

ID N° 15988 - DiVA-Method: Constant Rate Measurement

Methyleniodid 20-30°C

Methyleniodid, Diiodmethane, Aldrich Cat.: 15,842-9, 99% GC, Lot 80630023.

Sample/Ref.: **Diiodmethan**

Results at 25,0°C

Viscosity: $\eta_{(100s^{-1})} = 2,613 \pm 0,027 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, $\nu = 0,7901 \pm 0,0082 \text{ mm}^2/\text{s}$

- Temperature coefficient: $\kappa_{\eta} = 15,6 \cdot 10^{-3}/\text{K}$

Density: $\rho = 3,3070 \pm 0,00012 \text{ g/cm}^3$

- Coefficient of thermal expansion: $\kappa = 81,9 \cdot 10^{-5}/\text{K}$

Report

• 1. MESSPRINZIP

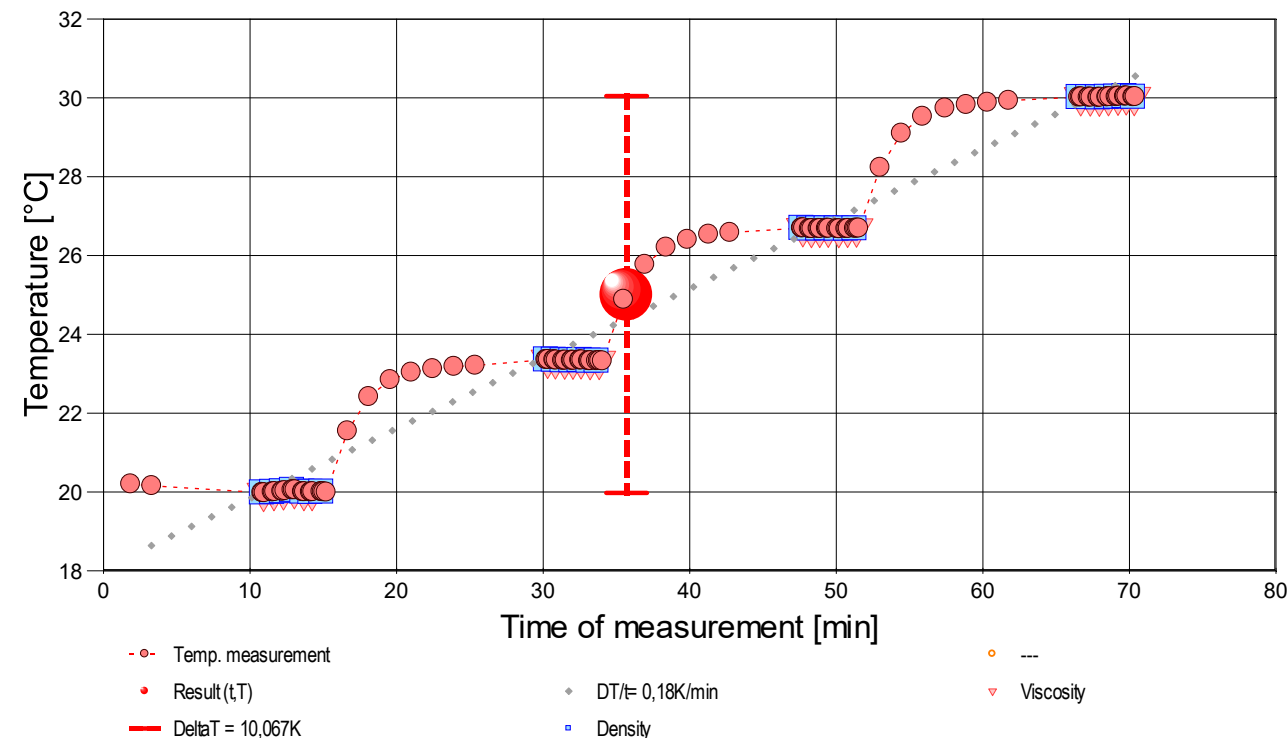
Die 'DiVA'-Methode beruht auf Kraftmessungen an einem Zylinder, der sich in einem zylindrischen Messgefäß mit der Probenflüssigkeit befindet. Dabei ist der zylindrische Messkörper über eine Aufhängung mit einem Kraftsensor verbunden. Das Gefäß wird durch die Plattform vertikal bewegt und positioniert. Wird die Plattform nach unten bewegt, so fließt das Probenfluid um den stillstehenden Messzylinder durch den ringförmigen Spalt. Die lineare Strömung entlang der Messkörperoberfläche überträgt dadurch eine Kraft. Das ist die Schubspannung, die genau der Viskosität der Probe entspricht. - Eine Relativgeschwindigkeit zwischen den Zylindern fördert parallel ein exakt proportionales Probenvolumen durch den Ringspalt. Das Strömungsprofil ist durch die geometrischen Verhältnisse definiert, Geschwindigkeit, Strömung, Kraft gehorchen wie das *Hagen-Poiseuille*'sche Gesetz der *Navier-Stokes*-Gleichung. M5 DiVA ermöglicht unter Berücksichtigung von Aufhängungs- und Auftriebseffekten sowie der Strömungskinetik die sehr präzise Bestimmung der Viskosität (η). Indem sich, wie in dieser Messung bei festgelegter Deformation (der Schergeschwindigkeit 100 s^{-1} kommt etwa die Bedeutung von *leichtem Pumpen, Auftragen* gleich), die Proben temperatur ändert, werden die Temperaturabhängigkeiten der Viskosität (Temperaturkoeffizient κ_{η}) und der Dichte (Ausdehnungskoeffizient κ) bestimmbar und die Arrhenius-Andrade Gleichung wird angewendet, um *Aktivierungs- bzw. Platzwechselenergie* zu bestimmen.

