

04. Dezember 2018

---

## **Langzeitschäden an Heizöllagerbehältern**

Dr.-Ing. Margit Weltschev

---

---

**Einleitung: Hintergrund der Untersuchungen**

**Schadensbilder von Heizöllagerbehältern**

**Bestimmung der Schmelze-Masseflußrate (Melt Flow Rate )**

**Fourier-Transformation-IR-Spektroskopie (FTIR)**

**Ergebnisse: MFR-Messwerte und FTIR-Analyse von Heizöllagerbehälterausschnitten aus dem Boden, dem Mantel und dem Dach**

**Schlussfolgerungen**

---

Seit Anfang der 70-iger Jahre werden Kunststofflagerbehälter für Heizöl auf dem Markt angeboten, die größtenteils aus Polyethylenformstoffen bestehen. Die gesetzliche Produkthaftung beträgt 30 Jahre. Tankhersteller und Sachverständige, die Tankanlagen prüfen, empfehlen zur Gewährleistung der Sicherheit nach Ablauf von 30 Jahren den Ersatz dieser Behälter.

In der BDH-Broschüre: Effiziente Systeme und erneuerbare Energien wird darauf hingewiesen, dass ca. 45 % der Heizöllagerbehälter aus Kunststoffen in Deutschland 26 Jahre und älter sind. Schätzungen gehen davon aus, dass mehr als 10.000.000 Tankanlagen aus Kunststoffen in Deutschland vor 1987 errichtet wurden.

Nach Angaben des Bundesverbands Lagerbehälter werden im gesamten Bundesgebiet mindestens vier Millionen Heizöl-Tankanlagen betrieben, die bereits mehr als 20 Jahre Laufzeit hinter sich haben, zuzüglich einer halben Million Tanks, die schon die 30 Jahre überschritten haben. Viele von diesen Anlagen sind bisher noch nie von einem Sachverständigen überprüft worden, da sie bisher keiner gesetzlichen Überprüfungspflicht unterlagen.

---

Der Bundesverband Lagerbehälter e.V. empfiehlt den Austausch der Tankanlage, auch bereits vor Erreichen der festgesetzten Altersgrenze von 30 Jahren bei Auftreten von folgenden Problemen:

- a) Ausbildung eines Elefantenfußes,
- b) Absenkung des Tankdaches (Sattelbildung),
- c) beginnende Versprödung, starke Verfärbung oder Rissbildung der Behälterwand,
- d) Unregelmäßigkeit in der Geometrie der Tankanlage (z.B. Tanks, die untypische Verformungen mit deutlichen Ausbeulungen nach außen aufweisen) und
- e) übermäßige Dehnung an exponierten Stellen, die durch Weißbruch sichtbar werden

---

Kunststoffe unterliegen im Laufe ihrer Nutzungsdauer der Alterung. Diese ist die Gesamtheit der im Verlauf der Zeit in einem Kunststoff irreversibel ablaufenden chemischen und physikalischen Reaktionen. Die in einem Bauteil ablaufenden Vorgänge sind die Folge von Alterungsursachen, die in innere und äußere Alterung unterschieden werden.

Innere Alterungsursachen können thermodynamisch instabile Zustände des Kunststoffes sein, die bei thermischer Aktivierung Vorgänge auslösen welche zu messbaren Eigenschaftsänderungen führen.

Bei den äußeren Alterungsursachen handelt es sich um chemische und physikalische Einwirkungen der Umgebung auf den Kunststoff: Beanspruchung durch Witterung, Temperatur, Chemikalien und biologische Medien. Bei Temperatur- und Lichteinwirkung ist die Reaktion mit Sauerstoff ein je nach den Bedingungen mehr oder weniger vorherrschender Teil der Altersreaktion.

---

Das Alterungsverhalten von Polyethylenformstoffen ist sehr komplex. Es laufen verschiedene Reaktionen parallel ab und der Abbau der Formstoffe wird durch Verunreinigungen und Abbauprodukte aus der Herstellung beeinflusst. Weiterhin sind die Wechselwirkungen der genannten Faktoren unbekannt.

Bisher liegen keine Untersuchungen zum Langzeitverhalten der Polyethylenformstoffe vor, insbesondere nach einer Nutzungsdauer über 25 Jahre.

Ziel der Untersuchungen ist, den tatsächlichen Schädigungsgrad der Polyethylenformstoffe im Vergleich zu den unbelasteten Formstoffen zu ermitteln. Da die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) bis Mitte der 90-iger Jahre für die vorausgehenden Prüfungen, Gutachten usw. zu den Bauartzulassungen von Heizöllagerbehältern aus Kunststoffen zuständig war, sind die Werkstoffdaten für den Vergleich noch vorhanden.

