

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 55 (1993)

Heft: 12

Artikel: Bautechnik und Gewässerschutz

Autor: Jakob, Ruedi / Caenegem, Ludo Van

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081421>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Flachsilo

Bautechnik und Gewässerschutz

Ruedi Jakob und Ludo Van Caenegem, Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Kurzfassung von FAT-Bericht Nr. 438. Bestellung des ganzen FAT-Berichtes: FAT-Bibliothek, 8356 Tänikon. Tel. 052 62 31 31.

Der Investitionsbedarf nach Unternehmerpreisen gerechnet ist bei Flachsilos – wenn keine zusätzlichen gewässerschutztechnischen Massnahmen notwendig sind – zirka 20% tiefer als bei Hochsilos. Flachsilos aus Ortbeton benötigen gesamthaft weniger Platz und sind bei kleineren Einheiten etwas teurer als Silos, die nach dem System Traunstein gebaut werden. Sofern die Flachsilos richtig zugedeckt werden, hat die Wandneigung keinen Einfluss auf die Futterqualität (Abb. 1a und 1b).

Wichtig ist bei beiden Flachsiloarten, dass der Bau unter Anleitung eines Fachmannes erfolgt.

Bei der Ernte und Einlagerung von Gras oder Mais ist beim Hoch- oder Flachsilo der Mechanisierungsgrad entscheidend. Schlagkräftige Verfahren sind bei beiden Siloformen möglich, sollten aber überbetrieblich gelöst werden. Die Unterschiede betreffend Arbeitsaufwand und jährlichen Kosten pro dt TS sind bei gleicher Mechanisierungsstufe relativ gering. Wenn gleicher Arbeitskomfort vorausgesetzt wird, ist vor allem die Entnahme im Flachsilo wesentlich kostengünstiger als im Hochsilo. Bei Maishäcksel mit 30% TS fallen relativ hohe Mengen an Gärsaft an. Kein Gärsaft entsteht bei angewelktem Gras

mit über 30% TS oder wenn der Mais (30% TS) auf angewelkte Grassilage (40% TS) eingefüllt wird.

Bau

Flachsilos können vollumfänglich in Ortbeton oder teilweise mit vorfabrizierten Elementen erstellt werden.

Beim Traunsteiner Flachsilo handelt es sich um einen Silotyp mit Wänden aus Betonfertigteilen, die mit einer Neigung von zirka 36% an einem Erdwall angelegt sind.

Dauerhaftigkeit

Neben der statischen Festigkeit muss die Bodenplatte ebenfalls einen hohen Widerstand gegen Verschleiss (vor allem bei der Entnahme) und chemischen Angriff (aggressive Gäräfte) aufweisen. Bei ungenügender Betondeckung kann die Armierung korrodieren und die Platte zerstören. Besonders gefährdet ist der Übergang Wand-Boden. Eine gute Dauerhaftigkeit wird vor allem durch einen genügend hohen Zementgehalt (330 – 350 kg/m³), einen niedrigen Wasserzementfaktor (<0,5) und eine sorgfältige Nachbehandlung erreicht.

Auf Dauer kann aber auch ein sachgerecht erstellter Beton Gärsaft mit pH-Wert unter 4,5 nicht widerstehen. Wenn möglich soll darum Gäräftanfall vermieden werden. Oberflächenbehandlungen sind teuer und ihre Haltbarkeit meistens beschränkt.

Der heute übliche Betonschutz besteht aus Anstrichen (Dicken im Bereich von 0,1 – 0,3 mm) oder Beschichtungen (0,3 – 2 mm). Nach einer Untersuchung in Deutschland lässt sich durch Anstriche oder dünne Beschichtungen das Problem der Betonkorrosion nicht lösen. Es sind vor allem wegen der teilweise starken mechanischen Belastungen (Blockschnäider) Verschleisschichten über 2 mm Dicke notwendig.