-- Auf den Messkörper wirken stets durch die *Dichte* des Probenfluids bedingte Auftriebskräfte. Die Dichte ρ gibt als *spezifische Masse* die Stoffmenge an, die in einem Volumen vorliegt. Sie ist ebenfalls eine besonders temperaturabhängige Stoffkonstante und wird simultan mittels Auftriebswägung am ruhenden Zylinder-Messkörper bestimmt: Diese *hydrostatische Wägung* basiert darauf, dass "ein in einer Flüssigkeit untertauchender Körper (Messkörper) um den Betrag *leichter* erscheint, wie die seinem Volumen entsprechende Flüssigkeitsmenge wiegt." Damit aus der Auftriebskraft des Messkörpers die Dichte exakt berechnet werden kann, ist das Messkörpervolumen unter den jeweils vorliegenden Bedingungen entscheidend.

- Verglichen mit etablierten Rotationsviskosimeter-Techniken bietet M5 DiVA überhaupt Kohärenz, Integrität und Haltbarkeit, eine deterministische Messtechnik ohne \times Oberflächeneffekte, \times Wirbelbildung, \times Zentrifugalkräfte, \times Lagerreibung oder \times unklare Scher-historien und dazu absolut maximale Ressourceneffizienz. IMETER M5 DiVA-Ergebnisse sind metrologisch rückführbar und kohärent mit Ergebnissen aus Referenzverfahren (Kapillarviskosimeter, Pyknometer). Vgl. Referenz M5 DiVA 'https://imeter.de/?view=article&id=73' - **Beispiele & Auftragsmessungen über 'www.imeter.de/?view=article&id=58'**

• 2. ÜBERSICHT

Die Viskosität wurde 27-mal gemessen, die Dichte 28-mal. Messdauer eine Stunde; stufig, zwischen 20,0 und 30,0°C ansteigender Temperaturverlauf, vier Temperaturniveaus; mit drei Stufen; 3,4 K Temperaturunterschied je Stufe, mit jeweils sieben Viskositätsmesswerten. - Diagramm 1. Temperaturverlauf und Übersicht - 't/T-Protokoll'



- Mit Diagramm 1. ('t/T-Protokoll') wird eine Übersicht gezeigt, die den Temperaturverlauf in der Messung und eine Zusammenfassung der Vorgänge anzeigt. -- Die Kreismarkierungen zeigen Temperaturmesswerte an; die blauen Quadrate stehen für Zeitpunkt und Temperaturzuordnung von Dichtemessungen, rote Winkel für Viskositätsmessungen.

• 3. VISKOSITÄTS - MESSUNG

27 Messwerte; Zeitbereich 11 bis 70 min, Temperatur $\Delta T = +10,064 \text{ K}$

Ergebniswert: $\eta_{25^\circ\text{C}} = 2,613 \pm 0,026 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ bzw. $\pm 1,00\%$ (298,15 K)

Streuung: $\pm 0,0027$ mPa·s absolute bzw. 0,10% relative Standardabweichung

Berechnung: lineare Regressionsgleichung temperaturabhängig.