# Heizöllagerbehälter nach einer Nutzungsdauer > 25 Jahre

---



Herstellungsjahr: 1993



Herstellungsjahr: 1981

# Heizöllagerbehälter nach einer Nutzungsdauer > 25 Jahre

---



Herstellungsjahr: 1977



Herstellungsjahr: 1976



# Heizöllagerbehälter nach einer Nutzungsdauer > 25 Jahre



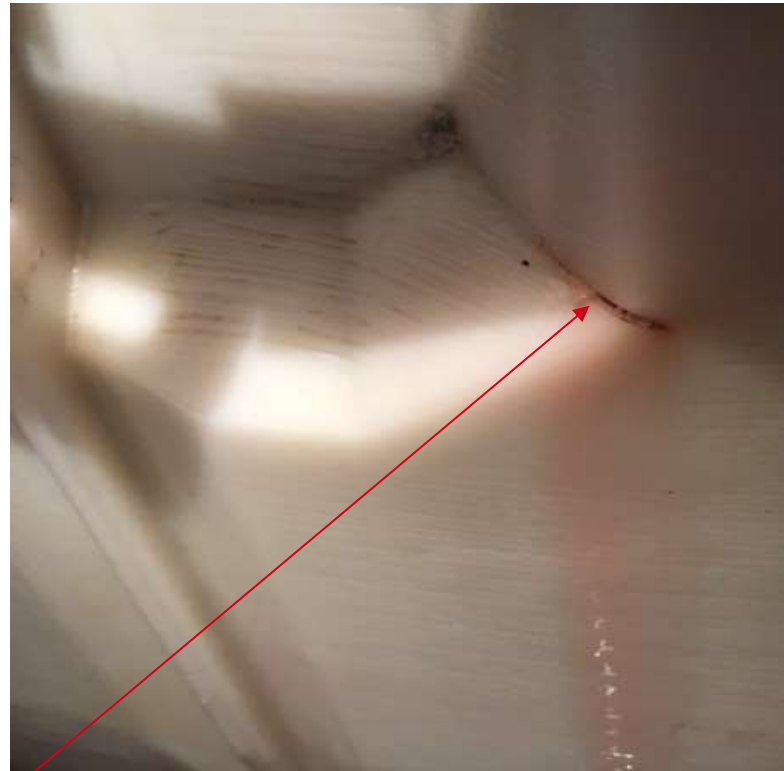
Herstellungsjahr: 1979

# Heizöllagerbehälter nach einer Nutzungsdauer > 25 Jahre



Tank mit Leckage

# Heizöllagerbehälter nach einer Nutzungsdauer > 25 Jahre



Leakagestelle

# Eigenschaften des Polyethylenformstoffes A

<b>Eigenschaften</b>	<b>Einheit</b>	<b>Prüfmethode</b>	<b>Wert</b>
Dichte (23 °C)	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183	0.944 ± 0,002
Viskositätszahl	cm <sup>3</sup> /g	ISO 1628-3	350
MFR (190 °C/5 kg)	g/10 min	ISO 1133	0.36 ± 0.04
MFR (190 °C/21.6 kg)	g/10 min	ISO 1133	7.5 ± 1.0
Kerbschlagzähigkeit (23 °C)	kJ/mm <sup>2</sup>	ISO 179-1	19
Kerbschlagzähigkeit (-30 °C)	kJ/mm <sup>2</sup>	ISO 179-1	16
Zugfestigkeit	MPA	ISO 527	21
Bruchdehnung	%	ISO 527	10
E-Modul (Zug)	MPA	ISO 527	800
Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	°C	ISO 306	80
Kugeldruckhärte H 132/30	MPA	ISO 2039-1	40
3.5 % - Biegespannung	MPA	ISO 178	17
Shore-Härte D	-	ISO 868	58

# Eigenschaften des Polyethylenformstoffes B

<b>Eigenschaften</b>	<b>Einheit</b>	<b>Prüfmethode</b>	<b>Wert</b>
Dichte (23 °C)	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183	0.945
MFR (190 °C/5 kg)	g/10 min	ISO 1133	0.35
MFR (190 °C/21.6 kg)	g/10 min	ISO 1133	6
Staudinger-Index Jg	ml/g	ISO 1628	370
Zugfestigkeit	MPA	ISO 527	24
Bruchdehnung	%	ISO 527	10
E-Modul	MPA	ISO 527	850
Vicat-Erweichungstemperatur VST/A/50	°C	ISO 306	125
Vicat-Erweichungstemperatur VST/B/50	°C	ISO 306	75
Kugeldruckhärte H 132/30	MPA	ISO 2039-1	40
Spezifischer Durchgangswiderstand	Ohm cm	IEC 93	> 1.E16
Shore-Härte D	-	ISO 868	61

---

## innere Alterungsvorgänge

- Abbau von Eigenspannungen
- Nachkristallisation
- Kettenspaltungen
- Weichmacherwanderung

## äußere Alterungsvorgänge

- Spannungsrissbildung
- Ermüdungsrisse
- thermooxidativer Abbau
- Quellung

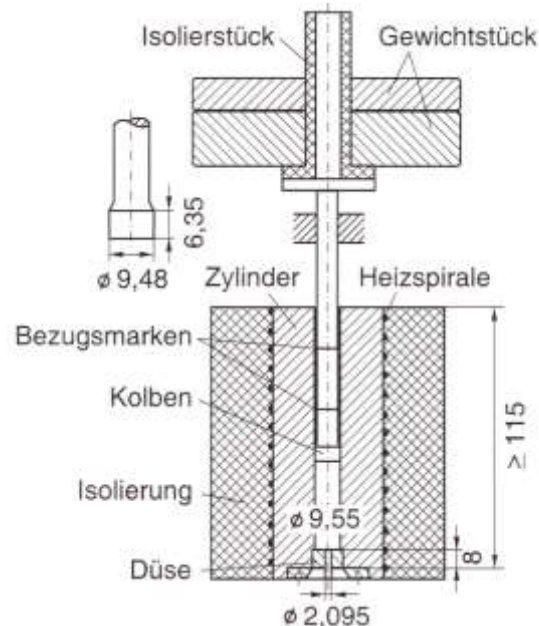
Das Ausmaß der Alterung und die Art des Abbauvorganges hängen von folgenden Faktoren ab:

- chemischer Abbau des Polyethylens durch das Heizöl und die Diffusion durch die Tankwand
- Wanddicke des Tanks und
- Umgebungsbedingungen (Temperatur, UV)

# Bestimmung der Schmelze-Massefließrate

Die Bestimmung der Schmelze-Massefließrate MFR (englisch: Melt Flow Rate) ist ein rationelles Prüfverfahren zur qualitativen Einschätzung des Fließverhaltens thermoplastischer Formmassen.

Granulat von der inneren und der äußeren Oberfläche der Ausschnitte aus dem Boden, dem Mantel und dem Dach der Heizöllagerbehälter wurde für die Bestimmung des MFR nach **ISO 1133** eingesetzt.



Prüfbedingungen nach DIN EN ISO 1133 sind:

- Prüftemperatur von 190 °C,
- Probenmasse von  $3.5 \pm 0.1$  g und
- Nennlast von 5 kg und 21,6 kg

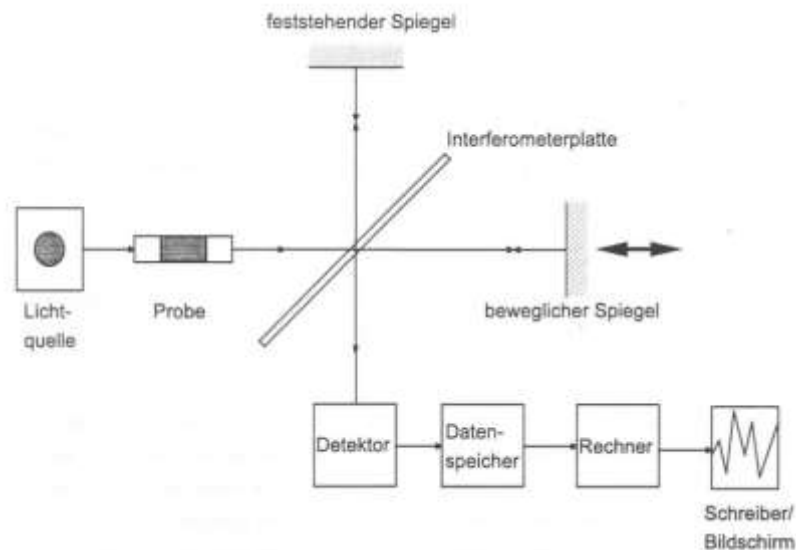
Ausschneiden von Platten aus den Tankbereichen (Boden, Mantel und Dach)