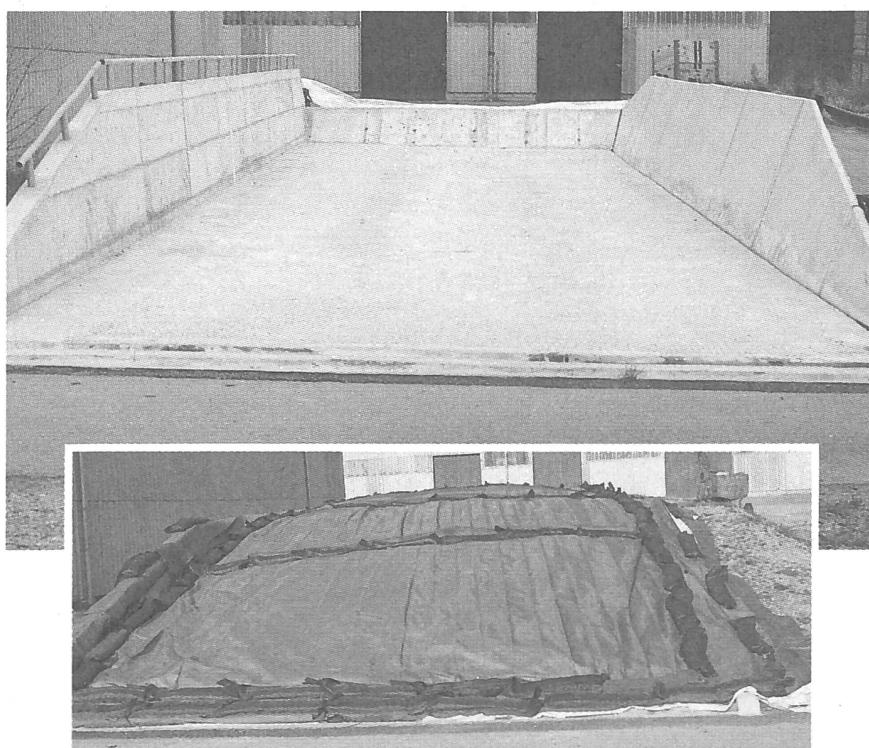


Abb. 1a und 1b: Versuchssilo an der FAT. Eine Wand aus Ortbeton mit Geländer (links), die andere Wand aus Betonfertigteilen (System Traunstein). Sauber zugedeckte Flachsilos verlangen einen hohen Arbeitsaufwand, sind dafür aber in der Landschaft kaum sichtbar.

Ob Beläge in Asphaltbeton (35–50 mm) oder Gussasphalt einen dauerhaften Schutz bringen, ist noch unsicher. Es fehlen zurzeit langjährige Versuche. Da Asphaltbeton kein 100% dichter Belag ist, könnte Gärstaft durchsickern und längerfristig den unterliegenden Beton angreifen. Bei Gussasphalt sind Risse nicht auszuschliessen, da wegen des

Bauliche Merkpunkte:

Bodenplatte:

Kieskoffer 40 – 50 cm, planiert

* Plattenstärke 16 cm

Betonqualität: B 35/25

* Armierung:

– ohne Fugen:

3,5 cm² in beiden Richtungen (zirka 6 kg/m²)

Anordnung in zirka 10 cm Höhe (Mindestbetondeckung 5 cm)

– mit Fugen:

1,8 cm² in beiden Richtungen (ca. 3,0 kg/m²)

Anordnung in halber Plattenhöhe
Wasserzementfaktor < 0,5

Abdecken mit PVC-Folie wenigstens fünf Tage

Längsgefälle: 2%

Quergefälle: 2% gegen die Mitte oder gegen eine Seite

Querrinne für Gärstaft

Anschluss Querrinne an Güllegrube oder separatem Schacht (3 m³)

Wände:

– Traunsteinsilos:

Neigung ≥ 20° (36%)

Längsanschrägung vorne und hinten (25%)

Fugenbreite 1,5 cm

Oberkante abgerundet

Erdwall: gut verdichtet

Kronenbreite 1 m freistehend

1,2 m zwischen zwei Wänden

Böschung zirka 35°

– Ortbeton:

Konische Ausführung zirka 3%

Dicke und Armierung der Wandhöhe angepasst

Längsanschrägung vorne und hinten (25%)

Oberkante abgerundet

* Richtwerte: Plattenstärke und Armierung sind den örtlichen Verhältnissen (Baugrund) anzupassen.

