

Eine 11jährige Untersuchung von Daubensilos aus Beton^{*)}

Um Erfahrungswerte für eine Norm zu sammeln, wurden in Verbindung mit dem Committee 714 des Amer. Concrete Institute, der Portland Cement Assoc. und der Nat. Silo Assoc. im Jahre 1944 auf der Ohio Agricultural Experiment Station bei Wooster 4 Rundsilos für Futtereinlagerung aus Betondauben (Platten) errichtet. Die Dauben, mit feinkörnigem Mörtel zusammengesetzt, wurden von Spannringen zusammengehalten, siehe Bild 1. Jeder Silo setzte sich aus 24 senkrechten Streifen je gleicher Art mit je 13 Dauben (6,3 cm dick, 76 cm hoch und 25 oder 32 cm breit) zusammen. Untersucht wurden u. a. der Einfluß des Zementgehalts (500, 350 und 270 kg Portlandzement je m³ Beton), der Gesteinsgüte des Zuschlags, der Konsistenz (steif, mit Maschinen gestampft und knapp weich, auf Rütteltisch verdichtet) sowie der Einfluß eines aufgebürsteten, dickflüssigen Zement-Schlämmanstrichs.¹⁾

Nach 11jährigem Füllbetrieb mußten die Silos entfernt werden, obwohl ihr Zustand noch gut war. Die Silodauben sind dann u. a. auf Biegezugfestigkeit und Wasseraufnahme (Gew.-%) geprüft worden. Zum Vergleich dienten die Prüfergebnisse von gesondert gelagerten, 2jährigen Dauben.

Die in graphischen Darstellungen aufgeführten Prüfergebnisse ergaben zusammengefaßt für die Dauben aus Beton mit gesundem Zuschlagstoff, die 2 Jahre gesondert lagerten (Ver-

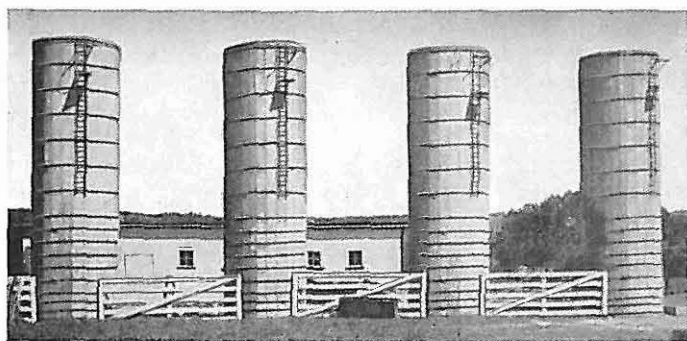


Bild 1 Futtersilos aus Betondauben (Betonplatten)

*) ACI-Committee 714: 11-year study of concrete stave silo durability. Proc. Amer. Concr. Inst. 57 (1960/61) No. 7, S. 797/812.

¹⁾ Über den Wasserzementwert der 24 verschiedenen Betone und das Alter der Dauben bei der ersten Füllung der Silos sind im Bericht keine Angaben enthalten.

gleichsdauben) und die 11 Jahre der Einwirkung des Siloinhalts ausgesetzt waren (Silodauben), folgendes:

Biegezugfestigkeit (ACI Stand. 714-46)

Zementgehalt	500	350	270	kg/m ³
Steifer Beton				
Vergleichsdauben	73	54	53	kg/cm ²
Silodauben	74	66	59	kg/cm ²
Knapp weicher, gerüttelter Beton				
Vergleichsdauben	87	67	57	kg/cm ²
Silodauben	83	70	46	kg/cm ²

Die Biegezugfestigkeit der Silodauben war also nur beim knapp weich angemachten Beton in zwei Fällen kleiner ausgefallen als bei den 2jährigen Vergleichsdauben, hervortretend jedoch nur beim Beton mit 270 kg Zement je m³.

Wasseraufnahme (ACI Stand. 714-46)

Zementgehalt	500	350	270	kg/m ³
Steifer Beton				
Vergleichsdauben	4,0	4,8	3,6	%
Silodauben	2,8	3,6	2,5	%
Knapp weicher, gerüttelter Beton				
Vergleichsdauben	3,6	5,1	5,2	%
Silodauben	2,8	2,7	3,7	%

Die Wasseraufnahme (Gew.-%) der im Silo eingebaut gewesenen Dauben wurde demnach durchweg kleiner erhalten als die der Vergleichsdauben.