Preparation von Micromschnitten mit einer Dicke von 150  $\mu\text{m}$  aus den Platten



FTIR-Analyse mit dem Bruker, Equinox 55/IR-Scope Messgerät





# Ergebnisse – MFR-Messwerte Tankboden

BAM-Zulassungsnummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankboden			
			MFR (g/10 min) 190°C/5 kg		MFR (g/10 min) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
06/77	> 30	A	0,42	0,43	8,13	8,55
05/78	> 30	A	0,47	0,48	10,77	10,54
05/78	> 30	A	0,28	0,30	6,94	6,97
16/78	> 30	A	0,49	0,52	12,45	12,37
13/78	> 30	B	0,27	0,27	6,49	6,68
14/71	> 30	B	0,11	0,13	4,89	5,47
14/71	40	B	0,12	0,12	4,45	4,68
14/71	40	B	0,13	0,14	5,76	5,73
46/71	43	B	0,10	0,11	4,88	4,65
10/79	28	B	0,24	0,25	6,11	5,96

**HDPE  
Formstoff**

A  
B

**MFR (g/10 min)  
(190°C/5 kg)**

0,32 – 0,40  
0,31 – 0,39

**MFR (g/ 10 min)  
(190°C/21,6 kg)**

6,5 – 8,5  
5,4 – 6,8

# Ergebnisse – prozentuale Änderung des MFR – Tankboden

BAM-Zulassungsnummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankboden			
			$\Delta$ MFR (%) 190°C/5 kg		$\Delta$ MFR (%) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
<b>06/77</b>	> 30	A	+ 15	+ 19	+ 8	+ 14
<b>05/78</b>	> 30	A	+ 31	+ 32	+ 44	+ 41
<b>05/78</b>	> 30	A	- 22	- 17	- 7.5	- 7
<b>16/78</b>	> 30	A	+ 36	+ 44	+ 66	+ 65
<b>13/78</b>	> 30	B	- 25	- 23	+ 8	+11
<b>14/71</b>	> 30	B	- 69	- 63	- 18	- 9
<b>14/71</b>	40	B	- 66	-66	- 26	- 22
<b>14/71</b>	40	B	- 63	- 60	- 4	- 4,5
<b>46/71</b>	43	B	- 71	- 69	-19	-22
<b>10/79</b>	28	B	- 31	- 29	+1.8	-1

**MFR zum Vergleich (Mittelwert)**

**HDPE Formstoff**

**MFR (g/10 min) (190°C/5 kg)**

**MFR (g/10 min) (190°C/21,6 kg)**

A  
B

0,36  
0,35

7,5  
6,0

# Ergebnisse – prozentuale Änderung des MFR – Tankboden

BAM-Zulassungsnummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankboden			
			$\Delta$ MFR (%) 190°C/5 kg		$\Delta$ MFR (%) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
06/77	> 30	A	+ 31	+ 34	+ 25	+ 32
05/78	> 30	A	+ 47	+ 50	+ 66	+ 62
05/78	> 30	A	-12	- 6	+ 7	+ 7
16/78	> 30	A	+ 53	+ 63	+ 92	+ 90
13/78	> 30	B	- 13	-13	+ 20	+ 24
14/71	> 30	B	- 65	- 48	- 9	+ 1
14/71	40	B	- 61	- 61	- 18	- 13
14/71	40	B	- 58	- 55	+ 7	+ 6
46/71	43	B	- 68	- 65	- 10	- 14
10/79	28	B	-23	-19	+ 13	+ 10

**MFR zum Vergleich (unterer Grenzwert)**

**HDPE Formstoff**

**MFR (g/10 min) (190°C/5 kg)**

**MFR (g/10 min) (190°C/21,6 kg)**

A  
B

0,32  
0,31

6,5  
5,4

# Ergebnisse – MFR-Messwerte Tankmantel

BAM- Zulassungs- nummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankmantel			
			MFR (g/10 min) 190°C/5 kg		MFR (g/10 min) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
<b>06/77</b>	> 30	A	0,43	0,40	8,48	8,32
<b>05/78</b>	> 30	A	0,40	0,41	9,80	9,45
<b>05/78</b>	> 30	A	0,43	0,41	11,85	11,87
<b>16/78</b>	> 30	A	0,48	0,51	11,60	12,23
<b>13/78</b>	> 30	B	0,21	0,20	5,37	5,48
<b>14/71</b>	> 30	B	0,10	0,12	4,12	4,61
<b>14/71</b>	40	B	0,13	0,12	5,42	4,53
<b>14/71</b>	40	B	0,14	0,14	5,84	5,55
<b>46/71</b>	43	B	0,10	0,10	4,50	3,81
<b>10/79</b>	28	B	0,23	0,21	5,89	5,12

**HDPE  
Formstoff**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/5 kg)**

**MFR (g/ 10 min)  
(190°C/21,6 kg)**

A

0,32 – 0,40

6,5 – 8,5

B

0,31 – 0,39

5,4 – 6,8

# Ergebnisse – prozentuale Änderung des MFR – Tankmantel

BAM- Zulassung s-nummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankmantel			
			$\Delta$ MFR (%) 190°C/5 kg		$\Delta$ MFR (%) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
<b>06/77</b>	> 30	A	+ 19	+ 11	+ 13	+ 11
<b>05/78</b>	> 30	A	+ 11	+ 14	+ 31	+ 26
<b>05/78</b>	> 30	A	+ 19	+ 14	+ 58	+ 58
<b>16/78</b>	> 30	A	+ 43	+ 42	+ 55	+ 63
<b>13/78</b>	> 30	B	- 40	- 43	- 11	- 9
<b>14/71</b>	> 30	B	- 71	- 66	- 31	- 23
<b>14/71</b>	40	B	- 63	- 66	- 10	- 24
<b>14/71</b>	40	B	- 60	- 60	- 3	- 8
<b>46/71</b>	43	B	- 71	- 71	- 25	- 36
<b>10/79</b>	28	B	- 34	- 40	- 2	- 15

