



MFWA Leipzig GmbH

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

Geschäftsbereich V - Tiefbau
Dr.-Ing. Ute Hornig

Arbeitsgruppe 5.1 - Bauwerksabdichtung

Prüfbericht Nr. PB 5.1/19-190-2

vom 20. Mai 2020

1. Ausfertigung

Gegenstand:	<i>Schalungssystem FormProtect</i> Untersuchung der Beständigkeit gegenüber Flüssigkeiten in landwirtschaftlichen Anlagen (JGS- und Biogasanlagen)
Auftraggeber:	FormProtect GmbH Heidchenstraße 16 56424 Bannberscheid
Bearbeiter:	Dipl.-Ing.(FH) Kautetzky
Probeneingang / Nr.:	04.07.2019 / 2990
Bearbeitungszeitraum:	November 2019 – Mai 2020

Dieser Prüfbericht besteht aus 8 Seiten und einer Anlage.

Dieses Dokument darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der MFWA Leipzig GmbH. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten.

Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFWA Leipzig GmbH.

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

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH (MFWA 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 - 6582-0
Fax: +49 (0) 341 - 6582-135

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Grundlagen	3
3	Gegenstand der Untersuchung	3
4	Prüfungen	4
4.1	Masse- und Volumenänderung bei Flüssigkeitslagerung	4
4.2	Zugversuche	5
5	Prüfergebnisse	5
5.1	Masse- und Volumenänderung	5
5.2	Veränderung der Aussehensmerkmale	6
5.3	Zugversuche	7

Anlagen

Anlage 1	Grafische Darstellung der Masse- und Volumenänderungen
----------	--

1 Aufgabenstellung

Die MFPA Leipzig wurde durch die *FormProtect GmbH* beauftragt, für eine Verwendung des *Schalungssystem FormProtect* in landwirtschaftlichen Anlagen zum Lagern, Abfüllen von Jauche, Gülle und Silagesickersäften (JGS – Anlagen) sowie und in Lager- und Abfüllbereichen von Biogasanlagen, in denen ausschließlich Gärsubstrate landwirtschaftlicher Herkunft vergoren werden (Bereiche zum Lagern und Abfüllen von Gärsubstraten und Gärresten) die Beständigkeit gegenüber ausgewählten Flüssigkeiten auf der Basis der Vorgaben des OIB [3] zu untersuchen. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse der 16-wöchigen Einlagerungsversuche zusammen.

2 Grundlagen

Folgende Informationen, Unterlagen und Materialien standen für die Prüfungen zur Verfügung:

- [1] *MFPA Leipzig GmbH*: Angebot zur Beständigkeit des Schalungssystems *FormProtect* zur Verwendung von JGS-LA- und Biogas-LA-Anlagen vom 03.05.2019
- [2] *FormProtect GmbH*: Auftrag vom 06.05.2019
- [3] *FormProtect GmbH*: Weiterleitung der E-Mail des OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik), Referat Konstruktiver Ingenieurbau, Dipl.-Ing. Tatjana Djokovic (Betreff: OIB-205-121/18: zusätzlich zum Prüfprogramm - Beständigkeit gegen Jauche, Gülle und Silagesickersäfte) vom 10.05.2019 am 20.05.2019 mit Bitte um Abgleich zum bisherigen Angebot/Auftrag
- [4] *MFPA Leipzig GmbH*: Präzisierung des Angebotes für Beständigkeitsprüfungen eines Schalungssystems gegenüber JGS Flüssigkeiten vom 05.06.2019 gemäß den Anforderungen des OIB mit E-Mail vom 10.05.2019
- [5] *FormProtect GmbH*, Auftrag vom 11.06.2019
- [6] vom Auftraggeber angeliefertes Material, Probeneingangsnummer: 04.07.2019 / 2990
Kennzeichnung: ohne; Chargennummer: ohne
- [7] Deutsches Institut für Bautechnik: Mitteilung des DIBt Medienlisten - Referat II 7 - Gewässerschutz - Abdichtungen gegen wassergefährdende Stoffe; Stand Juni 2018
- [8] DIN EN ISO 175:2011-03 Kunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien (ISO 175:2010); Deutsche Fassung EN ISO 175:2010
- [9] DIN EN ISO 527-2:2012-06 Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen (ISO 527-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 527-2:2012
- [10] DIN EN ISO 527-1:2019-12 Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 1: Allgemeine Grundsätze (ISO 527-1:2019); Deutsche Fassung EN ISO 527-1:2019