Temperaturzusammenhang zwischen 19,979 und 30,043 °C:

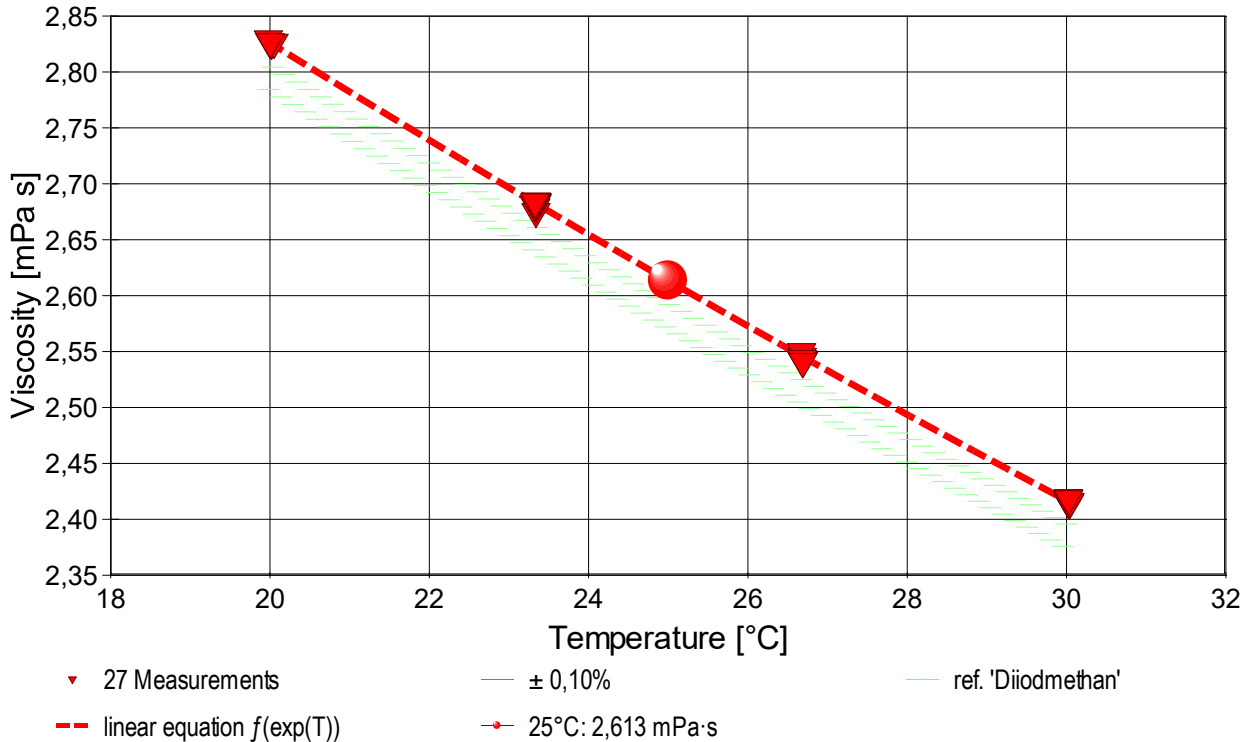
$$\eta \text{ [mPa}\cdot\text{s]} = f(\vartheta[\text{°C}]) = 3,864 \cdot e^{(-15,646 \cdot \vartheta / 1000)} \text{ mit } r^2=0,99970, s^2=7,05E-6$$

Messung bei konstanter Schergeschwindigkeit (CR): $\dot{\gamma} = 100 \pm 0,043 \text{ s}^{-1}$.

Der Temperaturkoeffizient der Viskosität κ_η mit $15,6 [10^{-3}\text{K}^{-1}]$ entspricht gewöhnlichen Werten gut (etwas unter 'Normal'). Die relative Änderung der Viskosität mit der Temperatur beträgt 1,6%, entsprechend 0,041 mPa·s pro Grad bei der Angabetemperatur 25°C.

- Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Formeln stellen Vorschläge dar, wobei sich aus den Umständen der Messung ggf. andere Zusammenhänge ergeben können. Ein 'normaler' Temperaturkoeffizient der Viskosität reicht bei 25°C von etwa 5 bis $35 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$. Der Korrelationskoeffizient zeigt die Qualität der gegenseitigen Abhängigkeit an (r^2 , der hier wohl 'ziemlich gut' zu nennen ist). Die Präzision zwischen den Messwerten und der Regressionsgleichung wird durch die Varianz (s^2) der Residuen qualifiziert - die Standardabweichung ($\sqrt{s^2}$) sollte deutlich kleiner als die anzunehmende Messunsicherheit sein.

- Diagramm 2. Temperaturabhängigkeit der Viskosität - 'eta-Temp.'



- Das Diagramm 2, "eta-Temp.", zeigt die 27 Viskositätsmesswerte als Dreiecke bei der jeweils beigemessenen Temperatur. Der Angabewert bei 25°C für die Diiodmethan-Probe ist als Kugelmarke abgebildet; der Bereich der Messunsicherheit wird zwischen den beiden feinen Linien ausgewiesen. Der Verlauf der Regressionsfunktion ist als dicke, gestrichelte Linie gezeichnet, und die hinterlegte Referenzfunktion zu 'Diiodmethan-' ist schraffiert in der Breite der Messunsicherheit eingezeichnet.