**MFR  
zum Vergleich  
(Mittelwert)**

**HDPE  
grade**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/5 kg)**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/21,6 kg)**

A  
B

0,36  
0,35

7,5  
6,0

# Ergebnisse – prozentuale Änderung des MFR – Tankmantel

BAM-Zulassungsnummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankmantel			
			$\Delta$ MFR (%) 190°C/5 kg		$\Delta$ MFR (%) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
<b>06/77</b>	> 30	A	+ 34	+ 25	+ 30	+ 28
<b>05/78</b>	> 30	A	+ 25	+ 28	+ 51	+ 45
<b>05/78</b>	> 30	A	+ 34	+ 28	+ 82	+ 83
<b>16/78</b>	> 30	A	+ 50	+ 59	+ 78	+ 88
<b>13/78</b>	> 30	B	- 32	- 35	- 1	+ 1
<b>14/71</b>	> 30	B	- 68	- 61	- 24	- 15
<b>14/71</b>	40	B	- 58	- 61	+ 0,3	- 16
<b>14/71</b>	40	B	- 55	- 55	+ 8	+ 3
<b>46/71</b>	43	B	- 68	- 68	- 17	- 29
<b>10/79</b>	28	B	- 26	- 32	+ 9	- 5

**MFR  
Zum Vergleich  
(unter Grenzwert)**

**HDPE  
grade**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/5 kg)**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/21,6 kg)**

A  
B

0,32  
0,31

6,5  
5,4

# Ergebnisse – MFR-Messwerte Tankdach

BAM-Zulassungsnummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankdach			
			MFR (g/10 min) 190°C/5 kg		MFR (g/10 min) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
<b>06/77</b>	> 30	A	0,39	0,37	7,77	7,55
<b>05/78</b>	> 30	A	0,41	0,36	9,80	9,18
<b>05/78</b>	> 30	A	0,13	0,32	3,83	3,92
<b>16/78</b>	> 30	A	0,38	0,39	9,76	9,85
<b>13/78</b>	> 30	B	0,19	0,16	4,79	4,34
<b>14/71</b>	> 30	B	0,08	0,08	3,68	3,61
<b>14/71</b>	40	B	0,10	0,11	4,67	4,18
<b>14/71</b>	40	B	0,14	0,13	5,15	5,01
<b>46/71</b>	43	B	0,10	0,10	3,70	3,32
<b>10/79</b>	28	B	0,27	0,26	6,68	6,27

**HDPE grade**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/5 kg)**

**MFR (g/ 10 min)  
(190°C/21,6 kg)**

**A**            0,32 – 0,40  
**B**            0,31 – 0,39

6,5 – 8,5  
5,4 – 6,8

# Ergebnisse – prozentuale Änderung des MFR – Tankdach

BAM-Zulassungsnummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankdach			
			$\Delta$ MFR (%) 190°C/5 kg		$\Delta$ MFR (%) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
06/77	> 30	A	+ 8	+ 3	+ 4	+ 1
05/78	> 30	A	+ 14	0	+ 31	+ 22
05/78	> 30	A	- 64	- 11	- 49	- 48
16/78	> 30	A	+ 6	+ 8	+ 30	+ 31
13/78	> 30	B	- 46	- 56	- 20	- 28
14/71	> 30	B	- 77	- 77	- 39	- 40
14/71	40	B	- 71	- 69	- 22	- 30
14/71	40	B	- 60	- 63	- 14	- 17
46/71	43	B	- 71	- 71	- 38	- 45
10/79	28	B	- 23	- 26	+ 11	+ 5

**MFR  
Zum Vergleich  
(Mittelwert)**

**HDPE  
grade**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/5 kg)**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/21,6 kg)**

A  
B

0.36  
0.35

7.5  
6.0



# Ergebnisse – prozentuale Änderung des MFR – Tankdach

BAM-Zulassungsnummer	Alter der Tanks (Jahre)	HDPE Formstoff	Tankdach			
			Δ MFR (%) 190°C/5 kg		Δ MFR (%) 190°C/21,6 kg	
			innere Oberfläche	äußere Oberfläche	innere Oberfläche	äußere Oberfläche
<b>06/77</b>	> 30	A	+ 22	+ 16	+ 20	+ 16
<b>05/78</b>	> 30	A	+ 28	+ 13	+ 51	+ 41
<b>05/78</b>	> 30	A	- 59	0	- 41	- 40
<b>16/78</b>	> 30	A	+ 19	+ 22	+ 50	+ 52
<b>13/78</b>	> 30	B	- 39	- 48	- 11	- 20
<b>14/71</b>	> 30	B	-74	-74	- 32	- 33
<b>14/71</b>	40	B	- 68	- 65	- 14	- 23
<b>14/71</b>	40	B	- 55	- 58	- 5	- 7
<b>46/71</b>	43	B	- 68	- 68	- 31	- 39
<b>10/79</b>	28	B	- 13	- 16	+ 24	+16

