

Separatdruck aus FAT-Mitteilungen Nr. 14/73
in der «Schweizer Landtechnik» Nr. 15/73
herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für
Betriebswirtschaft und Landtechnik CH 8355 Tänikon

Glasfaserverstärkte Kunststoffe in der Landwirtschaft

W. Göbel, A. Schmidlin

1. Einleitung

Im Jahre 1990 soll die Kunststoffproduktion volumemässig die des Eisens überflügeln, und im Jahre 2000 sollen Kunststoffe die Hälfte des gesamten Werkstoffbedarfes decken. Der Kunststoffverbrauch verdoppelt sich alle zehn Jahre. Die Landwirtschaft blieb von diesem Kunststoffboom nicht unberührt. Sie benützt hauptsächlich Polyäthylenfolien, PVC-Rohre, Schaumstoffe und glasfaserverstärkte Polyesterharze. In bezug auf den Kunststoffverbrauch rechnet man in der Landwirtschaft mit einer mehr als 10%igen

jährlichen Zuwachsrate. Mit dem Fertigen von glasfaserverstärkten Kunststoffen wurde erst in den 40er Jahren begonnen. In dieser Zeit des Experimentierens gab es auch Fehlentwicklungen. Die 60er Jahre waren durch eine grosse Produktionszuwachsrate und eine Vervollkommnung des Materials gekennzeichnet. Trotzdem misstrauen viele Leute diesem neuen Werkstoff heute noch.

2. Verschiedene Anwendungsgebiete des Kunststoffes in der Landwirtschaft

Kunststofffolien werden zum Abdecken von Fahr- und Pressballensilos benutzt. Sie dienen als Haut für die Silagewürste. Sodann werden damit Drahtnetzsilos ausgekleidet (Abb. 1). Auch für Traglufthallen, als Verkleidung von Stahlrohrhallen und für Gewächshäuser eignen sich Kunststofffolien sehr (Abb. 2, 3 und 4).

Im Ausland werden Güllelagunen mit Folien ausgelegt. Es gibt Ventilatorflügel, -gehäuse und Lüftungsschläuche aus Kunststoff. Stallwandelemente werden mit Schaumstoff wärmedämmend ausgebildet. Man spricht in diesem Falle von einer Sandwichbauweise. Ferner werden alte Stallwände häufig mit Schaumstoff wärmedämmend isoliert.

