

Maria Göpel, Matthias Rudolph, Ute Hornig

T 3391

**Dauerhaftigkeit von
Stahlbetonkonstruktionen zur Lagerung
von Gärsubstraten und Gärresten
aus der Landwirtschaft**

Zusammenführung und Validierung von Ergebnissen
aus den Forschungsvorhaben

P 52-3-19.75-1450/14 und P 52-5-19.75.1-2007/17 -
Geschäftszeichen P 52-5-19.75.2-2040/19

T 3391

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2021

ISBN 978-3-7388-0682-3

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de



MFPA Leipzig GmbH

Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für
Baustoffe, Bauprodukte und Bausysteme

Geschäftsbereich V - Tiefbau

Dr.-Ing. Ute Hornig

Arbeitsgruppe 5.1 - Bauwerksabdichtung

Abschlussbericht

Forschungsvorhaben Nr. FB 5.1/18-614-1

vom 15. Dezember 2020

1. Ausfertigung

Gegenstand

Dauerhaftigkeit von Stahlbetonkonstruktionen zur Lagerung von
Gärs substraten und Gärresten aus der Landwirtschaft -

Zusammenführung und Validierung von Ergebnissen aus den For-
schungsvorhaben P52-3-19.75-1450/14 und
P52-5-19.75.1-2007/17

Gesch.-zeichen P 52-5-19.75.2 – 2040/19

Auftraggeber

DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Förderungszeitraum

01 / 2019 – 12 / 2020

Wiss. Bearbeiter:

Maria Göpel, M.sc
Dipl.-Ing. Matthias Rudolph
Dr.-Ing. Ute Hornig

Dieses Dokument besteht aus 82 Seiten und drei Anlagen.

Dieses Dokument darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalun-
terschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der
MFPA Leipzig GmbH.



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11021-01-00

Durch die DAKKS GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt
für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren (in
diesem Dokument mit * gekennzeichnet). Die Ur-
kunde kann unter www.mfpa-leipzig.de eingesehen
werden.

Nach Landesbauordnung (SAC 02) anerkannte und
nach Bauproduktenverordnung (NB 0800) notifizierte
PÜZ-Stelle.

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bau-
wesen Leipzig mbH (MFPA Leipzig GmbH)

Sitz: Hans-Weigel-Str. 2b – 04319 Leipzig/Germany
Geschäftsführer: Dr.-Ing. habil. Jörg Schmidt
Handelsregister: Amtsgericht Leipzig HRB 17719
USt-Id Nr.: DE 813200649
Tel.: +49 (0) 341 - 6582-105
Fax: +49 (0) 341 - 6582-199

Dauerhaftigkeit von Stahlbetonkonstruktionen zur Lagerung von Gärsubstraten und Gärresten aus der Landwirtschaft - Zusammenführung und Validierung von Ergebnissen aus den Forschungsvorhaben P 52-3-19.75-1450/14 und P 52-5-19.75.1-2007/17, Geschäftszeichen P 52-5-19.75.2 – 2040/19

Kurzfassung

Stahlbetonkonstruktionen im Kontakt mit Gärsubstraten und Gärresten landwirtschaftlicher Herkunft werden in der Regel auf Basis der DIN 11622-2:2015¹ bemessen und errichtet. Die Konstruktionen müssen so beschaffen sein, dass die gemäß AwSV² als allgemein wassergefährdend eingestuft Flüssigkeiten nicht austreten können. Das erfordert eine flüssigkeitsundurchlässige Konstruktion, die gegen die zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Einflüsse ausreichend widerstandsfähig sein muss.

Das Forschungsvorhaben fasst die in mehreren Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnisse zum Durchflussverhalten von Trennrissen in Stahlbetonbehältern mit ausgewählten Flüssigkeiten (Gülle, Gärsubstrate, Gärreste, Silagesickersaft) zusammen und bewertet sie. Unabhängig von der sehr großen Varianz möglicher realer Flüssigkeiten und ihrer das Durchflussverhalten beeinflussenden Eigenschaften hat sich gezeigt, dass die an Lagerbehältern bei Umsetzung der Begrenzung der rechnerischen Rissbreite auf 0,2 mm auftretenden Trennrisse nicht zu einem dauerhaften Austreten von wassergefährdenden Flüssigkeiten führen. Das gilt unabhängig von der Flüssigkeitsdruckhöhe für alle mit Feststoff angereicherten Lagerflüssigkeiten. Temporäre oder permanente Durchfeuchtungen mit Aussinterungen sind allerdings nicht auszuschließen und betreffen in der Realität auch Trennrisse in vertikal orientierten Bauteilen (Wandbereiche). Die bei stichprobenartig begutachteten Behältern in landwirtschaftlichen Anlagen festgestellten Durchfeuchtungen und Sinterspuren traten auch bei optisch gemessenen Rissbreiten auf, die kleiner als 0,2 mm waren. Sie stellen im Sinne des Gewässerschutzes keine Gefährdung dar, haben allerdings Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit der Bauwerke.

