

Peter Epinatjeff, Daniel Havenith und Thomas Jungbluth, Hohenheim

Instandsetzung von Gärfutter-Flachsiloanlagen

Praxisversuche haben gezeigt, dass die Sanierung von Flachsiloanlagen mit einer zweiten Schicht aus Luftporenbeton, die mit einem neu entwickelten Oberflächenfertiger aufgebracht wird, eine dauerhafte und kostengünstige Maßnahme darstellt.



Bild 1: Betoniervorgang auf dem Meiereihof

Fig. 1: Sketch of the surface finisher

Dipl.-Ing. Architekt Peter Epinatjeff ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dipl.-Ing.agr. Daniel Havenith war Diplomand und Prof. Dr. Thomas Jungbluth leitet die Abteilung Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: epi@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter

Betonsanierung, Flachsiloanlagen, Oberflächenfertiger

Keywords

Renovating concrete, horizontal silo, surface finisher

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 00107 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Aufgrund der extremen chemischen, physikalischen und mechanischen Beanspruchungen zeigen die Bodenplatten von Flachsiloanlagen schon nach kurzer Zeit eine erhebliche Oberflächenzerstörung. Gegen diese Abnutzung hat man die Betonoberfläche bisher mit Kunststoff- oder Bitumenanstrichen versehen. Diese relativ teuren Anstriche mussten jedoch nach ein bis zwei Jahren erneuert werden. Die Bodenplatten sind trotzdem weiter erodiert. Das Einbringen einer Gussasphaltschicht ist nicht in Eigenleistung möglich und auch deshalb deutlich teurer [1, 2, 3, 4].

Ziel

Vorhandene Gärfuttersilos sollen mit einer zusätzlich auf die gesäuberte Altbeton-Unterlage aufgetragenen Betonschicht instand gesetzt werden. Luftporenbetone, wie sie im Straßenbau verwendet werden, haben eine wesentlich höhere Standfestigkeit gegen Silagesäfte als herkömmliche Betonarten [5]. Die zusätzliche Betonschicht ist als Opferbeton anzusehen. Aufgebracht in einer Dicke von 10 bis 15 cm kann damit die Nutzungsdauer der Silos um zwölf bis 17 Jahre verlängert werden, ohne dass zeit- und kostenaufwendige Anstriche erforderlich sind. Voraussetzung ist allerdings, dass beim Einbringen der Beton ausreichend verdichtet und geglättet wird. Dazu soll ein einfacher Oberflächenfertiger entwickelt werden, mit dem das Einbringen einer Verschleißschicht als wirtschaftliche Reparaturmaßnahme in Eigenleistung fachgerecht durchgeführt werden kann.

Entwicklung eines Oberflächenfertigers

Anforderungen

Der zum Einbau der Bodenplatte notwendige Oberflächenfertiger entspricht im Prinzip einer Rüttelbohle. Die verdichtende Wirkung basiert auf der vibrierenden Auflagefläche des Gerätes auf der Betonoberfläche. Durch kontinuierlichen Vorschub dieses Gerätes wird die Betonfläche abgezogen. Sein Einsatz in Flachsiloanlagen erfordert eine Grundkonzeption aus folgenden Komponenten (Bild 1):

- ein längenvariabler Grundträger
- ein elektrischer Vibrationsmotor
- schwingungsdämpfende Auflager des Trägers in Führungsschienen
- eine der Silobreite anpassbare Abziehbohle aus Holz

Die Arbeitsbreite des Geräts soll an das zu sanierende Fahrsilo stufenlos anpassbar sein, da durch Einbetonieren über die gesamte Einbaubreite eine gleichmäßige Verdichtung und Ebenheit der Fläche zuverlässig erreicht werden soll.

Der Prototyp

Als Grundträger des Geräts wurde ein längenverstellbarer Alu-Deckenschalungsträger (Fa. Thyssen, Modell Telemax) verwendet. Er besteht aus einem Alu-Außenträger mit stufenlos verschiebbaren Alu-Innenprofilträgern. Die angebotenen Längen von 2,75 m von Außen- und Innenträger und das Gewicht von nur 13 kg ermöglichen eine leichte Grundkonstruktion, mit der jede geforderte Arbeitsbreite zu realisieren ist.

Der Rüttelmotor ist ein Normalfrequenz-Außenvibrator für 220 V (Fa. Wacker-Werke). Dieser Motor wurde so auf einem Motorschemel befestigt, dass er sowohl um seine Achse kippbar als auch längs der Schiene in die jeweilige Arbeitsmitte verschiebbar angebracht ist. Bei horizontaler Ankerwellenstellung mit auf- und abgerichteten Vibrationen entsteht eine mehr verdichtende Wirkung. Dies ist bei Bodenplatten mit Stärken über 15 cm wichtig. Die Senkrechtstellung des Motors und seiner Ankerwelle erzielt eine mehr oberflächenglättende Wirkung. Der Motor soll aber auch bei veränderter Arbeitsbreite des Gerätes stets mittig auf diesem sitzen, um die Vibrationswirkung auf die volle Breite der Bohle zu übertragen.