3 Gegenstand der Untersuchung

Das Schalungssystem *FormProtect* wird u.a. zur Herstellung von Behältern und Tanks in Biogasanlagen eingesetzt. Nach Angaben des Auftraggebers handelt es sich bei *FormProtect* um säurebeständige Kunststoffprofile auf PVC-Basis, welche als nicht tragende verlorene Schalungselemente verwendet werden. Die *FormProtect*-Kunststoffprofile werden auf der Baustelle ineinander gesteckt, wodurch eine feste und stabile Struktur entsteht, welche als Schalung für den Beton dient.



Für die Prüfung wurden vom Auftraggeber 10 Stück Panel A18 (Abmessungen 2,50 m x 0,45 m) geliefert, aus denen die erforderlichen Proben zugeschnitten werden konnten.

4 Prüfungen

4.1 Masse- und Volumenänderung bei Flüssigkeitslagerung

Für die Untersuchung der Beständigkeit gegenüber den in Anlagen zum Lagern und Abfüllen von Jauche, Gülle und Silagesickersäften sowie in Lager- und Abfüllbereichen von Biogasanlagen zu erwartenden Flüssigkeiten werden jeweils 5 Proben für die Dauer von 16 Wochen in die in Tabelle 1 aufgeführten Prüfflüssigkeiten sowie in Normalklima 23/50 eingelagert. Dabei lagern die Proben in den Prüfflüssigkeiten bei einer Temperatur von $(40 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. Vor, während und nach der Lagerung in den jeweiligen Prüfflüssigkeiten erfolgt die Bestimmung der Masse und des Volumens der Proben. Im Anschluss an die Flüssigkeitslagerung werden die Proben im Normalklima über einen Zeitraum von 14 Tagen getrocknet.

Die Zusammensetzung der Prüfflüssigkeiten entspricht der Liste 7 der Medienliste des DIBt [7]. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1 Prüfflüssigkeiten für JGS – und Biogasanlagen

Nr.	Mediengruppe gemäß [7]	Prüfflüssigkeit
1	Jauche, Gülle	Wässrige Diammoniumphosphatlösung
2	Silagesickersäfte	Gärsäure-Mischung
4.3	Gärsubstrate landwirtschaftlicher Herkunft und deren Gärreste	Fettsäuremethylester
5.B	Beanspruchung durch biogene Schwefelsäurekorrosion	10 %ige Schwefelsäure

Neben der Ermittlung der Masse- und Volumenänderung erfolgt während der Lagerung und nach der Entnahme der Proben aus den Prüfflüssigkeiten die visuelle Betrachtung hinsichtlich Veränderungen des Aussehens wie Farbe, Glanz, Risse, Blasen, Lochfraß, Auftreten eines leicht weg zu reibenden Belags, klebrige Oberfläche, Delaminierung, Verzug oder andere Verformungen und / oder teilweises Auflösen. Die qualitative Bewertung der Änderungen erfolgt entsprechend der Beurteilungsskala der Tabelle 1 in der DIN EN ISO 175 [8].



4.2 Zugversuche

Die Feststellung von Strukturveränderungen innerhalb des Materials gemäß [8] erfolgt nach Vorgabe des OIB [3] durch die Bestimmung des Zug-Dehnungsverhaltens über die Parameter Spannung bei Höchstzugkraft und die zugehörige Dehnung.

Dazu dienen Schulterstäbe, die aus den Schalungselementen gestanzt und in den o.g. Prüflüssigkeiten bei 40 °C über einen Zeitraum von 16 Wochen gelagert werden.

