

VersuchsStollen Hagerbach AG
Polistrasse 1
8893 Flums Hochwiese
Schweiz

Tel. +41 81 734 14 14
Fax +41 81 734 14 05
agruskovnjak@hagerbach.ch
www.hagerbach.ch
CHE-116.289.290 MWST



Cellpack Power Systems AG
Bernd Heyder
Schützenhausstrasse 2
5612 Villmergen

50I30001.0007.120

Öldurchlässigkeit

Projektnummer 50 L 10320

Berichtnummer 201713161

Flums Hochwiese, 09. Juni 2017

Inhalt	Seite
1. Ausgangslage	3
2. Normative Grundlagen	3
3. Prüfkörper	3
4. Prüfverfahren	4
5. Prüfung	6
5.1. Dokumentation	6
5.2. Eindringtiefe	7
6. Beurteilung	8
6.1. Theoretische Eindringtiefe des Öls in FD-Beton	8
6.2. Praktische Eindringtiefe des Öls in FDE-Beton	9
7. Interpretation	9
8. Anmerkungen	10

1. Ausgangslage

Der VersuchsStollen Hagerbach AG wurde von Cellpack Power Systems AG damit beauftragt, ein von Stüssi AG fabriziertes Element (Ölauffangbehälter), auf Öldurchlässigkeit hin zu überprüfen.

Als Vorlage wurde der Versuchsablauf genommen, wie er 2014 aufgrund derselben Fragestellung an einem Ölauffangbecken durchgeführt wurde (siehe Bericht 201413980 vom 29.07.2014).

2. Normative Grundlagen

Aufgrund von fehlenden normativen Grundlagen in der Schweiz, kam die deutsche Richtlinie (DAfStb-Richtlinie) „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (BUMwS) zur Anwendung.

Ein Nachweis für die Dichtkonstruktionen (Fugen) ist jedoch auch in dieser Richtlinie nicht vorhanden. Der Nachweis für Fugen wird über die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung geregelt (BUMwS Teil 1 Kapitel 5.1.7).

Der Beton wiederum wird über diverse Laborprüfungen und Eindringversuche und dem Vergleich zu einem Referenzbeton nachgewiesen (BUMwS Teil 2 und Teil 3).

3. Prüfkörper

Das zu prüfende Element (siehe Fig. 1 und 2) ist ein Ölauffangbehälter mit den Massen L x B x H von 1000 x 1000 x 1000 mm. Die Wandstärke beträgt 150 mm und die Dicke der Bodenplatte 120 mm. Nähere Angaben zum verwendeten Beton liegen keine vor.



Fig. 1: Betonelement – seitliche Ansicht



Fig. 2: Betonelement - Ansicht von oben

4. Prüfverfahren

Zusammen mit der Cellpack Power Systems AG und der Stüssi Betonvorfabrikations AG wurde folgender Prüfablauf festgelegt:

1. Der Boden des Elementes wird zur Vereinfachung der Prüfung in verschiedene Prüfbereiche eingeteilt (siehe Fig. 3). Für die Aufteilung wird ein Mörtel (Polyfix) eingesetzt. Dieser wurde für die Felder P1 und P2 zusätzlich mit einem Epoxidharz (Epoflex) abgedichtet.
2. Zur Identifizierung eines eventuellen Einflusses der Betonfeuchtigkeit wird Prüffeld P1 vor der Prüfung mit der Heissluftpistole getrocknet. Prüffeld P2 wird nicht gesondert behandelt (luftgetrocknet).



Fig. 3: Einteilung in die verschiedenen Prüfbereiche

3. Das gelieferte Transformatoren-Öl Nytro Taurus (siehe Anhang 1) wird zur besseren Sichtbarkeit mit Farbstoff (Eosin Y) eingefärbt und bis zu einer Füllhöhe von ca. 20 mm in die beiden Prüffelder eingefüllt (siehe Fig. 4).