Die Auflagerrollen erlauben es, das Gerät mit mäßigem Kraftaufwand über den zu verteilenden Beton zu bewegen und dabei möglichst wenig Vibrationsenergie in die Führungsschienen zu übertragen. Zum Ziehen des Gerätes sind rechts und links an den Auflagern Seilenden befestigt. Die Führungsschienen bestehen aus 50 mm U-Profilen. Sie können auf handelsüblichen Kfz-Auflagerböcken aufgelegt werden, um eine stufenlose Arbeitshöhe für einfache Siloplatten zu erreichen. Bei vorhandenen Silowänden werden die Führungsschienen mit angeschweißten Laschen festgedübelt. Nach dem Betonieren werden die Führungsschienen demontiert und die Dübellöcher mit Silikon verfüllt. Bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass Motorschemel, Grundträger, Auflager und Führung die starken Vibrationen problemlos verkraften [6].

Die Auswahl der Betonrezeptur erfolgte mit Unterstützung von Prof. Neubert, FH

Maßnahme	Materialkosten [DM/m ²]	Arbeitspersonenzahl [Aph/m ²]	Lohnkosten* [DM/m ²]	Gesamtkapitalaufwand** [DM/m ²]
Opferbeton (8 bis 10 cm)	~26,-	0,135	2,02	~28,-
Gussasphalt (3 bis 5 cm)				~43,-
jährlicher Bitumenanstrich	0,80	0,150	2,25	(3,05 x 15) 45,75
Kunststoff-Dispers. alle zwei Jahre	3,00	0,125	1,90	(4,90 x 7,5) 36,75

*angesetzter Stundenlohn für Eigenleistung 15,- DM/h **Lebensdauer von 15 Jahren

Tab. 1: Kosten verschiedener Sanierungsvarianten (Blöcker 1998, eigene Berechnungen)

Table 1: Costs of various renovation variants (Blöcker 1998, own calculations)

Stuttgart, und Dipl.-Ing. W. Preis, Baubereitung Zement, aus einem Standardbetonsorten-Verzeichnis. B 35Wu - Betonrezepturen wurden auf die speziellen Beanspruchungen der landwirtschaftlichen Nutzung und nach Verfügbarkeit und Kosten hin ausgewählt. Sie sind sowohl gegen Frost-Tauwechsel als auch chemischen Angriff besonders resistent. Auf die Anordnung von Dehnungsfugen sollte zugunsten der einfacheren Arbeitsweise verzichtet werden.

Erste Betonierversuche bei landwirtschaftlichen Flachsiloanlagen

Die ersten Betonierversuche fanden im September 1998 in der Siloanlage der Versuchstation für Nutztierbiologie und ökologischen Landbau der Universität Hohenheim (Meiereihof) statt. Die Arbeitskräfte waren ungeübt und besaßen keine besonderen Fähigkeiten und Kenntnisse in der Betonverarbeitung. Nach der gründlichen Säuberung der stark angegriffen Bodenplatte (22 m·6 m) mit einem Hochdruckreiniger wurde die in Längsrichtung verlaufende Sickersaftrinne eingeschalt, um sie in ihrer Funktion zu erhalten. Durch die entstandenen Längstrennung konnte in zwei Arbeitsdurchgängen gegen die Schalung betoniert werden. Dabei wurden zwei verschiedene Betonrezepturen eingesetzt. Die Führungsschienen wurden zum einen an der Silowand angehängelt, zum andern auf der Schalung durch eingesteckte Gewindestangen höhenverstellbar eingesetzt. Die Führungsschienen wurden mit konstantem Abstand von der Siloboden-Oberfläche montiert, um das ursprüngliche Gefälle in Längsrichtung beizubehalten. Das Gefälle in Querrichtung des Silos, also zur Sickersaftrinne hin, wurde ebenfalls in dieser Weise übernommen. Der Beton wurde durch rückwärtiges Einfahren des Betonmischwagens in das Silo eingebracht. Portionweise wurde der Beton aus dem Mischer abgelassen und von zwei Hilfskräften mit geeigneten Geräten verteilt. Nach etwa jeweils 10 m² fuhr der LKW ein Stück voran, um eine neue Teilfläche zum Betonieren freizugeben. Die Fläche wurde von einer dritten Arbeitskraft durch langsames Ziehen am Seil des Gerätes geglättet (Bild 1).

War die eingebrachte Betonmenge geglättet,

wurde der Arbeitsgang wiederholt. So wurde eine komplette Bahn fugenlos durchbetoniert. Die Arbeitszeit für die 22 m lange und 3 m breite Betonbahn betrug etwa 1,5 Stunden. Zur vollständigen Hydratation und gegen Witterungseinflüsse wurden Folien aufgelegt (Bild 2).

