



ZELLER+GMELIN

Workshop Gap Filler

Sales Conference 2024

EXPERTLY DONE.

Agenda



- + Prototyp Divinol Thermosure GF 28-27
- + Baukastensystem - Variationsmöglichkeiten der Matrix
- + Rheologie
- + TIM-Tester



Divinol Thermosure GF 28-27

EXPERTLY DONE.

Gap Filler – Unsere Herangehensweise



- + Silikonfreier, nicht vernetzender 1K Gap Filler
- + Möglichkeit zum Einsatz CO₂-optimierter Rohstoffe
- + Aufbauend auf modifizierbarem Basismedium
- + Vielfältig einstellbare Produkteigenschaften
- + Thermische Leitfähigkeit 2,8 W/(mK)

Gap Filler – Prototyp

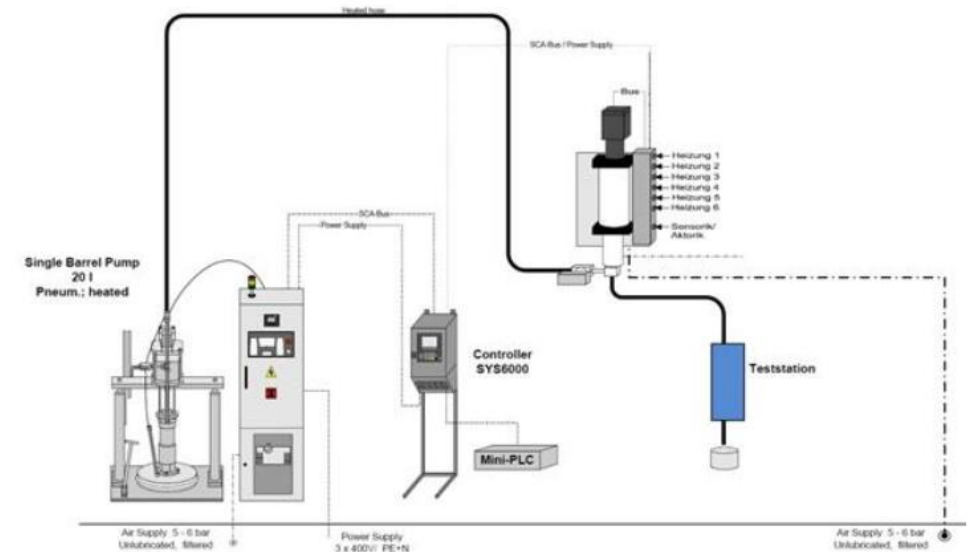
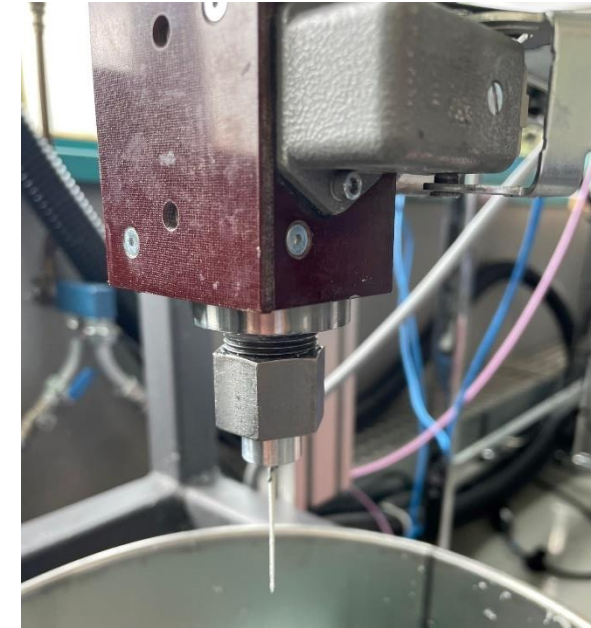
Divinol Thermosure GF 28-27

- + Produkt auf Basis modifizierbarer Matrix (bei ZG)
- + Thermische Leitfähigkeit von 2,82 W/(m*K) bei einer Dichte von ca. 2,7 g/mL
- + Minimale Bond Line Thickness: 140 µm bei 2 MPa
- + Mechanische Stabilität entspricht kommerziell erhältlichen, nicht vernetzenden 1 K-Systemen
- + Brandklasse V0 in Anlehnung an UL94
- + Spezifischer Widerstand und elektrische Durchschlagspannung im geforderten Bereich
- + Lagerstabil bei 80 °C ; Niedrige Viskosität bei 40 °C
- + Produkt zeigt vergleichbare/bessere Eigenschaften wie Referenz (1K-Produkt bei OEM im Einsatz)

Gap Filler – Prototyp

Atlas Copco Abrasionstest

- + Testmethode von Atlas Copco um Abrasivität zu prüfen
- + Hausmethode von AC, kein genormtes Testverfahren
- + Dient zur Abschätzung wie lange das Equipment im realen Betrieb hält
- + 20 Liter Material wird durch eine spezifizierte Düse gepumpt
- + Gewichtsverlust und Größenänderung der Düse wird dokumentiert → Vergleich mit einer Referenz
- + Ergebnis: Abtrag von 0,17 g vs. 0,23 g bei der Referenz



Charakterisierung Prototyp

Langzeitlagerung bei 80 °C

- + Lagerung bei 80 °C für 1 Jahr
- + Vergleich mit Wettbewerb
- + Geringe Fluidabscheidung

Vorher



3 Monate



12 Monate



Charakterisierung Prototyp

Stempelzugprüfung (1)