Die Schulterstäbe mit der Bezeichnung *Typ 1B* entsprechen dabei den Vorgaben der DIN EN ISO 527-2 [9]. Die Zugversuche erfolgten gemäß [10] mit der Universalprüfmaschine *TiraTest 2850 S* bei einer Prüfgeschwindigkeit von 50 mm/min nach eintägiger Rücktrocknung der Schulterstäbe.

5 Prüfergebnisse

5.1 Masse- und Volumenänderung

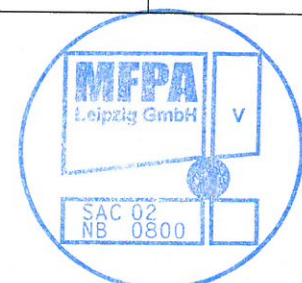
Vor, während und nach der Lagerung in den jeweiligen Prüflüssigkeiten werden Volumen und Masse der Proben ermittelt. Im Anschluss an die Lagerung in den in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführten Prüflüssigkeiten lagern die Proben zusätzlich zur Bestimmung der Masse nach Rücktrocknung für die Dauer von 14 Tagen bei (23 ± 2) °C und (50 ± 10) % rH.

Die während der insgesamt 16-wöchigen Lagerung bei 40 °C in den Prüflüssigkeiten ermittelten Masse- und Volumenänderungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Dabei handelt es sich jeweils um den aus 5 Einzelwerten berechneten Mittelwert, gerundet auf eine Nachkommastelle. Die mit 0 in der Tabelle aufgeführten Werte beschreiben Masseänderungen zwischen 0,01 und 0,04 %.

In den als Anlage 1 beigefügten Diagrammen sind die Änderungen grafisch dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Masse- und Volumenänderungen nicht signifikant sind sondern bis auf wenige Ausnahmen innerhalb der Messgenauigkeit schwanken.

Tabelle 2 Masse- und Volumenänderung

Lagermedium	nach 1-wöchiger Lagerung bei 40°C		nach 2-wöchiger Lagerung bei 40°C		nach 4-wöchiger Lagerung bei 40°C	
	ΔM [%]	ΔV [%]	ΔM [%]	ΔV [%]	ΔM [%]	ΔV [%]
1 (JG)	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
2 (S)	0	0	0	0	-0,1	0,2
4.3 (FAME)	0	0,3	0	0,3	0,1	0,2
5.B (H ₂ SO ₄)	0	0,1	0	0,1	0	-0,1
NK 23/50	0	0,1	0	0,1	0	0,1



Fortsetzung 1 Tabelle 2

Lager- medium	nach 6-wöchiger Lagerung bei 40°C		nach 8-wöchiger Lagerung bei 40°C		nach 10-wöchiger Lagerung bei 40°C	
	ΔM [%]	ΔV [%]	ΔM [%]	ΔV [%]	ΔM [%]	ΔV [%]
1 (JG)	0,2	0,5	0,2	0,4	0,2	0,4
2 (S)	-0,1	0,8	-0,2	0,5	-0,3	0,9
4.3 (FAME)	0,1	0,4	0,1	0,4	0,2	0,3
5.B (H ₂ SO ₄)	0	0,3	0	0	0	0
NK 23/50	0	0,4	0	0,2	0	0,3

Fortsetzung 2 Tabelle 2

Lager- medium	nach 12-wöchiger Lagerung bei 40°C		nach 14-wöchiger Lagerung bei 40°C		nach 16-wöchiger Lagerung bei 40°C	
	ΔM [%]	ΔV [%]	ΔM [%]	ΔV [%]	ΔM [%]	ΔV [%]
1 (JG)	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1
2 (S)	-0,3	0,4	-0,4	0,4	-0,7	0,6
4.3 (FAME)	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,7
5.B (H ₂ SO ₄)	0	0,1	0	0,1	0	-0,2
NK 23/50	0	0,1	0	0	0	-0,1