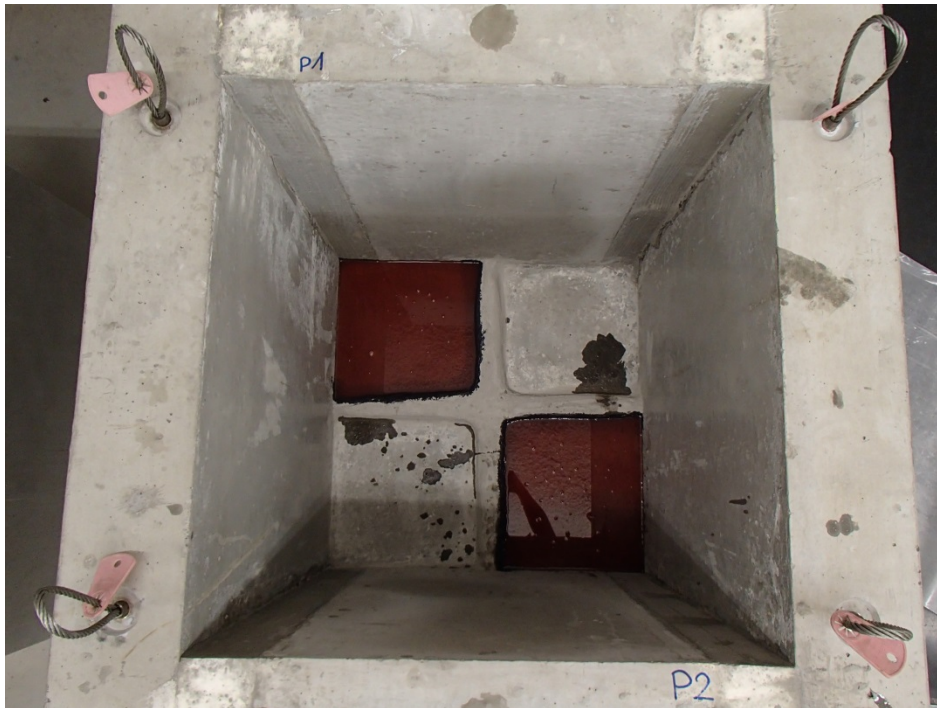


Fig. 4: Einfüllen des eingefärbten Transformator Öls in die Prüffelder P1 und P2

4. Zu definierten Zeiten (0h, 3h, 6h, 24h, 48h und 72h) wird das Element begutachtet und Veränderungen (wie z.B. der Füllstand) sowie eventuelle Besonderheiten vermerkt und fotografiert.
5. Nach 72 Stunden (Zeitdauer für mittlere Beanspruchung bei einmaliger Beaufschlagung – siehe Anhang 2) wird das Öl entfernt und aus jedem der beiden Prüffelder 3 Bohrkern (\varnothing 100 mm, H 120 mm) entnommen. An diesen Bohrkernen wird anschliessend die Eindringtiefe des Öls bestimmt.

5. Prüfung

Der Versuch wurde am 31.05.2017 um 10:15 gestartet.

5.1. Dokumentation

Tab. 1: Ölstand in Prüffelder P1 und P2 nach den definierten Messzeiten

Zeit	Höhe Ölstand		Bemerkungen
	P1	P2	
0	22 mm	23 mm	Ab 3h: Leichte kapillare Wirkung an den Fugen bei P1 und P2 (siehe Fig. 5).
3h	22 mm	21 mm	
6h	21 mm	20 mm	Ab 3h: Prüffeld P2 undicht an der Abgrenzung zum anliegenden Prüffeld.
24h	21 mm	16 mm	
48h	21 mm	12 mm	Nach 72h konnte kein Öldurchtritt an den Fugen beobachtet werden.
72h	21 mm	7 mm	



Fig. 5: Kapillare Wirkung des Öls nach 72h

5.2. Eindringtiefe

Nach 72 Stunden wurde das Öl entfernt und je 3 Bohrkern mit einem Durchmesser von 100 mm pro Feld entnommen. Die Bohrkern wurden anschliessend gebrochen und die Eindringtiefe des Öls bestimmt (siehe Fig. 6 und 7). Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 2 ersichtlich.

Tab. 2: Eindringtiefen des Öls (gemessen an den genommenen Bohrkernen)

Prüffeld	P1	P2
mittlere Eindringtiefe [mm]	0.3	0.8
maximale Eindringtiefe [mm]	0.5	1.0

Die nachfolgenden Bilder zeigen die jeweiligen Eindringtiefen (leicht rötliche Verfärbung an der Oberfläche). Dabei ist ersichtlich, dass das Öl nur sehr gering in den Beton der beiden Prüffelder eindringen konnte.