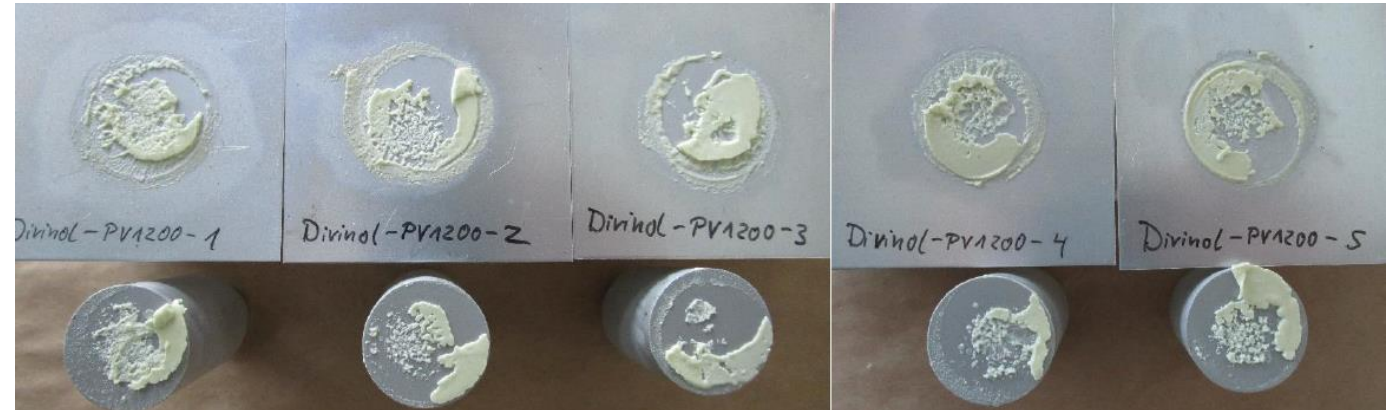
- + Fraunhofer IFAM Bremen
- + Prüfkörper: Korundgestrahlte Al-Stempel geklebt auf Al-Platten
- + Stempelfläche mit MEK und Al-Blech mit Isopropanol gereinigt
- + Einspannung in Zugprüfmaschine
- + Prüfungsgeschwindigkeit 0,5 mm/s



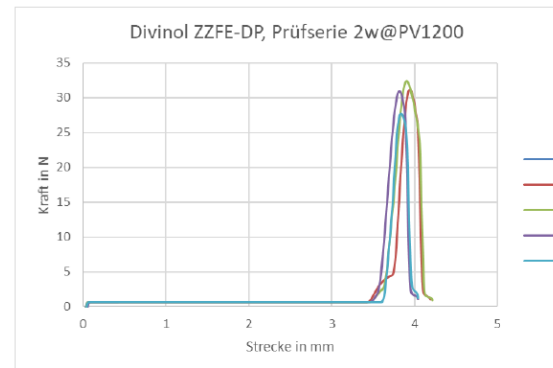
Charakterisierung Prototyp

Stempelzugprüfung (2)

- + Fraunhofer IFAM Bremen
- + geringe Abzugskräfte von bis zu 0,07 MPa



Abzugskraft nach der Auslagerung



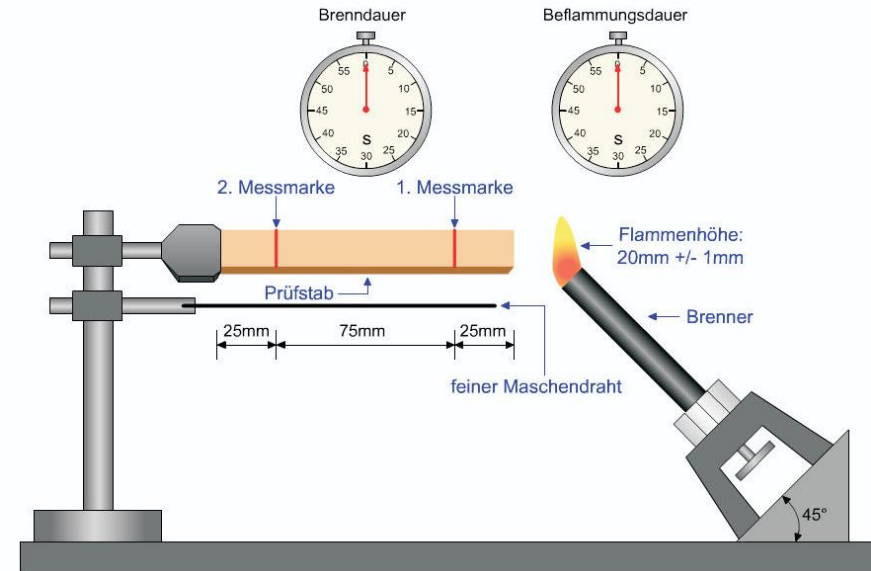
Divinol ZZFE-DP, Prüfserie 2w@PV1200						
	F _{max}	σ	Bruchfläche/ Versagensart [%]			
			AB Stempel	AB AI	KB	KBo Stempel
1	33.46	0.07	30	30	20	20
2	40.17	0.08	40	30	20	10
3	36.21	0.07	40	30	0	30
4	36.00	0.07	40	20	20	20
5	31.29	0.06	45	30	20	5
Mittelwert	35.42	0.07	39	28	16	17
Standardabw.	3.33	0.01				

Die Proben lösen sich bei einer mittleren Spannung von 0.07 +/- 0.01 MPa.
Bruchbild vornehmlich Adhäsionsbruch am Stempel

Charakterisierung Prototyp

Brandklassifizierung in Anlehnung an UL94

- + Durch Beflammung der Probe und anschließender Beurteilung des Brennverhaltens
- + Angestrebt ist Brandklasse V0, Brenndauer max. 10 s nach 30 s Beflammung
- + Adaption: Beflammung der Probe auf Blech
- + Ergebnis: V0, Probe nicht brennbar





Baukastensystem – Variationsmöglichkeiten der Matrix

Baukastensystem

- + Möglichkeit das Produkt an Kundenanforderungen anzupassen
- + Verschiedene Konsistenzen
- + Verschiedene Füllgrade
- + Spezielle Eigenschaften

Baukastensystem

- + Unterschiede in der Konsistenz der Matrix
- + Selber Füllgrad
- + Selber Füllstoff