Gärsafte härtere Zuschläge verwendet werden müssen. Eine Haltbarkeit von wenigstens 20 Jahren, wie Anwender sagen, ist aus diesen Gründen fraglich.

Eine andere Möglichkeit ist, Zweikomponenten-Epoxidharze mit Quarzsand (Schichtdicke 3 mm) aufzutragen. Der an der FAT durchgeführte Streifenversuch zeigt nach zwei Jahren keine sichtbaren Beschädigungen.

Flachsilo entnommen. Im Gegensatz zur Oberentnahmefräse im Hochsilo kann der Blockschneider überbetrieblich eingesetzt und auch Futter mit Ladewagenschnitt problemlos entnommen und transportiert werden. Der Arbeitsaufwand und die Kosten für die Entnahme und Fütterung aus Hoch- und Flachsilos sind wie folgt zu beurteilen (Tab. 1):

– Bei Handentnahme bei den Varianten Hochsilo beträgt der jährliche Arbeitsaufwand 117 h für Maishäcksel bzw. 88 h für Grashäcksel. Dafür entfallen die Kosten der Entnahmefräse. Die entsprechenden Kosten inkl. Arbeit pro dt TS liegen bei Fr. 15.30 bzw. Fr. 13.10, sind also etwa gleich hoch

Verfahrenstechnik

Vom Silo zur Krippe

In der Schweiz wird die Silage vorwiegend mit dem Blockschneider aus dem



Abb. 3: Pro m³ Ladewageninhalt sind mindestens 1 m Silolänge notwendig, sonst wird der abgelegte Walm zu hoch.

Verfahrenstechnische Merkpunkte

- Damit gleichzeitig abgeladen und gewalzt werden kann, muss der Flachsilo am Boden mindestens 5 m breit sein.
- Pro m³ Ladewageninhalt sind mindestens 1 m Silolänge notwendig (Abb. 2).
- Folglich umfasst die kleinste Flachsilo einheit 20 – 22 m Länge, 5,5 m mittlere Breite und 1,3 bis 1,5 m Höhe. Dies ergibt beim System Traunstein einen Siloinhalt von 120 – 140 m³.
- Pro Tag sollte mindestens 10 cm tief entnommen werden = (70 cm pro Woche oder zirka eine Blockschneidertiefe).
- 0,5 m² Anschnittfläche pro GVE darf nicht überschritten werden (wegen Nachgärungen).
- Das Gewicht der Walzmaschine sollte mindestens ein Drittel der stündlich eingeführten Futtermenge betragen.
- Für das Abdecken sind wenigstens drei Personen nötig.

wie mit Blockschniederentnahme im Flachsilo.

- Wenn der gleiche Arbeitskomfort für die Entnahme und Fütterung verlangt wird, muss bei den Hochsilovarianten eine Entnahmefräse eingesetzt werden, was die Kosten pro dt TS verdoppelt.
- Hochsiloentnahme mit Fräse ist arbeitswirtschaftlich nur interessant, wenn die Silage direkt in den Stall gefördert wird.

Gewässerschutz

Gärsaftanfall

Zur Abklärung wurde während vier Jahren (1989–1993) ein befahrbarer Flachsilo mit 160 m³ Inhalt betrieben. Zweimal gefüllt mit Maishäcksel, einmal mit angewelktem Grashäcksel und einmal die untere Hälfte mit kurzgeschnittenem Gras, die obere Hälfte nachgefüllt mit Maishäcksel.