Fortsetzung 3 Tabelle 2

Lager- medium	nach 2-tägiger Rücktrocknung bei 23°C	nach 7-tägiger Rücktrocknung bei 23°C	nach 14-tägiger Rücktrocknung bei 23°C
	ΔM [%]	ΔM [%]	ΔM [%]
1 (JG)	0,1	0	-0,1
2 (S)	-1,2	-1,3	-1,3
4.3 (FAME)	0,3	0,3	0,4
5.B (H ₂ SO ₄)	-0,1	-0,1	-0,1
NK 23/50	0	0	0

5.2 Veränderung der Aussehensmerkmale

Die Feststellung der Veränderung anderer Aussehensmerkmale als der Farbe erfolgt ausschließlich visuell entsprechend den Beurteilungskriterien nach Tabelle 1 der DIN EN ISO 175 [8]. Die Abstufung erfolgt dabei wie folgt:

- A: keine Änderungen
- B: kaum wahrnehmbare Änderungen



- C: geringe Änderungen
D: mittlere Änderungen
E: starke Änderungen

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der visuellen Beurteilung nach der Rücktrocknung der in den unterschiedlichen Medien gelagerten Proben zusammengefasst.

Tabelle 3 Veränderung der Aussehensmerkmale

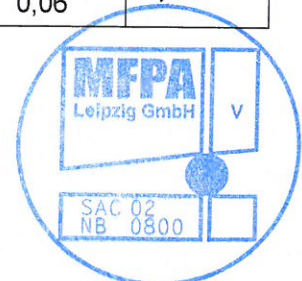
Lagermedium	1 (JG)	2 (S)	4.3 (FAME)	5.B (H ₂ SO ₄)	NK 23/50
Eigenschaft	visuelle / qualitative Beurteilung der Änderungen				
Rissbildung	A	A	A	A	A
Blasenbildung	A	A	A	A	A
Lochfraß	A	A	A	A	A
Auftreten eines leicht wegzureibenden Belags	A	A	A	A	A
klebrige Oberfläche	A	A	A	A	A
Delaminierung, Verzug oder andere Verformungen	A	A	A	A	A
teilweises Auflösen	A	A	A	A	A

5.3 Zugversuche

Die nachfolgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Zugprüfung zusammen.

Tabelle 4 Zug- Dehnungsverhalten

Lagermedium	Spannung bei Höchstzugkraft [MPa]		Dehnung bei Höchstzugkraft [%]		
	Normal- klima 23/50 (Referenz)	$\sigma_{R,1} = 36,75$ $\sigma_{R,2} = 37,36$ $\sigma_{R,3} = 36,65$ $\sigma_{R,4} = 36,49$ $\sigma_{R,5} = 36,45$	$\sigma_{R,6} = 36,91$ $\sigma_{R,7} = 36,06$ $\sigma_{R,8} = 35,51$ $\sigma_{R,9} = 36,05$ $\sigma_{R,10} = 36,75$	$\epsilon_{R,1} = 3,27$ $\epsilon_{R,2} = 3,17$ $\epsilon_{R,3} = 3,06$ $\epsilon_{R,4} = 3,04$ $\epsilon_{R,5} = 3,21$	$\epsilon_{R,6} = 3,18$ $\epsilon_{R,7} = 3,22$ $\epsilon_{R,8} = 3,09$ $\epsilon_{R,9} = 3,35$ $\epsilon_{R,10} = 3,24$
$\sigma_{R,MW}$ St.-abw. =		36,50 0,52	= 100 %	$\epsilon_{R,MW}$ St.-abw. =	3,18 0,10
					= 100 %
Prüf- flüssigkeit 1 (JG)	$\sigma_{JG,1} = 37,05$ $\sigma_{JG,2} = 36,41$ $\sigma_{JG,3} = 35,92$ $\sigma_{JG,4} = 36,99$ $\sigma_{JG,5} = 37,32$	$\sigma_{JG,6} = 36,45$ $\sigma_{JG,7} = 37,70$ $\sigma_{JG,8} = 37,60$ $\sigma_{JG,9} = 37,66$ $\sigma_{JG,10} = 36,95$	$\epsilon_{JG,1} = 3,07$ $\epsilon_{JG,2} = 3,06$ $\epsilon_{JG,3} = 3,00$ $\epsilon_{JG,4} = 2,98$ $\epsilon_{JG,5} = 3,11$	$\epsilon_{JG,6} = 3,05$ $\epsilon_{JG,7} = 3,16$ $\epsilon_{JG,8} = 3,09$ $\epsilon_{JG,9} = 3,09$ $\epsilon_{JG,10} = 2,98$	
	$\sigma_{JG,MW}$ St.-abw. =	37,01 0,60	+1,4 %	$\epsilon_{JG,MW}$ St.-abw. =	3,06 0,06
					-3,8 %