Baukastensystem

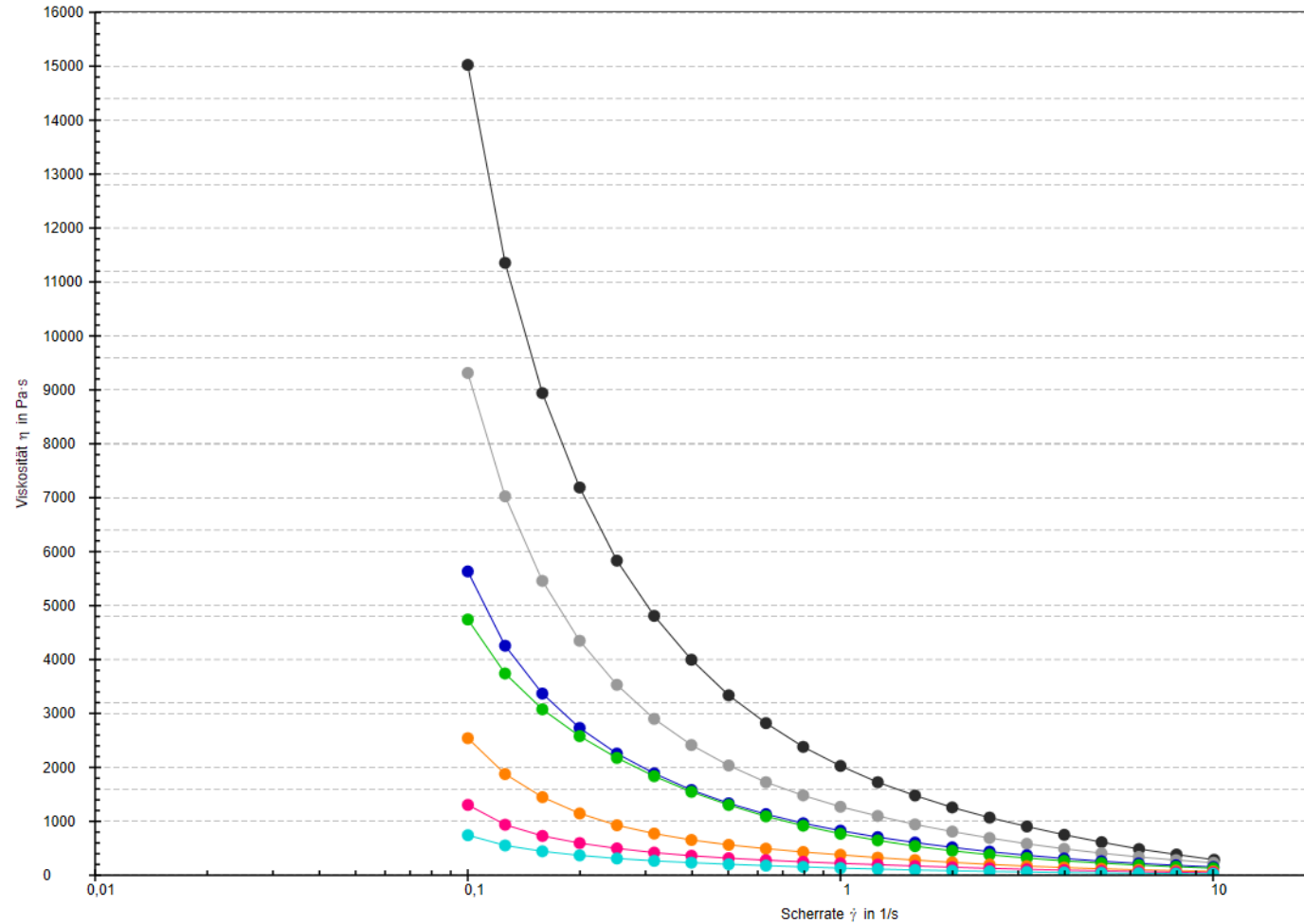
- + Unterschiedliche Matrixtypen
- + Selbe Konsistenz
- + Selber Füllgrad, Füllstoff



Baukasten- Parameter: Fließdruck

Methode	Matrix A Füllst. A	Matrix A Füllst. B	Matrix B Füllst. A	Matrix B Füllst. B	Matrix C Füllst. A	Matrix C Füllst. B
	60-200 hPa; 20°C; 5 sec.	-	-	-	-	88
-		-	-	-	88	-
-		-	-	-	80	-
-		-	-	-	80	-
-		-	-	-	92	-
-		-	-	-	92	-
>200 hPa; 20°C; 5 sec.	500	775	675	1225	-	225
	525	775	675	1200	-	225
	500	750	600	1125	-	200
	500	750	600	1075	-	200
	525	725	575	1025	-	225
	500	750	600	1075	-	225

Baukasten- Parameter: Fließkurven





Exkurs - Rheologie

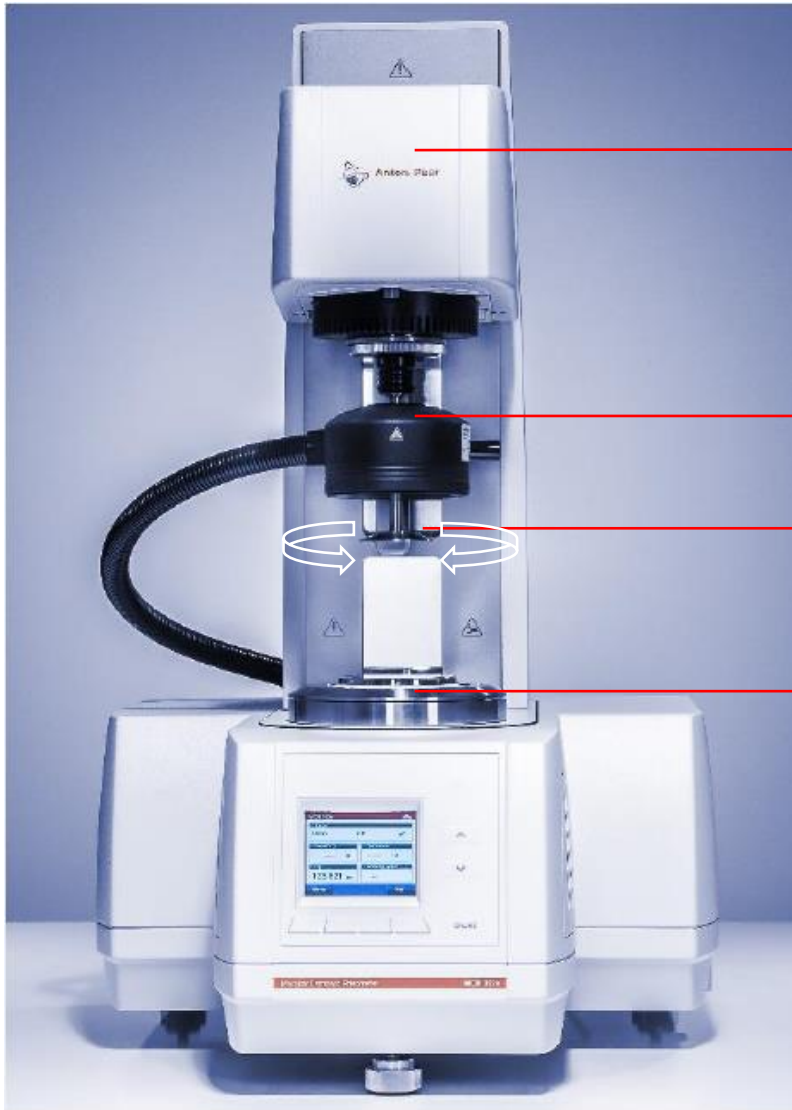
EXPERTLY DONE.