Der zweite Betonierversuch galt der ebenfalls stark angegriffen Bodenplatte (26 m·5 m) der Siloanlage eines privaten Landwirtes. Diesmal wurde die gesamte Arbeitsbreite von 5 m ausgenutzt. Die Führungsschienen wurden an den beiden Wänden angebracht. Ein vorhandenes Quergefälle zur Längsachse des Silos hin wurde nicht übernommen, so dass sich unterschiedliche Schichtdicken von 8 bis 14 cm ergaben. Der Oberflächenfertiger wurde mit etwa 5 cm Abstand von den Silowänden an die Silobreite angepasst. Dieses größere Spiel war wegen der gekrümmten Silowände notwendig. Der Arbeitsablauf wurde hier geändert. Jeweils eine Betonlieferung (~ 7 m³) wurde in das Silo eingebracht, komplett verteilt und danach geglättet. Für die halbe Silofläche wurden etwa 1,5 Stunden benötigt. Das entsprach etwa der Zeit des ersten Versuchs. Nach zwei Stunden war die Oberfläche soweit erhärtet, dass Folien zur Nachbehandlung aufgelegt werden konnten.

Der verwendete Beton sollte die Festigkeitsklasse B 35 WU beziehungsweise B 25 WU erreichen. Die erste Festigkeitsüberprüfung nach sechs Tagen mit dem Kugelschlaghammer ergab im Durchschnitt eine Festigkeit von 25 N/mm². Die beim Betonieren angefertigten Probewürfel wurden jetzt mit der Silage eingelagert, um sie später nach dem ersten Siliervorgang (neun bis zehn Monate später) zu überprüfen. Diese Überprüfung durch die Baustoffprüfstelle der Fachhochschule Stuttgart ergab Festigkeiten zwischen 44 und 70 N/mm². Die geleerten und gesäuberten Bodenplatten wurden ebenfalls begutachtet. Die Platten waren trotz fehlender Fugen frei von Dehnungsrisen. Die Oberfläche war fast vollständig ge-

Bild 2: Nachbehandlung des Betons durch Abdecken

Fig. 2: After-treatment of the concrete by masking

schlossen. Lediglich einige Stellen mit Verarbeitungsmängeln zeigten Absandungen. Die Pressfugen zwischen Silowand und Bodenplatte waren ebenfalls vollständig geschlossen.

Kosten

Die Materialkosten betragen bei einer Betonstärke von 10 cm ungefähr 26 DM/m² (Raum Stuttgart). Zusätzlich fallen Arbeitsstunden zum Auf- und Abbau des Oberflächenfertigers, der Führungsschienen sowie für den Fertigstellungsvorgang an. Wird die Betonsanierung mit dem Aufbringen einer Schicht aus Gussasphalt verglichen, müssen Annahmen über Lebensdauer, Arbeitszeit und Lohnkosten getroffen werden. Der Kostenvergleich zeigt eine deutliche Kostenreduzierung bei der Eigenleistungs-Sanierung durch Spezialbeton gegenüber der Sanierungsmaßnahme mit Asphalt. Auch bei Bodenplatten, deren Oberflächen die Voraussetzungen für einen Schutzanstrich erfüllen, kann das Eindringen einer Opferbetonschicht aus Spezialbeton sinnvoll und konkurrenzfähig sein. So werden durch das Entfallen periodischer, zeitaufwendiger Anstriche noch Preisvorteile deutlich (Tab. 1)

Schlussfolgerungen

Die Versuche haben die Eignung des Oberflächenfertigers bestätigt. Mit dem entwickelten Prototyp ist eine Sanierung von Gärfutterflachsilos durch Einbringen einer zweiten Betonschicht in Eigenleistung möglich. Die Sanierung kann problemlos von ungelerten Arbeitskräften bewerkstelligt werden. Die Übertragbarkeit der Funktionsweise bei Betonierung neuer Siloanlagen, Hof- oder Laufflächen ist gegeben. Der Arbeitsablauf ist bei einem weiteren Betonierversuch optimiert worden. Die Verarbeitung einer Betoncharge von maximal 9 m³ hat sich als vorteilhaft herausgestellt, um einen kontinuierlichen Glättvorgang zu gewährleisten. Bei gleichbleibendem Vorschub werden Arbeitsgeschwindigkeiten von etwa 0,3 bis 0,5 m/min erreicht. Für das Gerät ist ein Antrag auf Patenterteilung gestellt.



Literatur

- [1] *Bayer, E., T. Deichsel, R. Kampen, N. Klose und H. Moritz: Betonbauwerke in Abwasseranlagen. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Köln; Beton-Verlag, Düsseldorf, 1984*
- [2] *Bayer, E. und R. Kampen: Beton-Praxis: ein Leitfaden für die Baustelle. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Köln; 7. Auflage, Beton-Verlag, Düsseldorf, 1997*
- [3] *Blöcker, J.: Angefressene Flachsilos fit machen. dlz agrar magazin (1998), H. 5, S. 98 – 103*
- [4] *Brandt, J., G. Lohmeyer und H. Wolf: Keller richtig gebaut: Planen, Konstruieren, Ausschreiben. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Köln. Beton-Verlag, Düsseldorf, 1984*
- [5] *Klose, N.: Gärfutterflachsilos aus Beton. Sonderdruck aus Bauen für die Landwirtschaft, Hamburg, 1993, H. 2, 30 S.*
- [6] *Havenith, D.: Entwicklung eines einfachen Geräts zur Instandsetzung von Gärfutter-Flachsiloanlagen in Eigenleistung. Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, 1999*