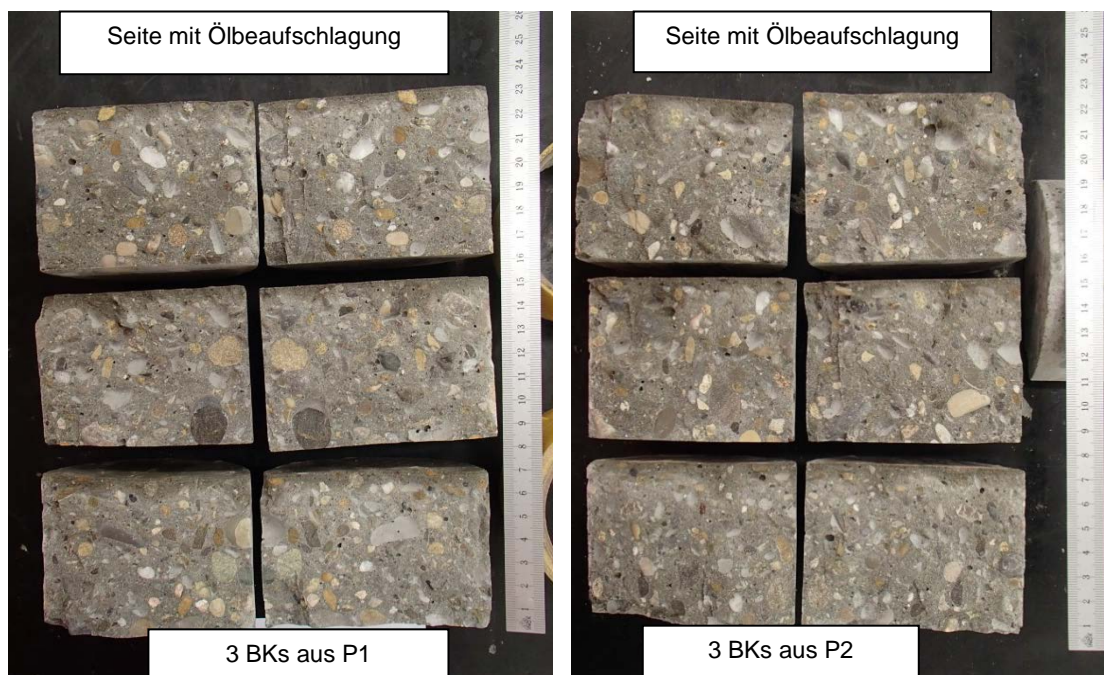


Fig. 6: Übersicht der entnommenen Bohrkernen



Fig. 7: Detailansicht Bohrkern aus P1 und P2

6. Beurteilung

Gemäss der DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ Teil 2 Abschnitt 3 darf die mittlere Eindringtiefe von FDE-Beton (Flüssigkeitsdichter Beton nach Eindringprüfung) nicht höher sein als die eines FD-Betons (Flüssigkeitsdichter Beton gemäss Abschnitt 3.1).

6.1. Theoretische Eindringtiefe des Öls in FD-Beton

Die mittlere Eindringtiefe nach 72 Stunden e_{72m} des FD-Betons kann gemäss der Richtlinie Teil 2, Abschnitt 4.2.2 und in Abhängigkeit des zu verwendenden Stoffes rechnerisch ermittelt werden (siehe Fig. 8).

Die Eigenschaften der eingesetzten Flüssigkeit werden durch die Oberflächenspannung σ (mN/m) und der dynamischen Viskosität η (Ns/m²) beschrieben.

Bei Berechnung der mittleren Eindringtiefe mithilfe der bekannten Eigenschaften des Transformatoröls mit $\sigma = 40$ mN/m (siehe Anhang 1) und Annahme der dynamischen Viskosität η zu 75 Ns/m² ergibt sich folgende theoretische Eindringtiefe e_{72m} :