Rheologie - Definition

- + Wissenschaft des Deformations- und Fließverhalten von Materialien
- + Einordnung von Materialien
- + Rheometrie = Messung rheologischer Daten



Rheometer

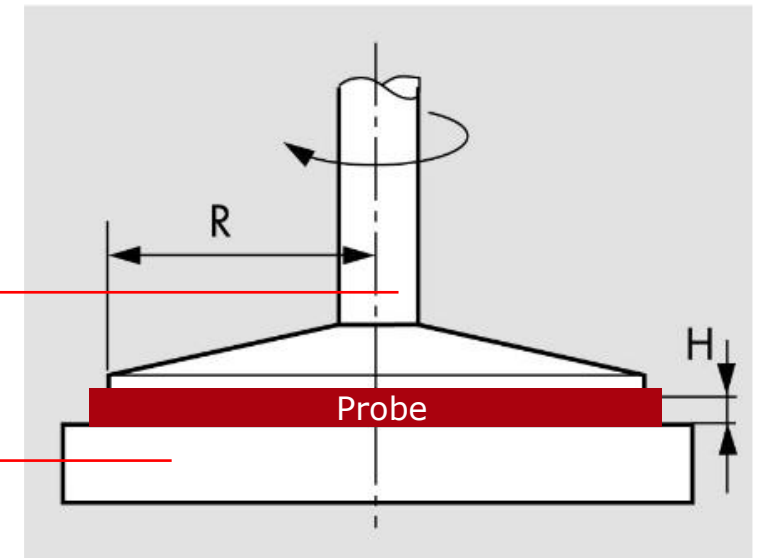


Motor: Bewegt Messsystem

Temperierhaube

Messsystem: Beweglicher Teil

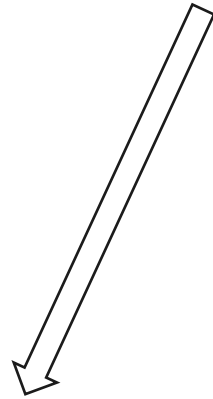
Unbeweglicher Teil



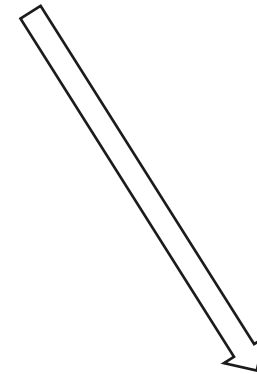
Bildquelle: Anton Paar

Viskosität

= Maß für die Zähflüssigkeit eines Fluids



ν („Ny“)
Kinematische Viskosität
[mm²/s]
innere Reibung



η („Eta“)
Dynamische Viskosität
[Pa·s]
innere Reibung unter Berücksichtigung
der Dichte