Auf dem Gebiet des landwirtschaftlichen Bauwesens

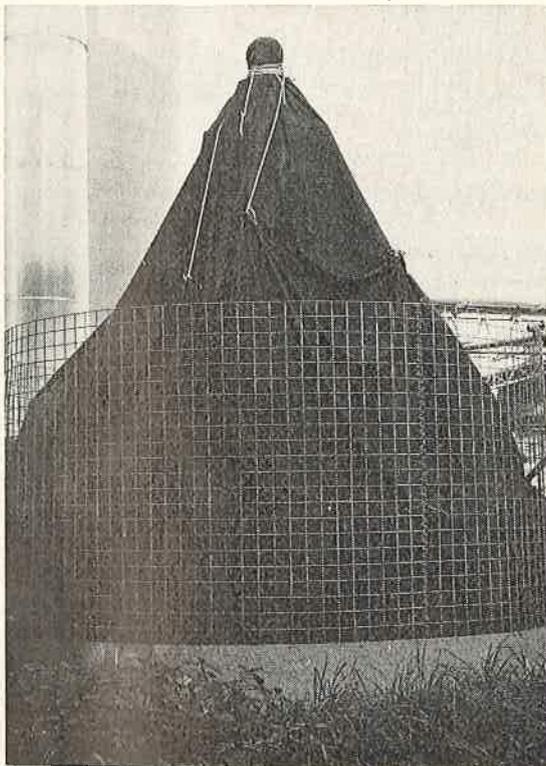


Abb. 1: Drahtnetz-Foliensilo



Abb. 2: Traglufthalle

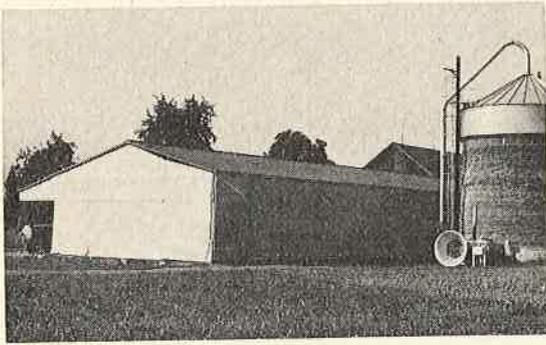


Abb. 3: Stahlrohrhalle, mit Folien verkleidet

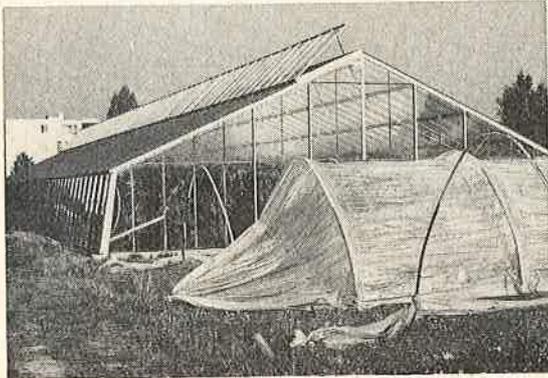


Abb. 4: Gewächshäuser

finden die glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK) vermehrte Anwendung, da sie mehr als die anderen Kunststoffe nicht nur raumabschliessende, sondern auch statische Funktionen übernehmen können. Die Mechanisierung beim Umschlagen und Lagern von Massengütern verlangt korrosionsbeständige Grossbehälter für Gülle, Kraftfutter, Dünger und Silage. Kunststoffe sind in hohem Masse korrosionsbeständig. Wegen der Bedeutung von GFK soll im Folgenden über verschiedene Herstellverfahren und über den möglichen Einsatz berichtet werden.

3. Glasfaserverstärkte Kunststoffe

Rohmaterial

Wie der Name «glasfaserverstärkte Kunstharze» sagt, sind die Reaktionharze mit Glasfasern verstärkt, genauso wie der Beton mit Armierungseisen verstärkt werden kann. Man unterscheidet bei den Polyesterharzen **normale, chemikalienbeständige, wärmebeständige, elastische**, ferner solche, die dem Feuer mehr widerstehen, und solche, die auch bei tiefen Temperaturen beim Anmischen aushärten. Es sind dauerhafte Harze, weil deren Fadenmoleküle sich untereinander in allen drei Richtungen chemisch unlöslich verbinden.

Das ungesättigte Polyesterharz wird durch Beimischung eines Härters und Beschleunigers «gehärtet». Durch **Füllstoffe** können die Eigenschaften des reinen Harzes verbessert werden. Glas, Porzellan oder Quarzmehl erhöhen die Härte. Je mehr Füllstoffe (Holz- oder Korkmehl, Metallpulver, Asbestfasern) enthalten sind, desto mehr nimmt das Harz die Eigenschaften des Füllstoffes an.

Als Verstärkungsmaterial eignen sich Fasern aus Baumwolle, Seide, Nylon, Hanf, Flachs oder Glas. Glas erreicht die höchste Zugfestigkeit. Stränge aus Fäden von 9 μ m Dicke tragen 140 kp pro mm² Querschnittfläche. Das Glas kann ganz verschieden in das Harz eingelegt werden: als Roving, Matte oder Gewebe (Abb. 5). Ein **Rovingstrang** kann aus 60 Bündeln von je 200 Elementarfäden à 9 μ m Durchmesser bestehen. **Matten** setzen sich aus geschnittenen Rovingsträngen zusammen, die durch ein Bindemittel zusammengehalten werden. **Gewebe** werden aus Rovingsträngen hergestellt. Die Festigkeiten von Geweben betragen nur noch 90 kp/mm², da im Gewebe die Fäden etwas gekrümmt sind. (Erstklassiger Spannstahl trägt nur doppelt so viel.)