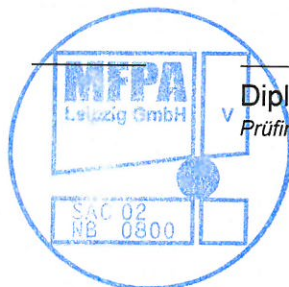


Lagermedium	Spannung bei Höchstzugkraft [MPa]			Dehnung bei Höchstzugkraft [%]		
Prüf- flüssigkeit 2 (S)	$\sigma_{S,1} = 35,00$	$\sigma_{S,6} = 36,98$		$\epsilon_{S,1} = 3,09$	$\epsilon_{S,6} = 3,03$	
	$\sigma_{S,2} = 36,99$	$\sigma_{S,7} = 36,52$		$\epsilon_{S,2} = 3,07$	$\epsilon_{S,7} = 3,02$	
	$\sigma_{S,3} = 37,36$	$\sigma_{S,8} = 35,20$		$\epsilon_{S,3} = 3,14$	$\epsilon_{S,8} = 3,18$	
	$\sigma_{S,4} = 38,29$	$\sigma_{S,9} = 37,35$		$\epsilon_{S,4} = 3,21$	$\epsilon_{S,9} = 3,19$	
	$\sigma_{S,5} = 38,12$	$\sigma_{S,10} = 37,00$		$\epsilon_{S,5} = 3,19$	$\epsilon_{S,10} = 3,16$	
	$\sigma_{S,MW}$ St.-abw.=	36,88 1,08	+1,0 %	$\epsilon_{S,MW}$ St.-abw.=	3,13 0,07	-1,6 %
Prüf- flüssigkeit 4.3 (FAME)	$\sigma_{F,1} = 33,04$	$\sigma_{F,6} = 34,01$		$\epsilon_{F,1} = 2,34$	$\epsilon_{F,6} = 2,54$	
	$\sigma_{F,2} = 36,57$	$\sigma_{F,7} = 35,79$		$\epsilon_{F,2} = 3,01$	$\epsilon_{F,7} = 2,81$	
	$\sigma_{F,3} = 32,86$	$\sigma_{F,8} = 33,92$		$\epsilon_{F,3} = 2,36$	$\epsilon_{F,8} = 2,37$	
	$\sigma_{F,4} = 35,72$	$\sigma_{F,9} = 36,30$		$\epsilon_{F,4} = 2,78$	$\epsilon_{F,9} = 2,99$	
	$\sigma_{F,5} = 36,36$	$\sigma_{F,10} = 33,78$		$\epsilon_{F,5} = 2,99$	$\epsilon_{F,10} = 2,51$	
	$\sigma_{F,MW}$ St.-abw.=	34,84 1,45	-4,5 %	$\epsilon_{F,MW}$ St.-abw.=	2,67 0,28	-16,0 %
Prüf- flüssigkeit 5B (10 % H ₂ SO ₄)	$\sigma_{H,1} = 35,75$	$\sigma_{H,6} = 36,36$		$\epsilon_{H,1} = 3,06$	$\epsilon_{H,6} = 3,06$	
	$\sigma_{H,2} = 37,37$	$\sigma_{H,7} = 37,75$		$\epsilon_{H,2} = 3,03$	$\epsilon_{H,7} = 3,11$	
	$\sigma_{H,3} = 37,70$	$\sigma_{H,8} = 38,78$		$\epsilon_{H,3} = 3,10$	$\epsilon_{H,8} = 3,21$	
	$\sigma_{H,4} = 36,97$	$\sigma_{H,9} = 36,53$		$\epsilon_{H,4} = 3,04$	$\epsilon_{H,9} = 3,07$	
	$\sigma_{H,5} = 37,74$	$\sigma_{H,10} = 35,84$		$\epsilon_{H,5} = 3,09$	$\epsilon_{H,10} = 3,08$	
	$\sigma_{H,MW}$ St.-abw.=	37,08 0,97	+1,6 %	$\epsilon_{H,MW}$ St.-abw.=	3,08 0,05	-3,1 %