Viskosität

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$$

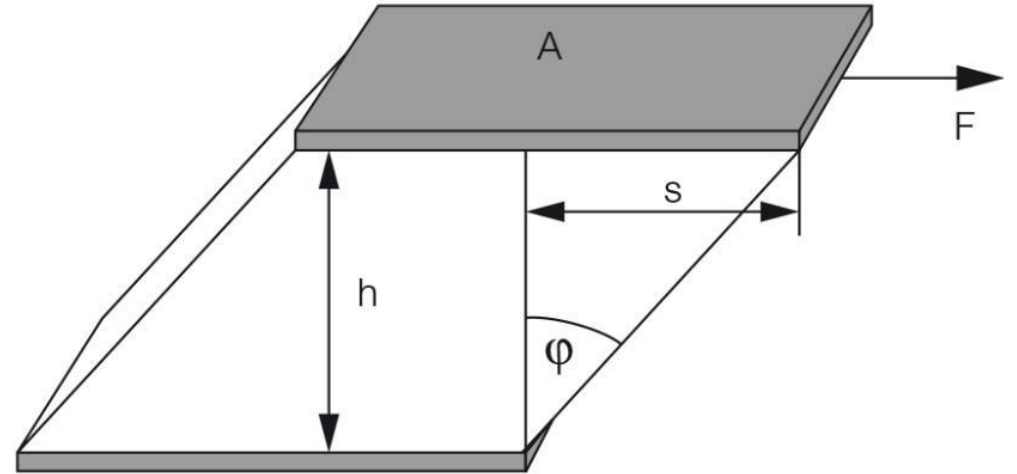
Schubspannung
[τ] = Pa

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Viskosität
[η] = Pa·s

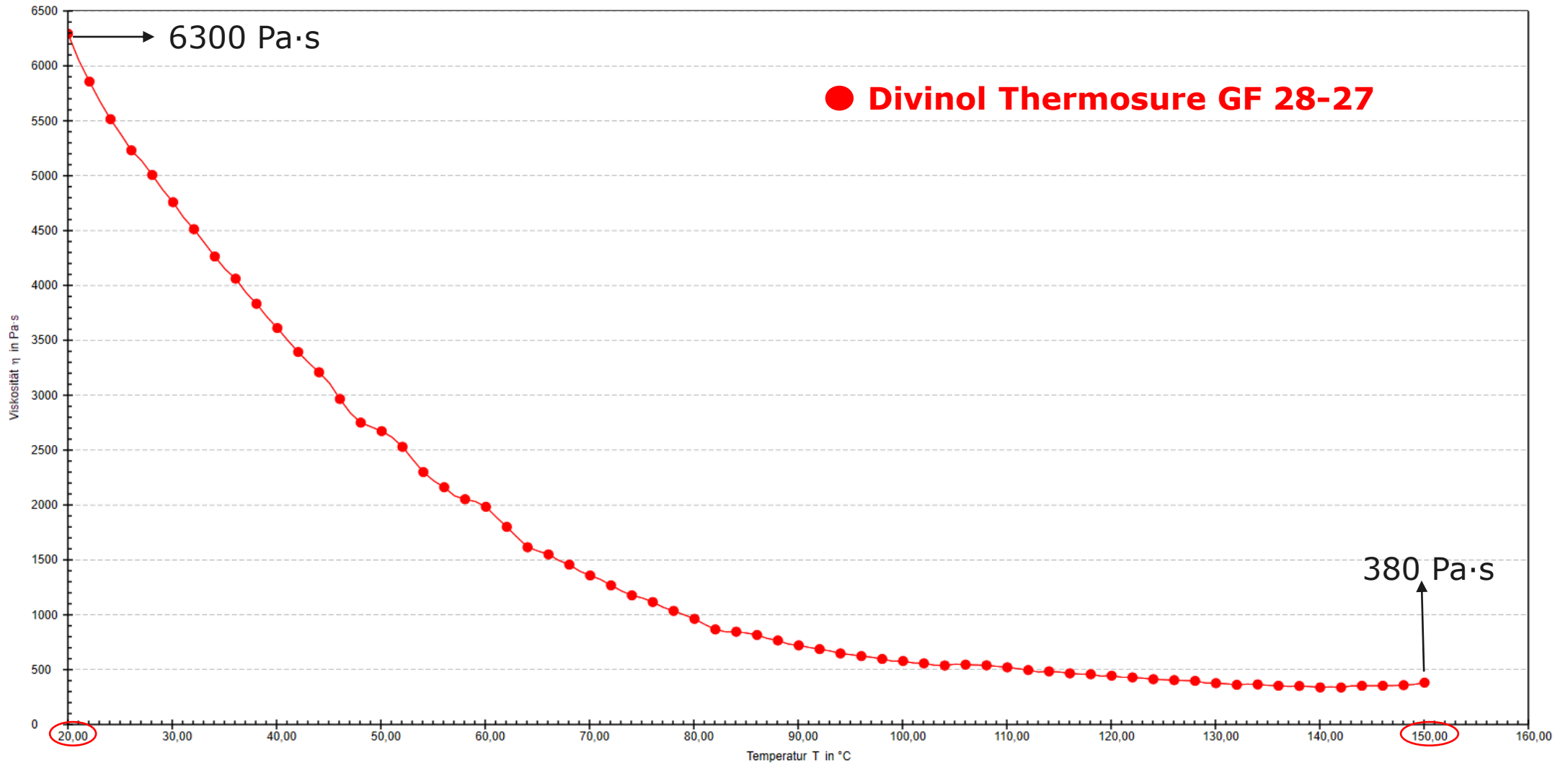
$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