Maishäcksel

Trotz eines TS-Gehaltes des Maishäckses von rund 30% fallen beträchtliche Mengen an Gärsaft an (Abb. 3). Berechnungsbeispiele für einen Flachsilo mit 160 m³ Inhalt (nach Abb. 3):

Silo 30 Tage geschlossen:

$$30 \times 0.3 \times 160 = 1440 \text{ l Gärsaft}$$

Höchster Anfall in 30 Tagen:

$$30 \times 0.5 \times 160 = 2400 \text{ l Gärsaft}$$

Silo 180 Tage geschlossen:

$$180 \times 0.3 \times 160 = 8640 \text{ l Gärsaft}$$

Der Grund für den relativ hohen Gärsaftanfall dürfte darin liegen, dass vor allem bei den neueren frühen bis mittelfrühen Sorten die Körner in der Gelbreife sind, während die Restpflanze noch relativ grün ist. So wurde bei Körnern ein TS-Gehalt von 64% ermittelt, bei der Restpflanze lediglich 26%.

Grashäcksel

Durchschnittlicher TS-Gehalt 34,8%
TS-Gehalt unten im Silo (erste Fuder) 30,5%
TS-Gehalt oben im Silo (letzte Fuder) 38,8%
Kein Gärsaftanfall!

Tabelle 1: Arbeitsaufwand und Kosten für 3 ha Mais bzw. 12 Schnittsekten Gras (Konservieren, Entnehmen, Füttern)

Futterart	Maishäcksel		Grashäcksel	
	Hochsilo Holz	Flachsilo Traunstein	Hochsilo Holz	Flachsilo Traunstein
Entnahme	Fräse	Blockschnieder	Fräse	Blockschnieder
Spez. Gewicht (Mittelwerte)*	kg TS/m ³	220	220	220
Raumbedarf	m ³	160	160	160
Investitionsbedarf				
Silo	Fr.	30 000.-	25 000.-	30 000.-
Zudeckmaterial	Fr.	1 300.-	26 000.-	1 300.-
Entnahmefräse	Fr.	26 000.-	2 000.-	26 000.-
Kranbock zu Fräse	Fr.	2 000.-		2 000.-
Blockschnieder 50 %	Fr.		5 000.-	5 000.-
Total	Fr.	58 000.-	31 000.-	58 000.-
Arbeitsaufwand				
Entnahme + Verteilen				
Krippe**	AKh	37	64	30
				48
Jährliche Kosten				
Silo	Fr.	2 850.-	2 225.-	2 850.-
Zudeckmaterial	Fr.	450.-	4690.-	450.-
Entnahmefräse	Fr.	4 715.-	195.-	4 690.-
Kranbock	Fr.	195.-	865.-	195.-
Blockschnieder 50%	Fr.		310.-	865.-
Anteil Traktor	Fr.			310.-
Total	Fr./Jahr	7 760.-	3 850.-	7 735.-
	Fr./dt TS	21.60	10.70	21.50
Arbeitskosten	Fr./Jahr	780.-	1 340.-	630.-
Total/Jahr inkl. Arbeitskosten	Fr./Jahr	8 540.-	5 190.-	8 365.-
	Fr./dt TS	23.70	14.40	23.20
				4 860.-
				13.50