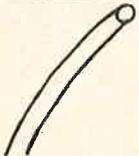
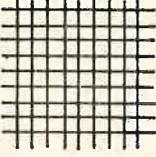
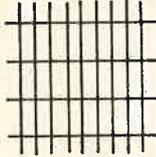
Verstärkungsart	Beschreibung
 <p>Roving-Strang</p>	20–60 Bündel à je 200 Fasern Faserdurchmesser 9 μ m
 <p>Matte</p>	Fasern geschnitten oder endlos
 <p>Gewebe</p> <p>in jeder Richtung gleich stark</p>	Das Gewebe besteht aus Rovings von 20–60 Bündeln
 <p>in jeder Richtung ungleich stark</p>	

Abb. 5: Die wichtigsten Glasfaserverstärkungsarten

Die Glasfasern erhalten bei der Verarbeitung zu Rovings, Geweben oder Matten eine Spezialbehandlung, welche die Haftung zwischen Glasfasern und Harz erst ermöglicht. Mit den drei Rohmaterialien Harz, Füllstoff und Glas lassen sich ganz verschiedene GFK herstellen. Wie im Stahlbeton hängt die Festigkeit von der Lage und der Menge der Glasfasern ab (Abb. 6). Dünne Wandstärken lassen sich erreichen, wenn die Glasfasern in der Richtung der Beanspruchung liegen.

Bei Zugbeanspruchung ist GFK elastisch, bei Dauerbeanspruchung geht die Festigkeit um die Hälfte zurück. Die Wärmeausdehnung hängt vom Glasgehalt ab. Das Harz schützt die Glasfasern vor Chemikalien.

Verarbeitungsverfahren und Konstruktionsrichtlinien

In Abbildung 7 sind die üblichen Verarbeitungsverfahren dargestellt. Bei Kunststoffkonstruktionen müssen hohe Spannungen, die nur örtlich auftreten, ver-

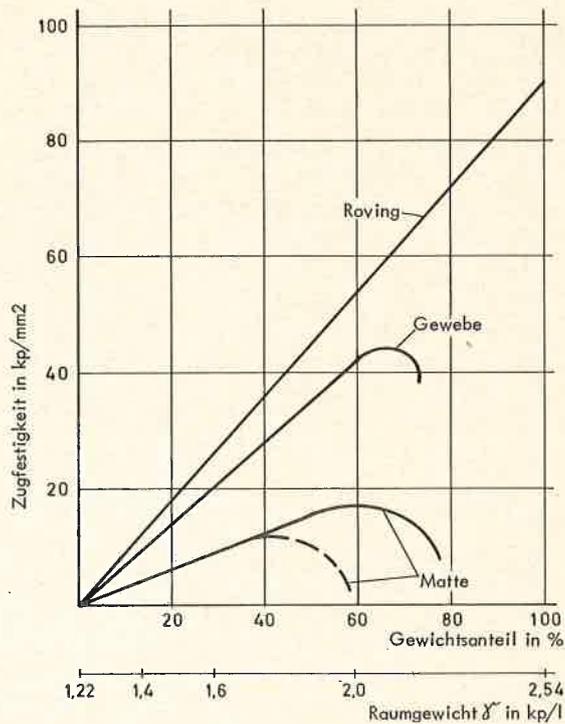


Abb. 6: Zugfestigkeit von GFK in Abhängigkeit der Verstärkungsart und des Glasfasergehaltes

mieden werden. Einfache Ränder genügen bei grossflächigen Teilen häufig nicht. Als Randverstärkungen eignen sich stärkere Wanddicken, eingepresste Rohre und Flanschen. Kanten müssen einen Innenradius von mehr als 20 mm aufweisen und sollten zusätzlich Mattenlagen erhalten. Grosse Flächen neigen zu Verwerfungen, die durch eine Wölbung vermieden

werden können. Rippen verhindern Ungleichmässigkeiten. Lichtplatten sind daher wellenförmig gestaltet. Luken sollten abgerundet sein, da andernfalls die hohen Spannungen in den Ecken Risse verursachen. Häufig sind GFK-Teile untereinander oder mit Metallen verbunden.

4. Konstruktionen

Abbildung 8 zeigt Gäruttersilos, die nach drei verschiedenen Verfahren hergestellt wurden: v.l.n.r.