h} = \frac{\text{Fließgeschwindigkeit}}{\text{Spalthöhe}}$$

Scherrate
[$\dot{\gamma}$] = s⁻¹

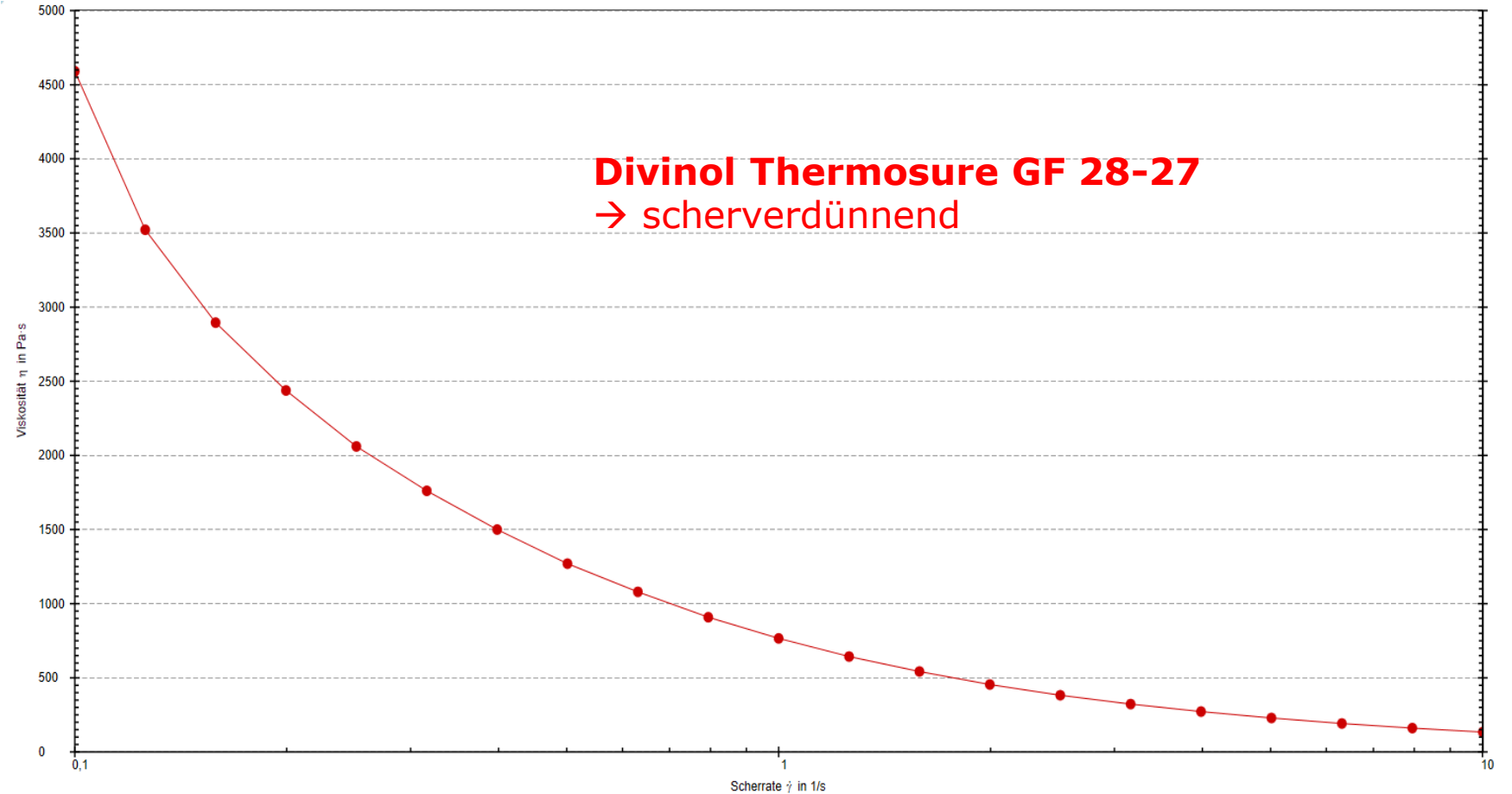
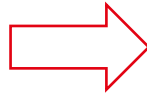
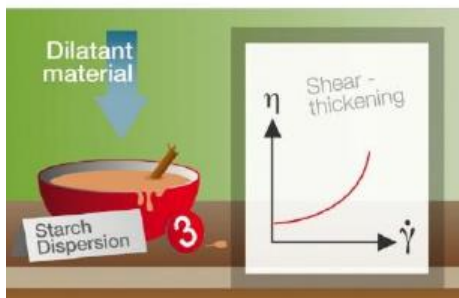
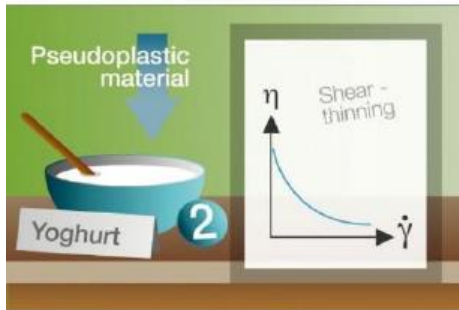
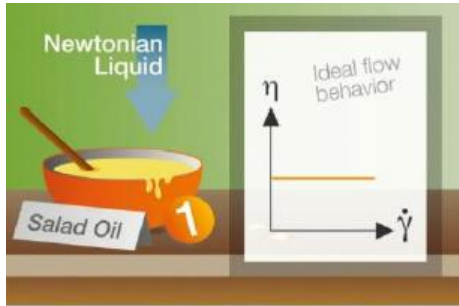