Dieses Dokument ersetzt keinen Konformitäts- oder Verwendbarkeitsnachweis im Sinne der Bauordnungen (national/ europäisch).

Leipzig, den 20. Mai 2020

Dr.-Ing. Ute Hornig
Geschäftsbereichsleiterin



Dipl.-Ing. (FH) D. Kautetzky
Prüfingenieur

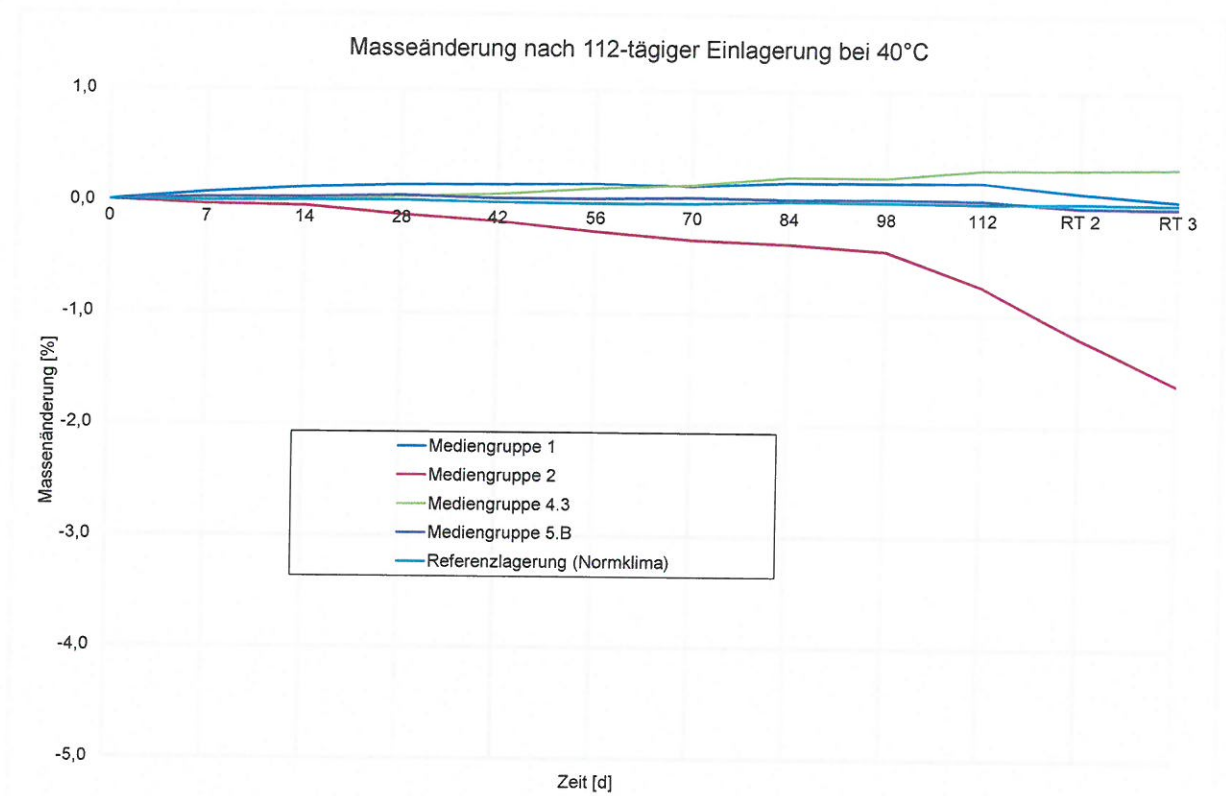


Abbildung 1 Masseänderung (Mittelwerte) nach Einlagerung in Prüfflüssigkeiten

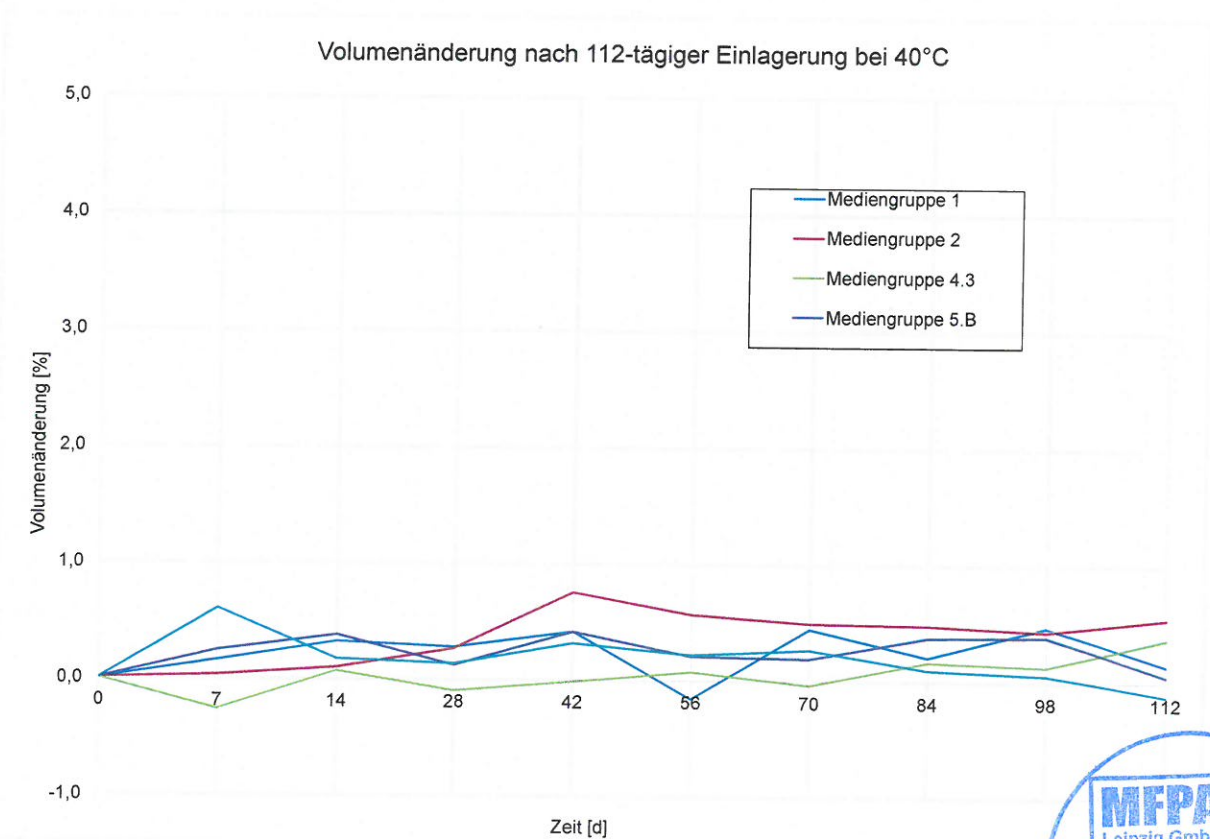


Abbildung 2 Volumenänderung (Mittelwerte) nach Einlagerung in Prüfflüssigkeiten