**MFR  
Zum Vergleich  
(unterer Grenzwert)**

**HDPE  
grade**

**MFR (g/10 min)  
(190°C/5 kg)**

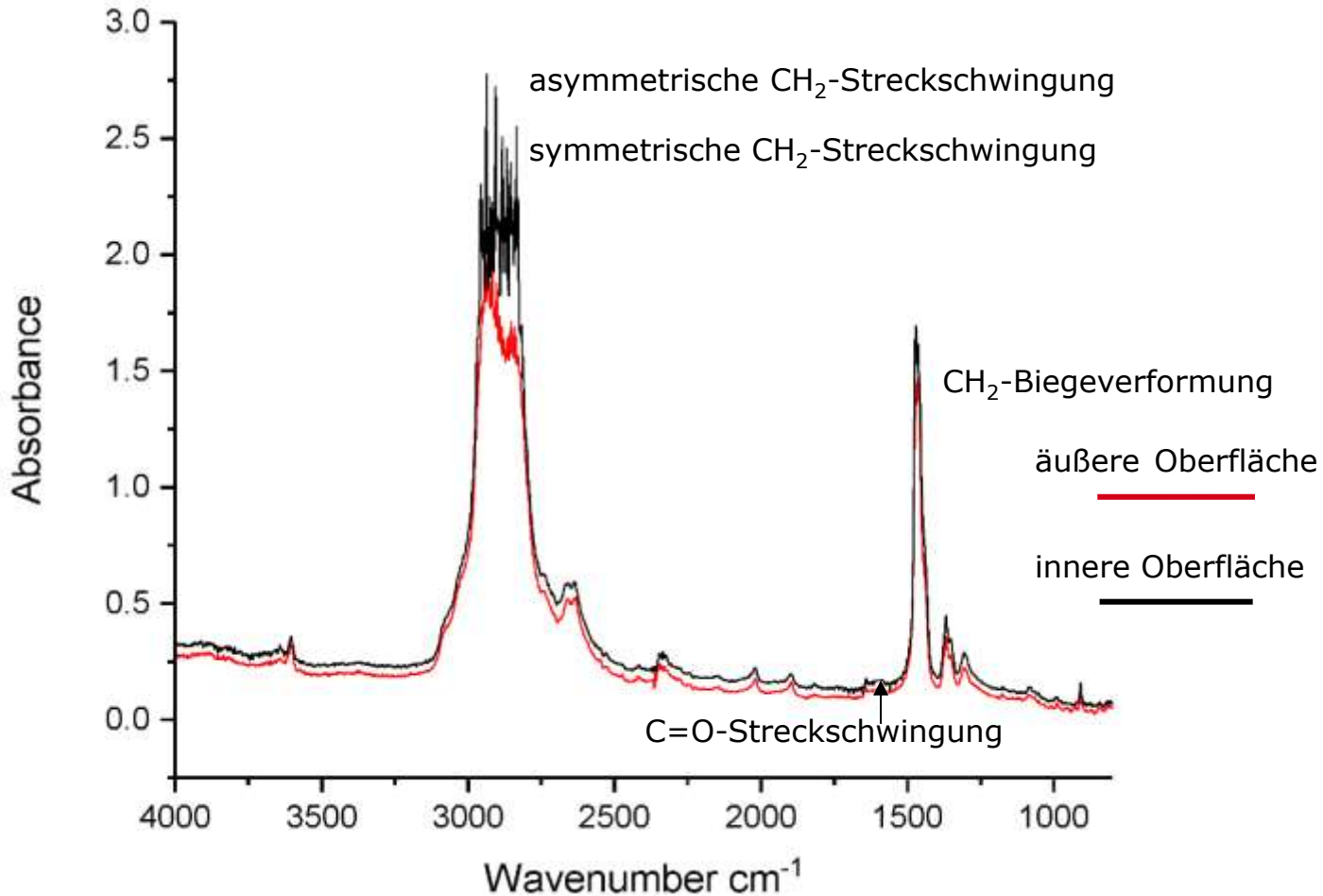
**MFR (g/10 min)  
(190°C/21,6 kg)**