Die Viskosität ist von diesen & weiteren Parametern abhängig!

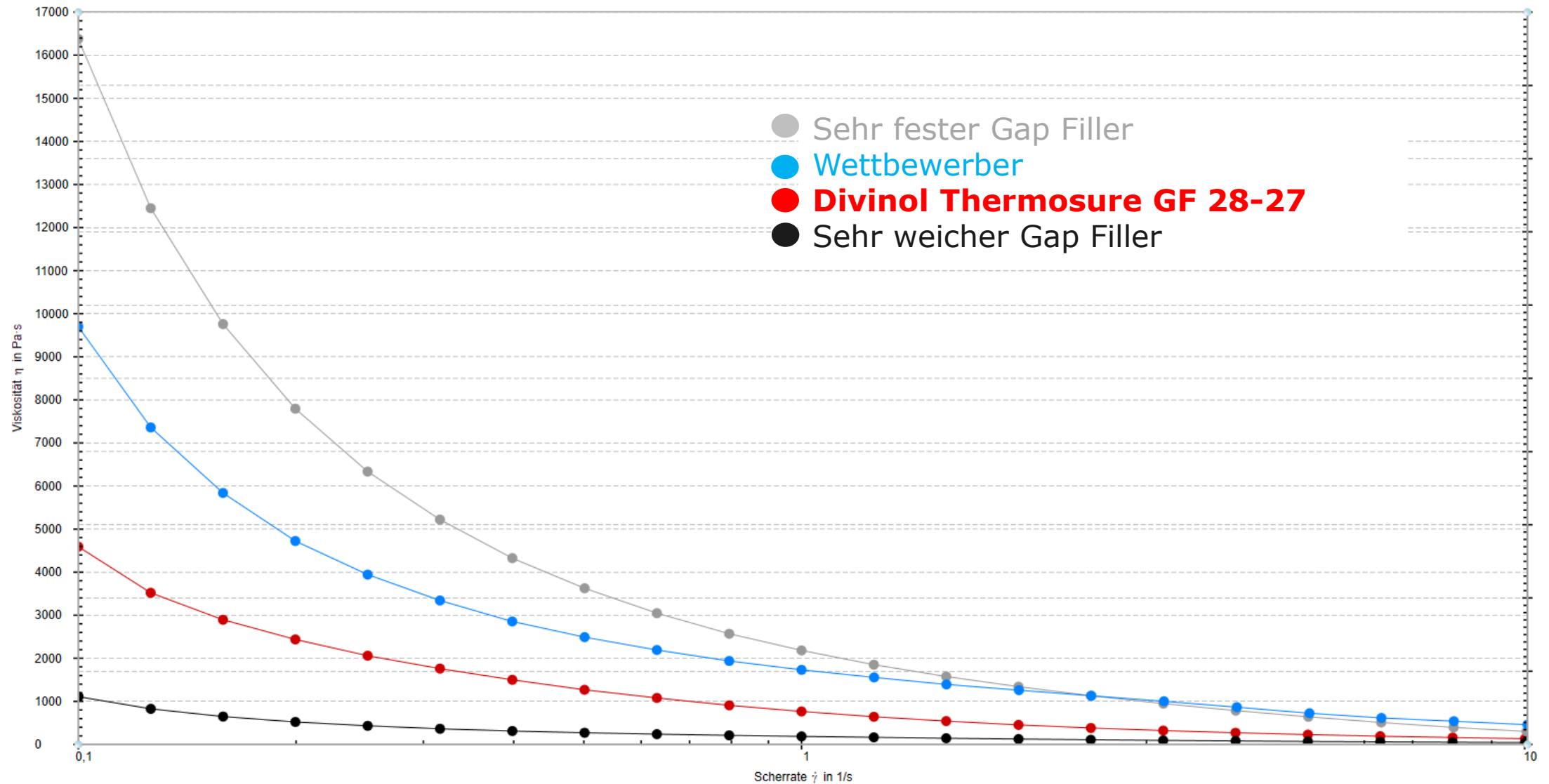
Temperaturabhängigkeit



Fließverhalten



Fließverhalten



Zusammenfassung

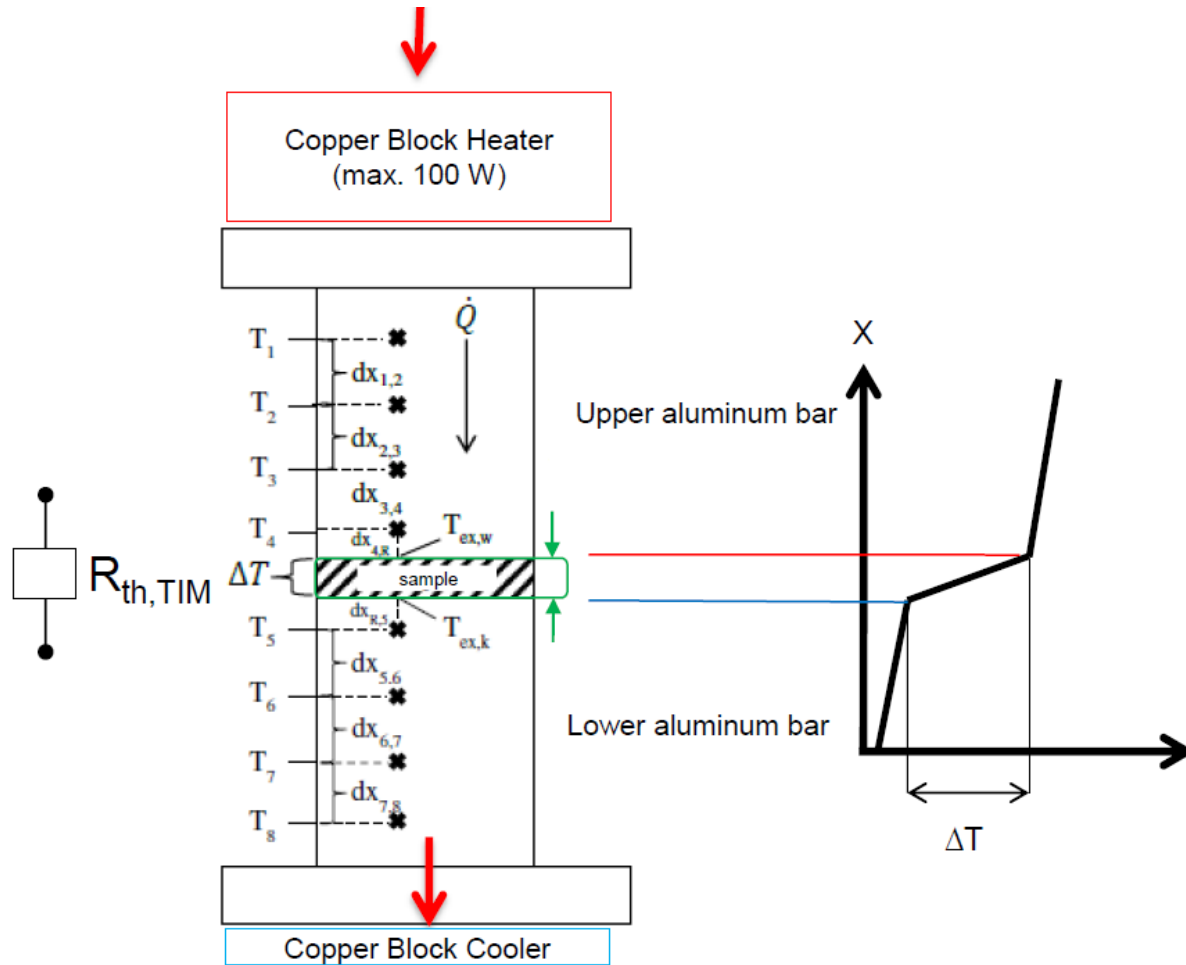
- + Die gemessene Viskosität ist eine von verschiedenen Parametern abhängige Größe:
 - Temperatur
 - Messspalthöhe
 - Geschwindigkeit
 - Art des Messsystems (Durchmesser, Oberfläche,...)



Gap Filler – TIM Tester

EXPERTLY DONE.

TIM-Tester



Messprinzip

- + Durch einen Temperaturgradienten von Wärmequelle zu Wärmesenke entsteht ein Wärmefluss der über die kalibrierten Thermoelemente (T1-T8) gemessen wird, diese Messung liefert den effektiven Thermischen Widerstand (R_{th}) des Materials.
- + Durch die Messung der Spalthöhe (über ein optisches System) Kann die thermische Leitfähigkeit berechnet werden

$$\lambda_{eff} = \frac{\Delta x}{R_{th} * A} \quad [W/(mK)]$$

Δx = thickness of sample

Messergebnisse

Material:	3347_Produktion										
Messfläche	* Messunsicherheit systematisch bezogen auf $R_{th,eff}$ II **Lineare Regression und systematische Messunsicherheit aus Einzelmessung										
A:	706,86	A [mm ²]									
konst. Spalt+Druck											
Spalt [mm]	Kraft [N]	$R_{th,eff}$ [K/W]	λ_{eff} [W/(mK)]	$R_{th,eff} \cdot A$ [mm ² K/W]	Druck [bar]	T_{Probe} [°C]	Q_{Mittel} [W]	U* [%]	U [mm ² K/W]	$R_{th,bulk} \cdot A$ [mm ² K/W]	
1,818	1	0,82	3,13	581,4	0,0	27,3	10,2	5,8	33,8	559,2	
1,618	1	0,74	3,11	519,9	0,0	27,3	10,5	5,8	30,3	497,6	
1,418	1	0,65	3,10	456,8	0,0	27,3	11,0	5,8	26,6	434,5	
1,218	1	0,56	3,06	397,6	0,0	27,3	11,4	5,9	23,3	375,3	
1,018	1	0,47	3,04	334,8	0,0	27,3	11,9	5,9	19,7	312,5	