Zustand der Oberfläche nach Augenschein. Eine Gruppe von Beobachtern untersuchte die Beschaffenheit der Innenfläche der im unteren Teil der Silos gelegenen Dauben nach Augenschein und beurteilte sie nach 5 Graden der Veränderung:

Grad	Zustand der Oberfläche
0	unverändert
1	schwach angeätzt
2	1,5 bis 3 mm tief angeätzt
3	3 bis 6 mm tief angeätzt
4	kräftig, bis 12 mm tief angeätzt

Die Dauben wiesen nach 11jähriger Benutzung der Silos folgenden Zustand auf:

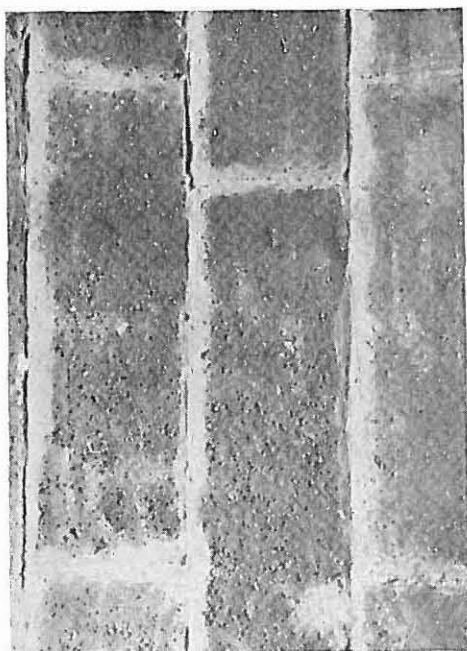


Bild 3 Betondauben aus steifem Beton aus dem unteren Teil eines Silos mit unterschiedlichem Veränderungsgrad



Bild 2 Betondauben aus knapp weichem Beton aus dem unteren Teil eines Silos mit unterschiedlichem Veränderungsgrad

Grad des Anätzens der Oberfläche

Zementgehalt	500	350	270
Steifer Beton	1,6	1,4	1,7
Knapp weicher Beton	1,3	1,7	2,6

Mit Ausnahme der Dauben aus knapp weichem Beton mit 270 kg Zement je m³ lag der Veränderungsgrad zwischen 1 und 2; sie waren also nur schwach bzw. weniger als 1,5 mm tief angeätzt. Die Bilder 2 und 3 zeigen Dauben mit unterschiedlichem Veränderungsgrad.

Der Zement-Schlämmanstrich, auf feuchten Dauben während regnerischen Wetters aufgetragen, führte zu einem noch günstigeren Verhalten. Auf den mit dem Anstrich versehenen Dauben aus steifem Beton entstand im Mittel nur der Veränderungsgrad 0,8 (höchstens schwach angeätzt), auf den glatteren Daubenflächen aus knapp weichem Beton der Veränderungsgrad 1,3 (schwach bis höchstens 1,5 mm tief angeätzt).

Im ganzen gesehen wurden die Dauben (Betonplatten) von dem Siloinhalt während 11 Jahren so wenig angegriffen, daß keine praktisch störende Veränderung an den Silos eintrat und sie voll gebrauchsfähig blieben. (Die Art des eingelagerten Futters ist im Bericht nicht angegeben.)

Das Abätzen des Feinmörtels an der Innenfläche reichte für Beton aus gutem Zuschlag und Beton mit mindestens 350 kg Zement je m³ nicht einmal 1,5 mm tief.

Ungünstiger verhielten sich die hier nicht aufgeführten Dauben mit ungünstigem Zuschlag, der Schiefer, Flint und andere, die Beständigkeit des Betons mindernde Stoffe enthielt. Die durch Abätzen entstandene Veränderung erreichte nahezu Grad 3 (rd. 3 mm), die Biegezugfestigkeit ging z. T. auf 24 kg/cm² zurück, und die Wasseraufnahme stieg z. T. auf rd. 6,0 % an.

Folgerungen

Im Bericht wird nach den Ergebnissen dieser Versuche empfohlen, die in ACI-Stand. 714-46²⁾ verlangte Mindestbiegefestigkeit von 48 auf 52 kg/cm² anzuheben und die höchstzulässige Wasseraufnahme in 24 h von 6 auf 5 Gew.-% herabzusetzen. Es sind dann Silos zu erwarten, deren Innenwände durch das Füllgut auf viele Jahre hinaus keinen nennenswerten Veränderungen unterliegen.

Darüber hinaus kann man aus dem Verhalten der Schlämmanstriche auf den großen Einfluß der Nachbehandlung schließen. Ein hier nicht näher beschriebener Schlämmanstrich wurde bei trockenem Wetter aufgetragen und nicht feucht nachbehandelt; er verhielt sich ungünstiger als der in feuchter Atmosphäre erhärtete. Es ergibt sich daraus, daß eine möglichst lange, feuchte Nachbehandlung vor der Füllung eine wesentliche Voraussetzung für eine hohe Widerstandsfähigkeit des Betons in Futtersilos ist.

K. Walz

²⁾ ACI-Standard 714-46: Recommended practice for the construction of concrete farm silos (Norm 714-46 des American Concrete Institute: Empfehlung für die Konstruktion von landwirtschaftlichen Silos aus Beton). Proc. Amer. Concr. Inst. 43 (1946/47) S. 149/164.