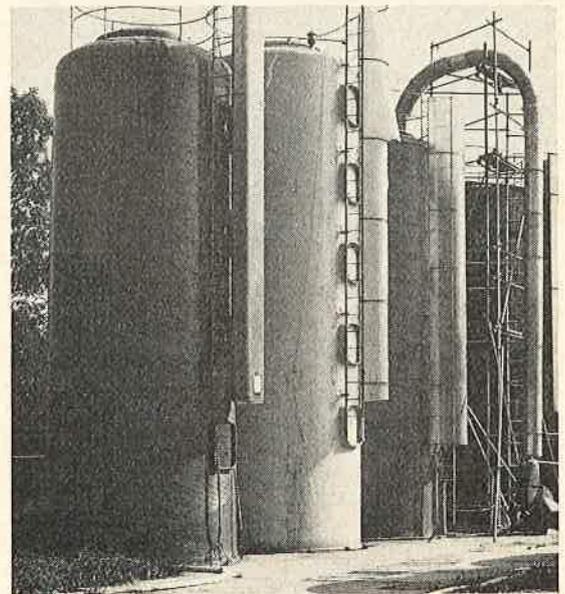


Abb. 8: Gärutterwinkel (v.l.n.r.): Rovingwickel-, Schleuder- und Bandwickelverfahren

Verfahren	Verarbeitung	Bemerkungen
Manuelle Beschichtung	<p>Rolle Laminat Unterlage</p>	Aeltestes Verfahren Geringe Werkstattkosten Einzelanfertigungen
Fasern und Harz spritzen (schleudern)	<p>Roving zerschneiden Harz sprühen Härter</p>	Mechanisierte manuelle Beschichtung Eventuell rotierende Form
Pressen Kalt Warm		Maschinelle Bearbeitung Gleichmässigkeit Hohe Arbeitsgeschwindigkeit
Wickeln	<p>Rovingspulen Trommel Harztränkebecken</p>	Geeignet für Behälter und Rohre Hohe Festigkeitswerte Auch Bänder können gewickelt werden

Abb. 7: Verarbeitungsverfahren

Rovingwickel-, Schleuder- und Band- oder Gewebewickelverfahren. Es gibt ein weiteres Verfahren, bei dem im Rovingverfahren Matten und Gewebe mit-eingelegt werden. Von den rund 3000 Gärfuttersilos, die jährlich in der Schweiz hergestellt werden, sind die meisten aus GFK. Kein anderes Land hat einen so hohen Marktanteil an GFK-Gärfuttersilos.

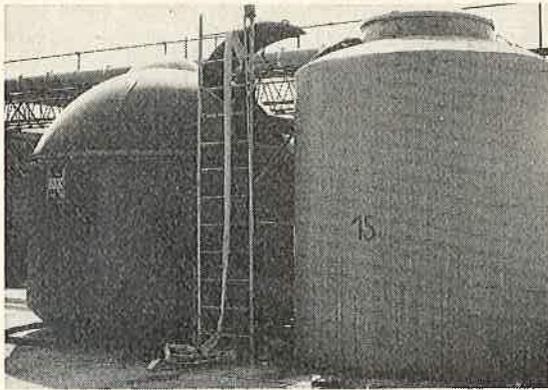


Abb. 9: Güllebelüftungsbehälter

Abbildung 9 zeigt zwei Güllebelüftungsbehälter aus GFK. Die vier Wandsegmente des Silos links im Bild wurden im Handlaminierverfahren hergestellt. Der Silo Nr. 15 wurde geschleudert und erhielt aussen nachträglich zur Wärmedämmung eine 5 cm breite Kunststoffschicht aufgespritzt, die überlamiert wurde.