A  
B

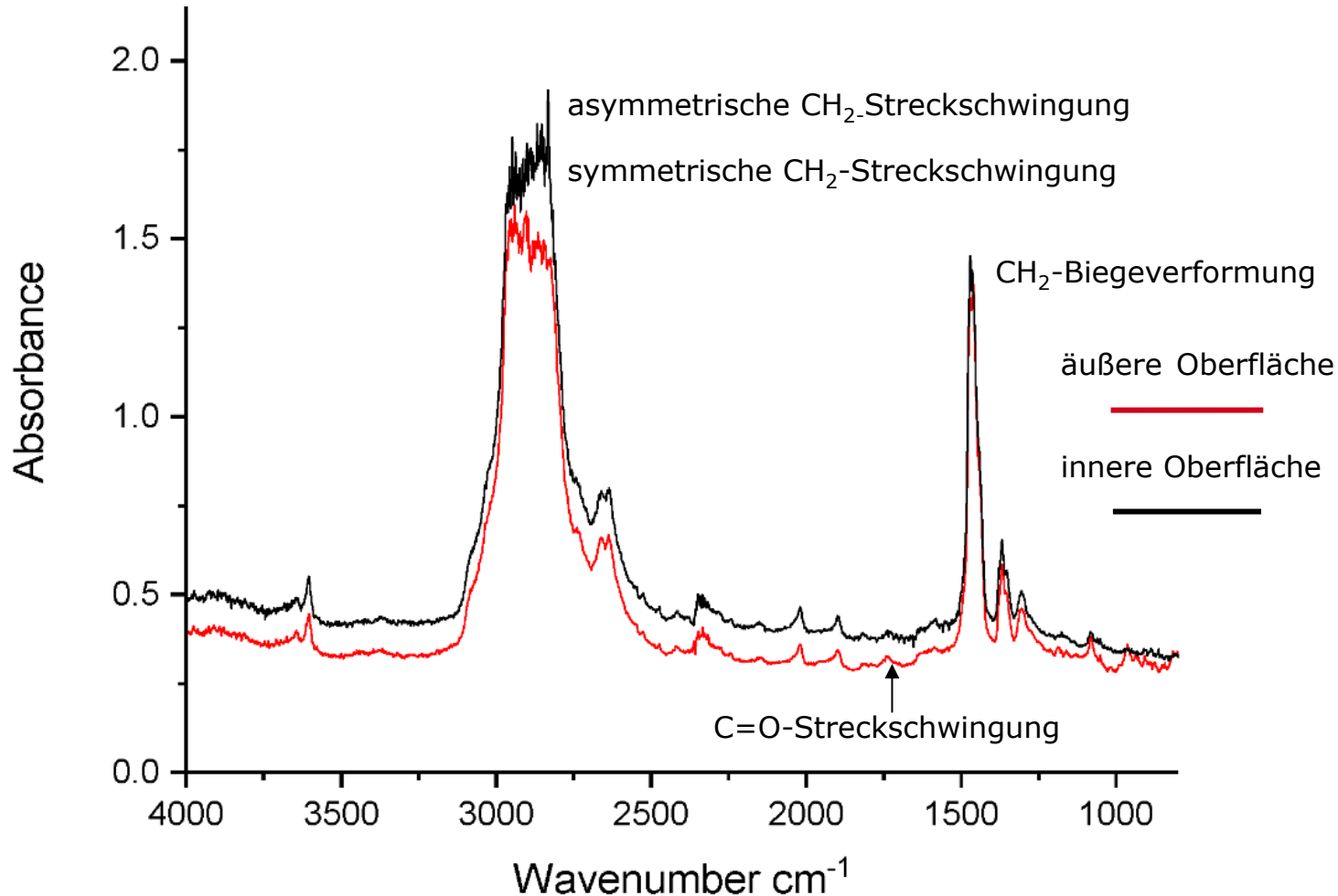
0.32  
0.31

6.5  
5.4

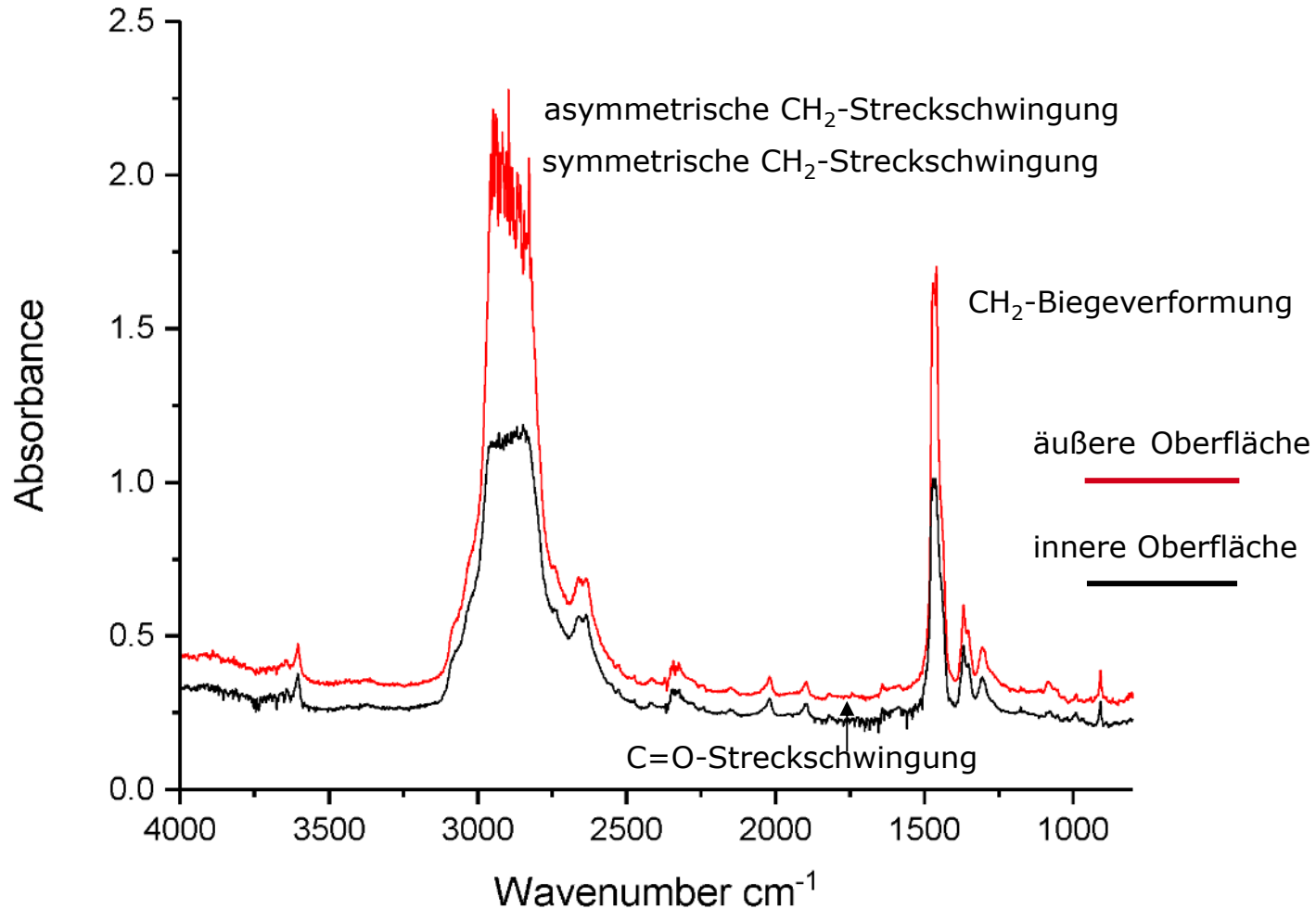
# Ergebnisse – FTIR-Analyse Polyethylenformstoff A - Tankboden