Die Dauerhaftigkeit von landwirtschaftlich genutzten Stahlbetonkonstruktionen bestimmt sich im Wesentlichen über den Widerstand des Betons gegen die Einwirkung von Flüssigkeiten, die den Beton chemisch angreifen oder korrosionsfördernd auf den Bewehrungsstahl wirken. Neben der Zusammenstellung und Bewertung von Untersuchungsergebnissen aus früheren Forschungsvorhaben wurden Tastversuche durchgeführt, bei denen ausgewählte Referenzmedien über eine Dauer von 180 Tagen auf einen die Bewehrung kreuzenden Riss einwirkten. Einige der festgestellten Effekte bedürfen einer längerfristigen Betrachtung. Die Untersuchungen belegen, dass zum Abschluss der Beaufschlagung gerade das Ende der Einleitungsphase und die Depassivierung des Bewehrungsstahls erreicht waren. Die anschließend zu erwartenden Schäden konnten im Beobachtungszeitraum noch nicht nachgewiesen werden. Daraus ist jedoch nicht zu schließen, dass längerfristig keine Schäden auftreten.

Neben der Beanspruchung durch organische Säuren wird auch die Einwirkung von betonschädigenden Salzen, die in der Regel in landwirtschaftlichen Flüssigkeiten enthalten sind und ihr Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Stahlbetonkonstruktionen diskutiert.

¹ DIN 11622-2:2015-09; Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrtilos – Teil 2: Gärfuttersilos, Güllebehälter und Behälter in Biogasanlagen aus Beton

² AwSV Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 18. April 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	4
2	Stahlbetonkonstruktionen in der Landwirtschaft	5
2.1	Aktuelle wasserrechtliche Rahmenbedingungen	5
2.2	Dauerhaftigkeit von landwirtschaftlichen Stahlbetonkonstruktionen	7
2.2.1	Allgemeines	7
2.2.2	Betonkorrosion durch chemischen Angriff	9
2.2.2.1	Allgemeines	9
2.2.2.2	Angriff durch organische Säuren	11
2.2.2.3	Angriff durch weitere wässrige Lösungen	13
2.2.3	Korrosion von Bewehrungsstahl	14
2.2.4	Einfluss der Rissgeometrie auf Dauerhaftigkeit und Durchlässigkeit	18
3	Abgeschlossene Forschungsvorhaben	24
3.1	Durchflussverhalten von Trennrissen	24
3.1.1	Versuchsmethodik	24
3.1.2	Ergebnisse	28
3.2	Beeinflussung der Dauerhaftigkeit durch Lagerflüssigkeiten	32
3.2.1	Versuchsmethodik	32
3.2.2	Ergebnisse experimenteller Untersuchungen	33
4	Datenerfassung an realen Lageranlagen	36
4.1	Zusammenstellung vorliegender Analysedaten	36
4.2	Feststellungen an Lagerbehältern aus Stahlbeton	41
5	Experimentelle Untersuchungen	43
5.1	Vorversuche	43
5.1.1	Zielstellung	43
5.1.2	Versuchskörper	43
5.1.3	Erzeugung Biegeriss und Einstellung Rissbreite	44
5.1.4	Potenzialfeldmessung	47
5.2	Versuchsplanung	53
5.2.1	Konzeption	53
5.2.2	Versuchskörper und -aufbau	54
5.2.3	Versuchsdurchführung	55
5.2.4	Prüfflüssigkeiten	56

5.2.5	Versuchsprogramm	59
6	Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen	61
6.1	pH Wert Entwicklung Prüfmedien	61
6.2	Betonkorrosion durch chemischen Angriff	62
6.3	Potentialfeldmessungen	67
7	Diskussion der Ergebnisse	69
7.1	Selbstdichtungsverhalten von Trennrissen	69
7.2	Einflüsse auf die Dauerhaftigkeit von Stahlbeton	71
8	Zusammenfassung	74
9	Quellenverzeichnis	78
10	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	81

Anhang

Anlage 1	Erhebungsbögen zu ausgewählten landwirtschaftlichen Anlagen in Sachsen
Anlage 2	Ergebnisdokumentation experimentelle Untersuchungen
Anlage 3	Grafische Darstellung der Ergebnisse der Potentialfeldmessungen