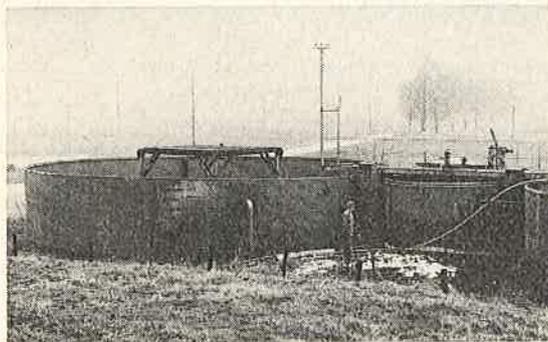


Abb. 10: GFK-Behälter zur Belüftung von Abwässern

Abbildung 10 zeigt einen GFK-Grossbehälter, der vor sieben Jahren aufgestellt und zur Belüftung von Abwasser benutzt wurde. Die einzelnen Wandteile sind handlamiert und wurden auf der Baustelle zusammengesetzt. Es werden aus GFK bereits Güllesilos verschiedener Bauart von 200 m³ oder gar 400 m³ Inhalt hergestellt. Solche Behälter müssen sorgfältig erstellt werden, damit sie unter keinen Umständen bersten. Nur so kann Schaden an Menschenleben, benachbarten Gebäuden und der Natur (Gewässerverschmutzung) vermieden werden.

Eine mehrfache Sicherheit bei der Berechnung von Grossbehältern ist nötig, da beim GFK mehr als bei jedem anderen Werkstoff die Zeit, die Last und die Temperatur die Festigkeit sehr beeinflussen, Ausserdem können Regen, Schnee, ultraviolette Strahlen, Chemikalien und Bakterien den Werkstoff schwächen.

Die Materialeigenschaften unterliegen mehr als bei jedem anderen Werkstoff den Verarbeitungsbedingungen. Bei einem Festigkeitsvergleich an Werkstücken, die nach gleichem Rezept hergestellt wurden, ergaben sich von Betrieb zu Betrieb und von Arbeiter zu Arbeiter innerhalb eines Betriebes erhebliche Unterschiede. Die Gleichmässigkeit eines Laminates hängt von der Sorgfalt des Arbeiters ab. Sie beeinflusst sehr die Festigkeit, ganz abgesehen davon, dass Harz und Glas selber recht unterschiedliche Festigkeiten haben können.

Fabrikationsfehler wie mangelhafte Durchtränkung der Glasfasern mit Harz oder regelwidrige Konstruktionen können zu Siloeinstürzen führen. Der Ausbildung und dem Einbau von Luken ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Ebenfalls sind Verbindungsstellen einzelner Wandelemente sorgfältig auszubilden.

In Deutschland ist die Verwendung von GFK für tragende Teile aufgrund blosser Berechnungen nicht gestattet. Es werden für die Begutachtung noch so lange Versuche verlangt, bis auf rechnerischem Wege die Grenzen der Belastbarkeit ebenso sicher wie durch Versuche ermittelt werden können.

An der FAT misst man zur Zeit die Wanddehnung an GFK-Silos, um die Gärfutterdrücke genau zu ermitteln. Die Silos werden dazu auch im Leerzustand bei verschiedenen Aussenlufttemperaturen gemessen, um die Temperaturexpansionskoeffizienten zu erhalten. Auch füllt man sie mit Wasser, um gewisse Materialeigenschaften zu bestimmen. Diese Materialkennwerte sind für die Berechnung des Silagedruckes nötig. Jedoch führt die FAT keine Silovergleichsprüfungen durch, da uns dazu sowohl die Einrichtungen als auch das nötige Personal fehlen. Dasselbe gilt für Materialprüfungen. Diese werden von der Eidg. Materialprüfungsanstalt (EMPA) durchgeführt.

In der ganzen Welt sind grossflächige GFK-Teile wie Schalen, Falterwerke, Tonnengewölbe oder Platten als Dach- und Wandelemente bereits im Gebrauch. Ihre Lichtdurchlässigkeit, das leichte Gewicht und die einfache Montage eröffnen ihnen einen grossen Anwendungsbereich. So könnten zum Beispiel Silosegmente als Dach dienen (Abb. 11).

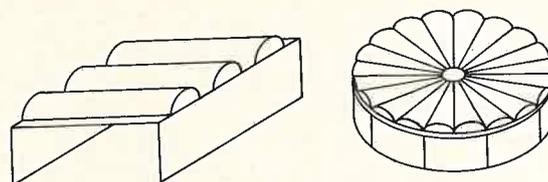


Abb. 11: GFK als grossflächige Dachelemente

GFK ist kein Wunderwerkstoff. Aber wenn er seinen Eigenschaften entsprechend eingesetzt und unter Berücksichtigung des tatsächlichen Kräfteverlaufes ausgebildet wird, erfüllt er seinen Zweck sehr gut.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.