* Einmal nachfüllen, Walztraktor Gesamtgewicht 6 t

** Entnahmefräse fördert direkt in Stall, Blockschniden 2 x wöchentlich

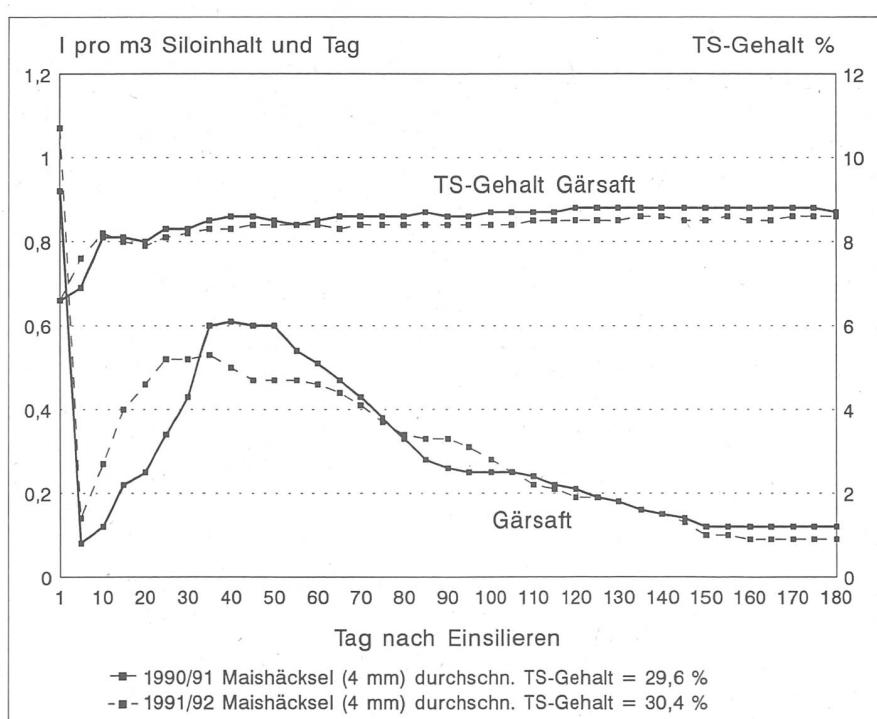


Abb. 3: Gärsaftanfall bei Maishäcksel im Flachsilo.

Kombiniertes Silieren

Erste Füllung (untere Hälfte Silo) mit Gras ab Kurzschnittladewagen. Durchschnittlicher TS-Gehalt 41%. Zweite Füllung (obere Hälfte Silo) mit Maishäcksel. Durchschnittlicher TS-Gehalt 30,4%.

Kein Gärsaftanfall!

	Versuchspröbe ungefiltert	Sickerwasserproben Ø aus 4 Lysimetern 22.4.92 28.4.92		Sickerwasserprobe nur Regen
BSB ₅ mg O ₂ /l	5000	2900	2950	< 5

Abwasserformen

Bei einem Flachsilo fallen die Abwässer in verschiedenen Formen an (Tab. 2).

Gärsaft

Entsteht unmittelbar nach dem Einfüllen, während und nach der Gärung. Es handelt sich dabei um Zellflüssigkeit oder Haftwasser (Tau) und entsteht bei Gras unter 30% TS und bei Maishäcksel bis 32% TS. Gärsaft ist extrem stark belastet mit gelösten organischen Kohlenstoffen und weist entsprechend hohe BSB₅-Werte auf. (BSB₅ = Masse an gelöstem Sauerstoff, die zum oxidativen biologischen Abbau organischer Stoffe im Wasser in fünf Tagen bei 20°C im Dunkeln benötigt wird.) Die BSB₅-Werte betragen für Gärsaft 52 000 mg O₂/l, für Schweinegülle

30 000 mg O₂/l und für Rindergülle 15 000 mg O₂/l (Kot und Harn unverdünnt). Gärsaft darf daher keinesfalls in eine Kanalisation, in einen Sicker-schacht oder direkt in ein Gewässer abgeleitet werden. Er ist in die Güllegrube zu leiten oder über einen Sammelschacht mit dem Druckfass grossflächig auf bewachsenen Boden zu verteilen. Nach Literaturhinweisen gefährden Gaben bis zu 50 m³ pro ha das Grundwasser nicht.