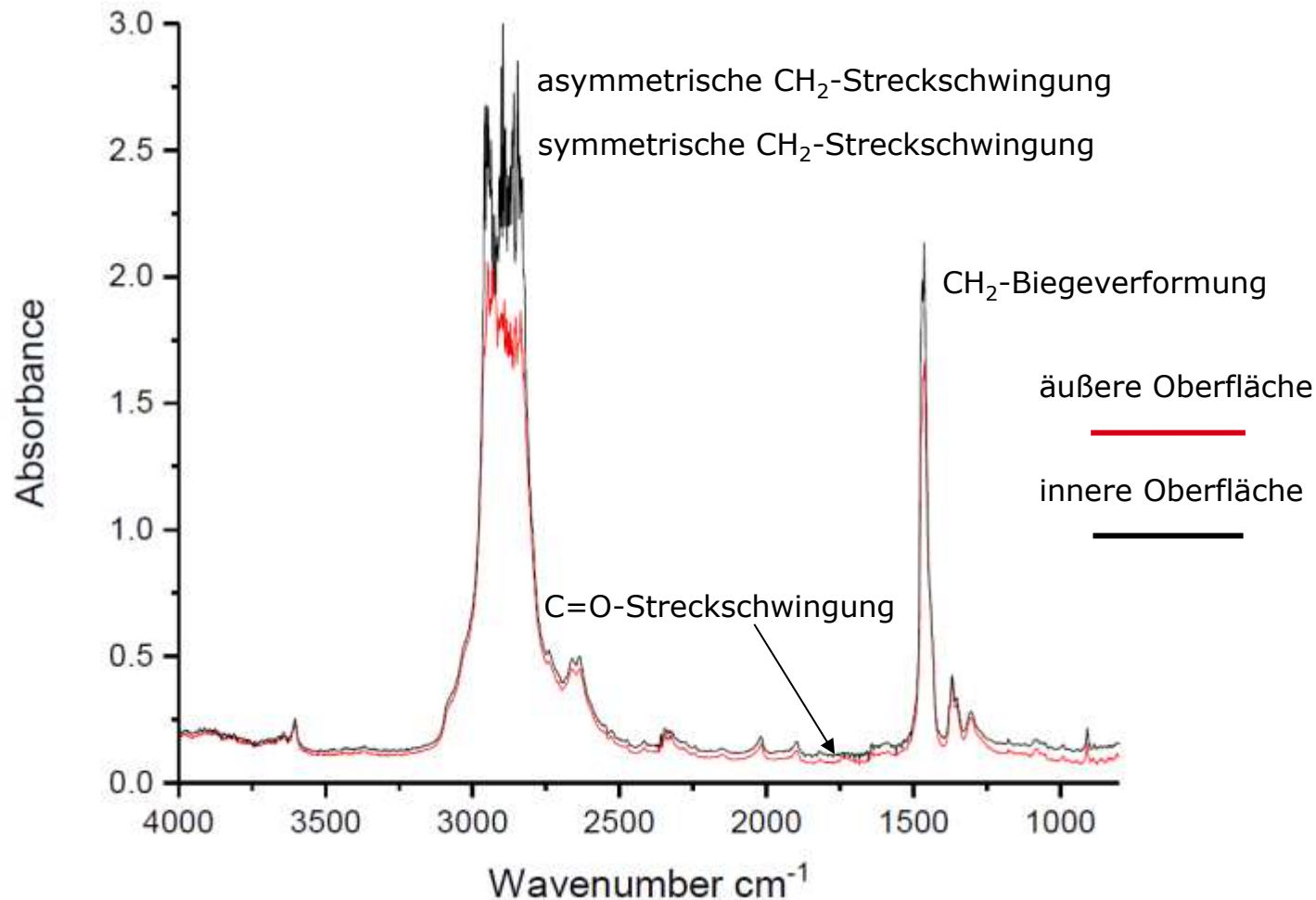
# Ergebnisse – FTIR-Analyse Polyethylenformstoff A - Tankmantel



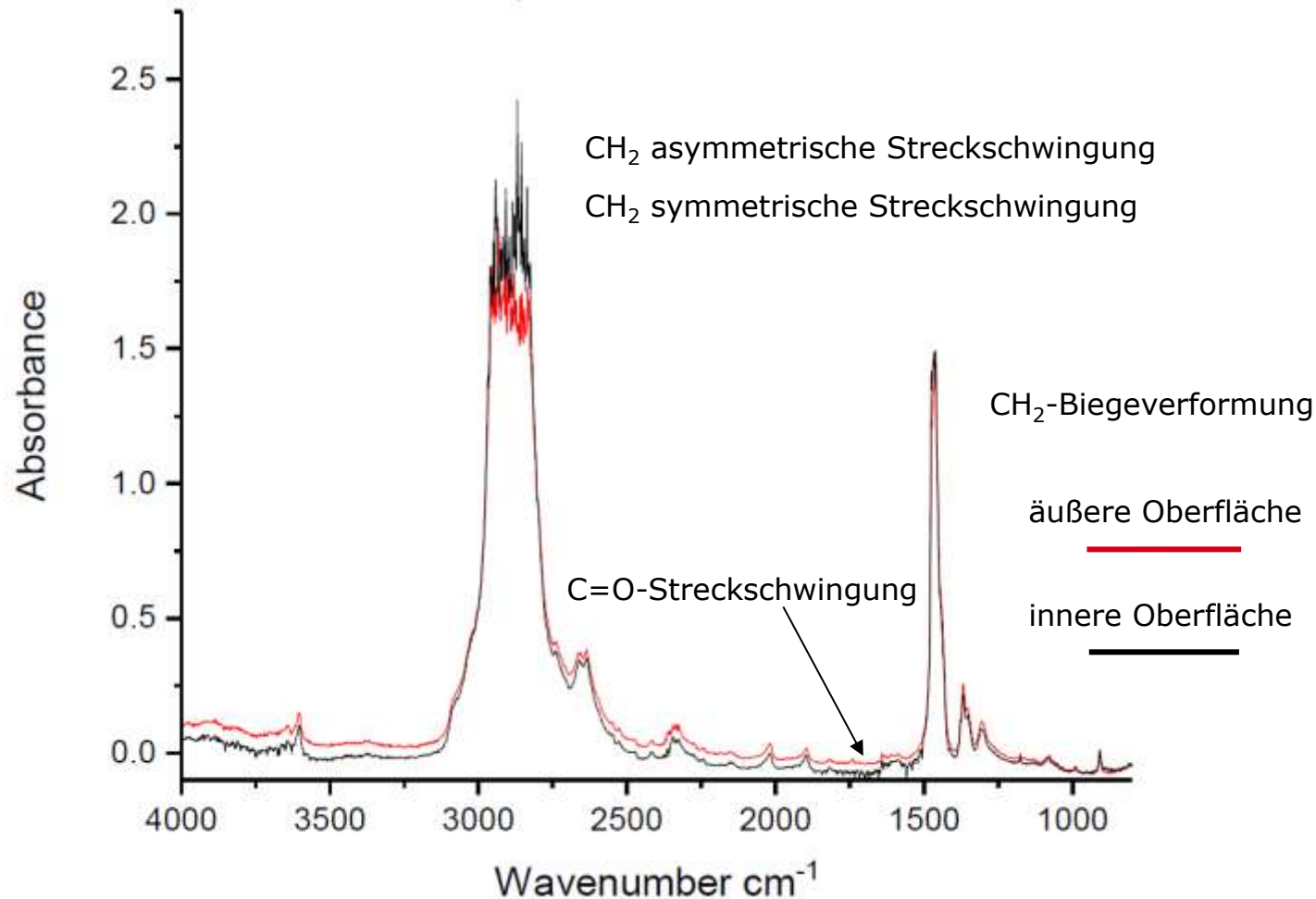
# Ergebnisse – FTIR-Analyse Polyethylenformstoff A - Tankdach



