest dürfte mehr mit einer vermehrten Ausrichtung des Lukenbandes in diese Richtung zusammenhängen.

RÉSUMÉ

Silos-tours en plastique - recommandations pour les utiliser en toute sécurité

L'affaiblissement du matériel et/ou le chargement trop important des silos en plastique renforcé de fibres de verre peuvent accroître considérablement le risque de renversement. Les silos sont en principe prévus pour être remplis par de l'herbe et du maïs en fibres relativement grossières. Le passage à des produits nettement plus humides et moins structurés, comme la pulpe de betteraves, les épis de maïs moulus ou l'herbe hachée humide augmente le risque de chute. Les accidents se caractérisent en général par une fissure qui part de la lucarne inférieure.

SUMMARY

Plastic silos - Recommendations for safe operation

Material fatigue and/or overloading can cause a collapse of tower silos of glass fiber reinforced plastic. As the silos are designed mainly for the relatively coarse-fibred grass and maize silages, the danger of collapse increases when the silo is filled with products of a high density, such as sugar beet pulp, coarse meal of maize ears or wet chopped grass. A collapse usually starts at the bottom unloading hatch.

Key words: recommendation for silo safety, plastic silos, silo collapses, damage statistics