Meteorwasser/Gärsaft

Mittel verunreinigtes Meteorwasser von besensauberer Silofläche während der Entnahmephase mit geringen Beimengungen von Gärsaft: Der Gewässerschutzwert (BSB₅) beträgt nach der Verordnung über Abwassereinleitungen 20 mg O₂/l. Wie in Tabelle 2 ersichtlich, können – je nach Niederschlagsmengen – Werte auftreten, die bis 250 mal höher sind. Lysimeterver-

suche an der Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene mit Versickern auf 4 m² bewachsenen Boden (üblich in der Praxis bei leichtem Regen) ergaben folgende Werte: Die Filterwirkung des Bodens ist offensichtlich sehr beschränkt. Die BSB₅-Werte liegen mehr als um den Faktor 100 über dem Grenzwert. Fazit: Das Medium Meteorwasser/Gärsaft muss gleich behandelt werden wie Gärsaft.

Meteorwasser verunreinigt

Leicht verschmutztes Meteorwasser von der besensauber gereinigten Silofläche während der Entnahmephase ohne Gärsaftbeimengungen: Versickerung ist ausserhalb der Gewässerschutzzonen S möglich.

Meteorwasser sauber

Das auf den Flachsilo im geschlossenen oder leeren Zustand fallende Re-

Tabelle 2: Abwasseranalysen

Datum	Futterart	Medium	pH	DOC ¹⁾ mg C/l	BSB ₅ ²⁾ mg O ₂ /l	TS %	Ammonium mg N/l	Niederschläge ca. mm	Freie Fläche Silo	
									m ²	%
16.10.90	Maissilage	Gärsaft	3,7	36 350	52 500	7,71	281	–	–	–
10.06.91	Maissilage	Meteorw./Gärsaft	4,4	581	1 200	0,12	5,5	40	70	50
17.06.91	Maissilage	"	4,9	544	1 900	0,18	4,4	40	75	60
01.07.91	Maissilage	"	5,3	1 149	2 650	0,27	6,5	20	90	70
15.07.91	Maissilage	"	5,2	2 303	4 300	0,53	36	10	105	80
08.12.92	Grassilage	Meteorw. verunr.	6,6	46	128	0,02	0,35	40	35	25
12.01.93	Grassilage	"	6,3	212	355	0,08	9,50	10	50	35
02.02.93	Grassilage	"	6,8	99	171	0,06	6,47	20	70	50
15.03.93	Grassilage	"	6,7	157	295	0,07	12,8	25	105	80
Vergleichsdaten										
Einlauf Kläranlagen (Kt. AG)			6,8 - 8,6	–	15-338	–	0,1 - 20			
Auslauf Kläranlagen (Kt. AG)			7,2 - 8,3	4 - 15	2 - 36	–				
Einleitung Gewässer ³⁾			6,4 - 8,5	10 - 15	20	–				

1) DOC = Gelöster organischer Kohlenstoff

2) BSB₅ = Biochemischer Sauerstoffbedarf

3) Verordnung über Abwassereinleitungen
(Stand 1. April 1987)

genwasser belastet weder Fließgewässer noch Grundwasser und kann direkt abgeleitet werden.

Umgang mit Gärsaft

Verhinderung von Gärsaft

- Maishäcksel mit über 32% TS einfüllen. Häckslere mit Reibboden benützen (weniger ganze Körner). Siliermittel gegen eventuelle Nachgärungen einsetzen.
- Gras anwelen. Das Futter muss auch in den ersten Wagen über 30% aufweisen.
- Maishäcksel auf angewelkte Grassilage einfüllen. Die trockenere Grassilage nimmt den Gärsaft des Maishäcksel auf. Für einen Betrieb mit Sommerfütterung von Maissilage wäre es allerdings zwingend, dass auch Grassilage verfüttert wird, was nicht zulässig ist.