$$e_{72m} = 10 + 3.33 * \sqrt{\frac{40}{75}} = 12.4 \text{ mm}$$

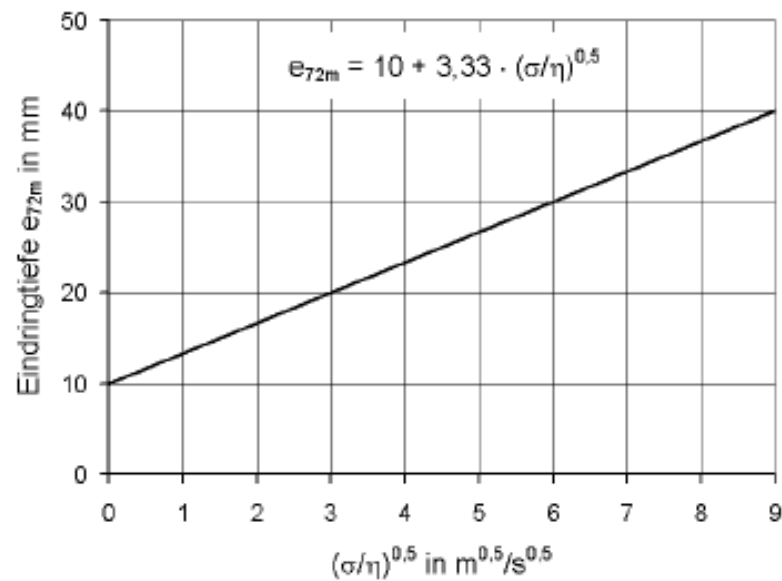


Fig. 8: Ermittlung der Eindringtiefe e_{72m} für FD-Beton in Abhängigkeit von σ und η (BUMWS)

6.2. Praktische Eindringtiefe des Öls in FDE-Beton

Die Prüfung der Eindringtiefe am Element hat eine mittlere Eindringtiefe von max. 0.6 mm (maximale Eindringtiefe 1.0 mm) ergeben (siehe Tabelle 3).

7. Interpretation

Die Prüfung hat gezeigt, dass der FDE-Beton keine grösseren Eindringtiefen aufweist als FD-Beton. Auch an den Fugen des Bauteils konnte kein Öldurchtritt festgestellt werden. Gemäss der Richtlinie ist dieser Beton somit allgemein verwendbar und gleichwertig zu FD-Beton.

8. Anmerkungen

Der Versuchsablauf wurde angepasst und entspricht nicht vollständig den normativen Anforderungen der DAfStb-Richtlinie.

Der Versuch hat gezeigt, dass die kapillare Saugwirkung an den Fugen verstärkt ist (siehe Fig. 6) doch ein Öldurchtritt bis zur Aussenseite des Bauteils war nicht erkennbar, womit die Funktionalität, zumindest über den betrachteten Zeitraum der Prüfung gegeben sein dürfte. Eine allgemeine normative Bewertung von Fugenkonstruktionen ist dem Berichtverfasser nicht bekannt. Somit kann für den vorliegenden Fall keine abschliessende Bewertung der Fuge durchgeführt werden.

VersuchsStollen Hagerbach AG

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Gruskovnjak'.

i.A. Astrid Gruskovnjak
Stv. Leiterin Baustoff-Prüflabore

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Niederhauser'.

i.V. Reto Niederhauser
Leiter Baustoff-Prüflabore

Anhang 1: Datenblatt Transformatoren-Öl

EINGESCHAFTEN	EINHEIT	TESTMETHODE	GRENZWERTE		TYPISCHE KENNWERTE
			MIN	MAX	
1 - Eigenschaften					
Viskosität, 40°C	mm ² /s	ISO 3104	12.0		10.0
Viskosität, -30°C	mm ² /s	ISO 3104		1800	1000
Pour Point	°C	ISO 3016		-40	-48
Wassergehalt	mg/kg	IEC 60814		30	<20
Durchschlagsspannung					
- vor Behandlung	kV	IEC 60156	30		40-60
- nach Behandlung	kV		70		>70
Dichte, 20°C	kg/dm ³	ISO 12185		0.895	0.870
DDF bei 90°C		IEC 60247		0.005	<0.001
2 - Raffination/Stabilität					
Reinheit		IEC 60296	Klar, frei von Feststoffen		entspricht
Neutralisationszahl	mg KOH/g	IEC 62021		0.01	<0.01
Grenzflächenspannung	mN/m	EN 14210	40		45

Anhang 2:

Beanspruchungsstufen für einmalige Beaufschlagung (siehe Tabelle 1-2, BUmwS)

S Z	1	2
	Beanspruchungsstufe nach Arbeitsblatt DWA-A 786	maximale Beaufschla- gungsdauer
1	gering	8 h
2	mittel	72 h
3	hoch	2200 h