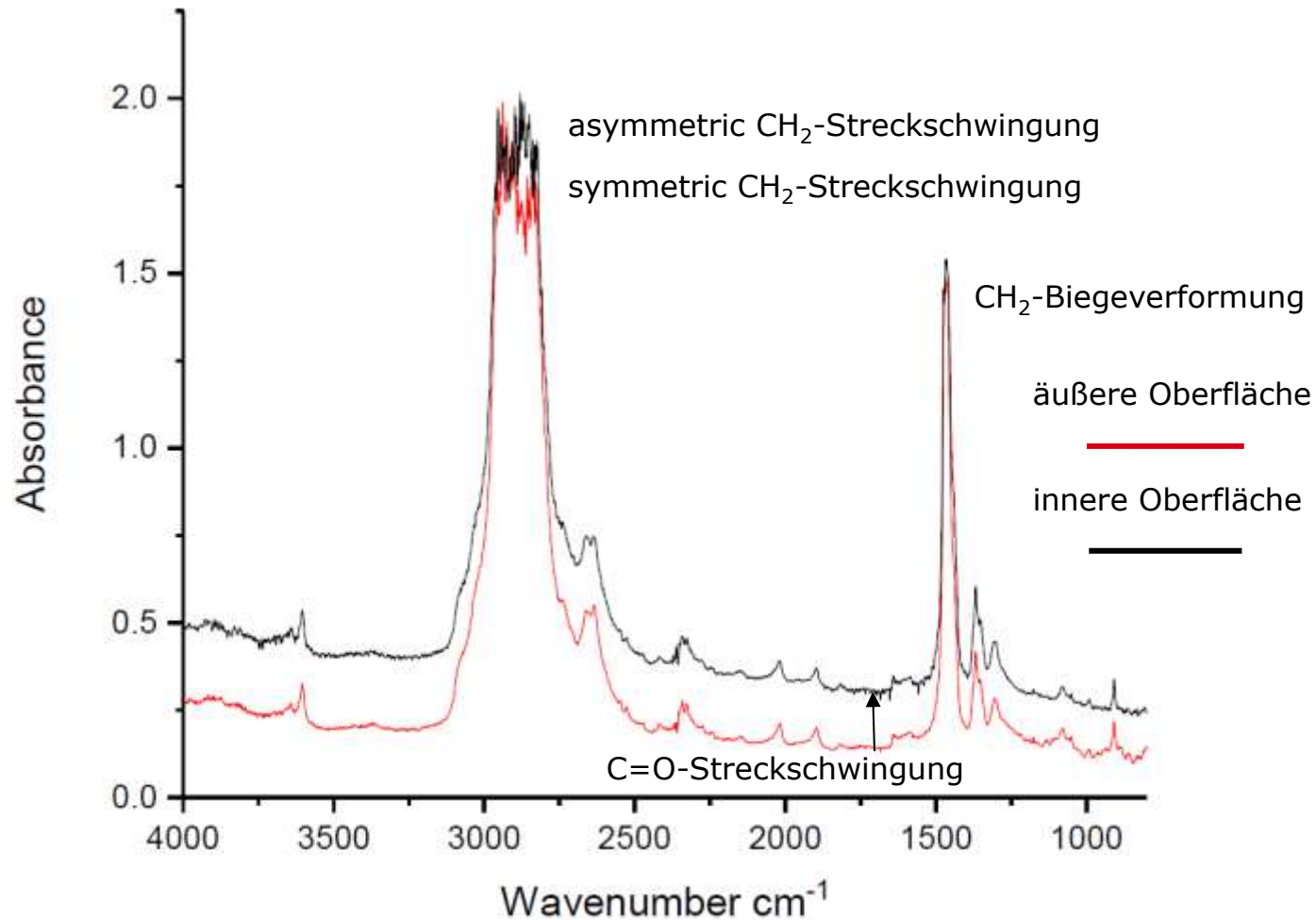
# Ergebnisse – FTIR-Analyse Polyethylenformstoff B - Tankboden



# Ergebnisse – FTIR-Analyse Polyethylenformstoff B - Tankmantel



# Ergebnisse – FTIR-Analyse Polyethylenformstoff B - Tankdach



---

Die Messungen des MFR der Tankausschnitte aus dem Bereich des Bodens, des Mantel und des Daches zeigten Unterschiede in den Werten in Abhängigkeit vom Gewicht, welches aufgelegt wurde (5 kg oder 21.6 kg).

Die MFR-Messwerte zeigten deutlich die Zunahme der Fließfähigkeit des Formstoffes A durch Kettenspaltungen nach einer Nutzungsdauer der Tanks > 30 Jahre. Beim Tank-Nr.: 4 aus dem Formstoff A wurde ein sogenannter Elefantenfuß diagnostiziert. Bei diesem Tank wurde auch die höchste Zunahme der Fließfähigkeit bei einer Nennlast von 21,6 kg von 66 % an der Innenoberfläche und 65 % an der Außenoberfläche des Tankbodens gemessen. Die prozentuale Zunahme des Granulates aus den Bereich des Tankmantels fiel mit 55 % an der Innenoberfläche und 63% an der Außenoberfläche etwas geringer aus.

Eine andere Form der Alterung besteht in der Abnahme der Fließfähigkeit infolge Verzweigungen, Vernetzungen und Weichmacherverlust, wie bei den Tankausschnitten des Formstoffes B gemessen.



---

Nach einer Nutzungsdauer der Tanks  $> 40$  Jahre ist die Aussonderung der Tanks zu empfehlen, da die prozentuale Abnahme der Fließfähigkeit unter die Hälfte der ursprünglichen MFR-Werte gesunken ist. Bei einer Nennlast von 5 kg bei der Messung betrug die Abnahme der MFR-Werte mit 71 % in allen Tankbereichen eines 43 Jahre „alten“ Tanks an der Innen- und Außenoberfläche. Eine Ausnahme bildete die Außenoberfläche des Tankbodens mit 69 %.

Die Intensität der Carbonylstreckschwingung  $C=O$  bei  $1740\text{ cm}^{-1}$  ist niedrig. Die Größe dieser Carbonylbande ist ein Maß für die Oxidation des Polymeren und kann quantitativ durch Bestimmung der CO-Zahl nach DIN 53 383, Teil 2 ermittelt werden.

Die FTIR-Messungen, insbesondere die der Proben aus dem Bereich des Bodens und des Mantels zeigten, dass die Intensität der asymmetrischen und symmetrischen  $CH_2$  -Streckschwingungen im Bereich  $2800 - 2900\text{ cm}^{-1}$  und die  $CH_2$  -Biegeverformung bei  $1400\text{ cm}^{-1}$  aufgrund von Kettenspaltungen zugenommen haben.

---

**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



**Gibt es Fragen?**