Bauliche Möglichkeiten

Gärsaft oder mit Gärsaft kontaminiertes Meteorwasser muss entweder in der Güllengrube oder in einem separaten säureresistenten Behälter aufgefangen werden. Um eine möglichst praxistaugliche Handhabung zu gewährleisten, richtet sich die empfohlene Behältergrösse nach dem üblichen Druckfassinhalt: zirka 3 m³. Ein solcher Behälter kann in Ortbeton oder mit einem Zementrohr mit Boden ausgeführt werden. Die Innenwand muss beschichtet werden, zum Beispiel mit Zweikomponenten Epoxidharzen oder Polyester. Eine weitere Möglichkeit ist ein erdverlegter Kunststofftank.

Empfehlung

Ausgehend von den festgestellten Abwasserformen gilt folgende Empfehlung (BUWAL 1993): «Sobald der Flachsilo zugedeckt oder der Silo leer und gereinigt ist, darf das auf den Silo fallende Regenwasser ins umliegende

Terrain versickern. Der während der Entnahmezeit auf die leere, unbedeckte Silofläche fallende Regen kann auf die gleiche Art abgeleitet werden, sofern kein Gärsaft anfällt, der Silo sich ausserhalb der Gewässerschutzzone S befindet und die unbedeckten Siloflächen besensauber sind.»

Schlussfolgerungen

Vorteile Flachsilo gegenüber Hochsilo:

- Geringerer Investitionsbedarf,
- Eigenbaufreundlicher,
- Abladen weniger störungsanfällig mit kleinerem Energieaufwand,
- Überfüllen (10%) des Silos möglich,
- Mechanische Entnahme überbetrieblich, daher wesentlich kostengünstiger
- Mechanische Entnahme auch bei längerem Futter funktionssicher (Ladewagenschnitt),
- Im Winter Entnahme nur ein- bis zweimal wöchentlich,
- Gras- und Maissilage aus einem Silo zur gleichen Zeit verfütterbar,
- Geringere Unfallgefahr (Gas, Absturz),
- Passt besser in die Landschaft (Ortsbild),
- Folien wiederverwertbar oder in der Kehrichtverbrennungsanlage unschädlich vernichtbar (Polyäthylen) (GFK-Silo zum Beispiel nicht möglich).

Keine wesentlichen Unterschiede:

- Schlagkraft bei der Ernte (Häcksel),
- Jährliche Kosten bei überbetrieblicher Zusammenarbeit,
- TS-Verluste.

Nachteile Flachsilos gegenüber Hochsilos:

- Höherer Platzbedarf,
- Zeitaufwendiges Zu- und Abdecken,
- Für kleine Ernteflächen ungeeignet,
- Wetterrisiko bei grossen Ernteflächen,
- Silogrösse erst ab 120 m³ Inhalt sinnvoll,
- Beim Überfahren höhere Verschmutzungsgefahr des Futters,
- Handentnahme kaum möglich,
- Im geöffneten Zustand hohe Anforderungen betr. Gewässerschutz,
- Keine Nasslagen,
- Silo nicht versetzbar,
- Betonschutz vorläufig nicht gelöst oder sehr teuer.

Über 30 Jahre Erfahrung mit Schneeketten



Verkauf aller Marken Schneeketten. Spur- und Leiterschneeketten neu und Occasionalen, zum Teil aus Armeeständen. Für alle Fahrzeuge Eintausch und Reparaturen, Änderungen und Spezialausführungen, Ersatzteile, grosses Lager, günstige Preise.
Lieferbar ab Lager und Versand in der ganzen Schweiz.

Stocker-Schneeketten

A. Willimann-Stocker, Wili
6215 Beromünster, Tel. 045-511120

Kunststoff-Wasserleitungen

in allen Grössen und Stärken.
Kunststoffrohre und Elektrokabel usw.

Wasserschläuche Drainagerohre Wasserarmaturen

Hahnen, Ventile, Winkel, Holländer usw.

ERAG, E. Rüst, 9212 Arnegg
Tel. 071 85 91 11

ALTERAKTIV

AUGENKONTROLLE!