Material:	3347_Labormuster										
Messfläche	* Messunsicherheit systematisch bezogen auf $R_{th,eff}$ II **Lineare Regression und systematische Messunsicherheit aus Einzelmessung										
A:	706,86	A [mm ²]									
konst. Spalt+Druck											
Spalt [mm]	Kraft [N]	$R_{th,eff}$ [K/W]	λ_{eff} [W/(mK)]	$R_{th,eff} \cdot A$ [mm ² K/W]	Druck [bar]	T_{Probe} [°C]	Q_{Mittel} [W]	U* [%]	U [mm ² K/W]	$R_{th,bulk} \cdot A$ [mm ² K/W]	
1,810	1	0,80	3,21	564,7	0,0	27,3	10,3	5,8	32,9	543,1	
1,612	1	0,71	3,19	504,9	0,0	27,3	10,7	5,8	29,4	483,3	
1,413	1	0,63	3,17	445,8	0,0	27,3	11,0	5,8	26,1	424,2	
1,214	1	0,55	3,14	386,7	0,0	27,3	11,5	5,9	22,6	365,0	
1,017	1	0,46	3,12	326,2	0,0	27,3	11,9	5,9	19,3	304,6	

Messergebnisse

Material: Gap Filler Alternative Matrix 1											
Messfläche	706,86	A [mm ²]	* Messunsicherheit systematisch bezogen auf R _{th,eff} II **Lineare Regression und systematische Messunsicherheit aus Einzelmessung								
konst. Spalt+Druck											
Spalt [mm]	Kraft [N]	R _{th,eff} [K/W]	λ _{eff} [W/(mK)]	R _{th,eff} ·A [mm ² K/W]	Druck [bar]	T _{Probe} [°C]	Q _{Mittel} [W]	U* [%]	U [mm ² K/W]	R _{th,bulk} ·A [mm ² K/W]	
1,818	1	0,83	3,10	587,4	0,0	27,3	10,1	5,8	34,2	561,1	
1,618	1	0,74	3,09	524,3	0,0	27,3	10,5	5,8	30,6	498,0	
1,418	1	0,65	3,06	462,6	0,0	27,3	10,9	5,8	27,0	436,3	
1,218	1	0,57	3,03	401,6	0,0	27,3	11,4	5,9	23,5	375,3	
1,017	1	0,48	3,00	339,1	0,0	27,3	11,8	5,9	20,0	312,8	

Material: Gap Filler Alternative Matrix 2											
Messfläche	706,86	A [mm ²]	* Messunsicherheit systematisch bezogen auf R _{th,eff} II **Lineare Regression und systematische Messunsicherheit aus Einzelmessung								
konst. Spalt+Druck											
Spalt [mm]	Kraft [N]	R _{th,eff} [K/W]	λ _{eff} [W/(mK)]	R _{th,eff} ·A [mm ² K/W]	Druck [bar]	T _{Probe} [°C]	Q _{Mittel} [W]	U* [%]	U [mm ² K/W]	R _{th,bulk} ·A [mm ² K/W]	
1,818	1	0,79	3,26	558,1	0,0	27,3	10,3	5,8	32,5	531,9	
1,618	1	0,71	3,23	500,1	0,0	27,3	10,7	5,8	29,2	474,0	
1,418	1	0,63	3,20	442,6	0,0	27,3	11,1	5,9	25,9	416,4	
1,218	1	0,54	3,18	383,4	0,0	27,3	11,5	5,9	22,5	357,2	
1,018	1	0,46	3,14	324,5	0,0	27,3	11,9	5,9	19,2	298,3	

Messergebnisse

Material: Gap Filler Alternative Matrix 3										
Messfläche		* Messunsicherheit systematisch bezogen auf $R_{th,eff}$ II **Lineare Regression und systematische Messunsicherheit aus Einzelmessung								
A:	706,86	A [mm ²]								
konst. Spalt+Druck										
Spalt [mm]	Kraft [N]	$R_{th,eff}$ [K/W]	λ_{eff} [W/(mK)]	$R_{th,eff} \cdot A$ [mm ² K/W]	Druck [bar]	T_{Probe} [°C]	Q_{Mittel} [W]	U* [%]	U [mm ² K/W]	$R_{th,bulk} \cdot A$ [mm ² K/W]
1,818	1	0,84	3,05	596,8	0,0	27,3	10,1	5,8	34,7	564,7
1,618	1	0,76	3,03	534,7	0,0	27,3	10,5	5,8	31,2	502,6
1,418	1	0,67	3,00	473,2	0,0	27,3	10,9	5,8	27,7	441,0
1,218	1	0,58	2,96	411,7	0,0	27,3	11,3	5,9	24,1	379,6
1,018	1	0,49	2,93	347,7	0,0	27,3	11,7	5,9	20,4	315,6

Material: Gap Filler Alternative Matrix 4										
Messfläche		* Messunsicherheit systematisch bezogen auf $R_{th,eff}$ II **Lineare Regression und systematische Messunsicherheit aus Einzelmessung								
A:	706,86	A [mm ²]								
konst. Spalt+Druck										
Spalt [mm]	Kraft [N]	$R_{th,eff}$ [K/W]	λ_{eff} [W/(mK)]	$R_{th,eff} \cdot A$ [mm ² K/W]	Druck [bar]	T_{Probe} [°C]	Q_{Mittel} [W]	U* [%]	U [mm ² K/W]	$R_{th,bulk} \cdot A$ [mm ² K/W]
1,817	1	0,85	3,02	601,3	0,0	27,3	10,1	5,8	35,0	560,3
1,617	1	0,76	3,00	538,6	0,0	27,3	10,4	5,8	31,3	497,6
1,416	1	0,68	2,96	478,9	0,0	27,3	10,8	5,8	28,0	438,0
1,217	1	0,59	2,92	417,1	0,0	27,3	11,2	5,8	24,4	376,1
1,017	1	0,50	2,88	353,8	0,0	27,3	11,7	5,9	20,8	312,9



Cool down with Zeller-Gmelin.

Expertly done.

EXPERTLY DONE.