Die thermodynamische Formulierung gemäß der Arrhenius-Andrade Beziehung lautet für die Diiodmethan-Probe zwischen 20 und 30°C :

$$\eta \text{ [mPa}\cdot\text{s]} = f(T[\text{K}]) = 0,024561 \cdot e^{1391,3/T} \text{ mit } r^2=0,99988 \text{ und } s^2=0,0000057$$

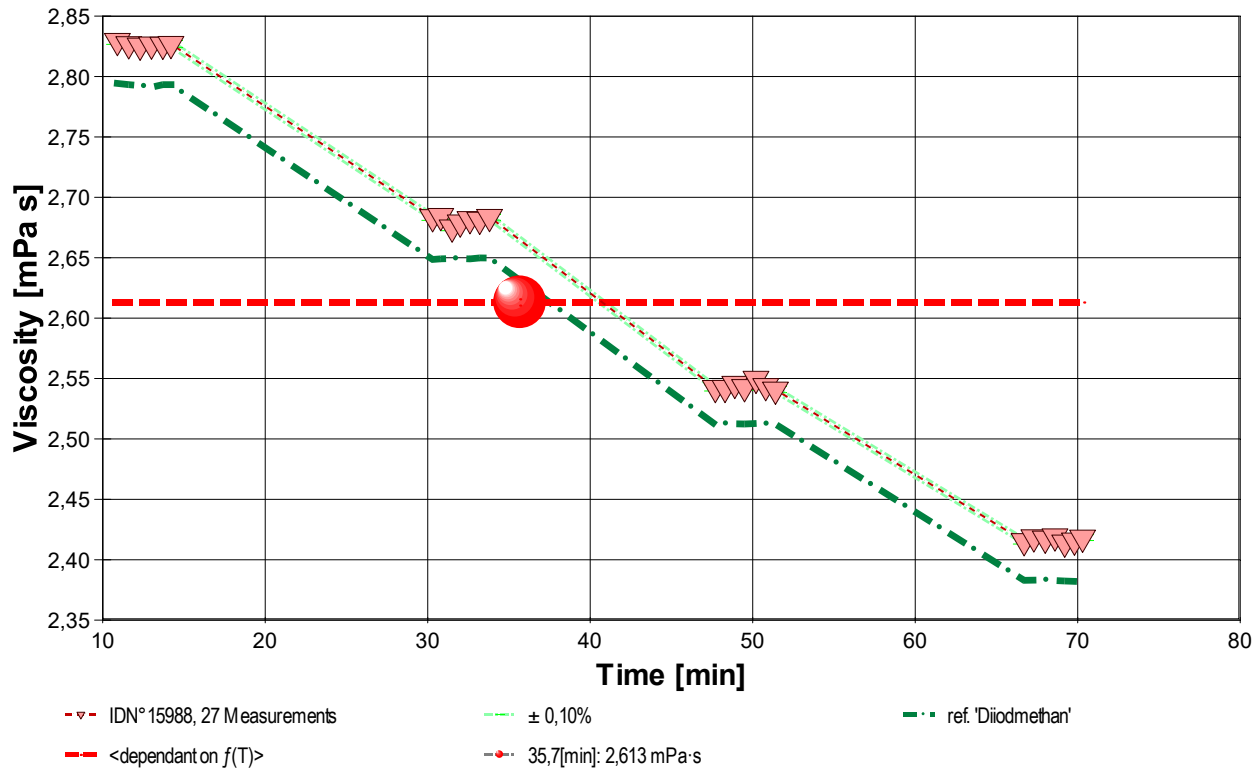
- Die Arrhenius Gleichung der Form " $k = A \cdot e^{-E_a/RT} = \eta$ " gibt in Entsprechung der Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten k die Viskosität η an. In der Gleichung bedeuten die beiden Konstanten 'A' Arrheniusfaktor bzw. eine Materialkonstante ($\ln(A)=-3,7066$) sowie ' E_a ' die Aktivierungs- bzw. Platzwechselenergie. $E_a=-11,568$ kJ/mol (R ist die allgemeine Gaskonstante). Weil A temperaturabhängig ist, gilt die Gleichung als wenig extrapolierbar.

Mit der ebenfalls in Temperaturabhängigkeit gemessenen Dichte (ρ) kann die kinematische Viskosität (ν) gemäß $\nu = \eta / \rho$ als Funktion der Temperatur angegeben werden. Ein Berechnungsterm für ν in der Einheit Centistokes (cSt [mm^2/s]) ergibt sich nach:

$$\nu \text{ [mm}^2/\text{s]} = f(\vartheta[\text{°C}]) = 3,8644 \cdot e^{(-0,015646 \cdot \vartheta)} / (3,3748 - 0,0027096 \cdot \vartheta)$$

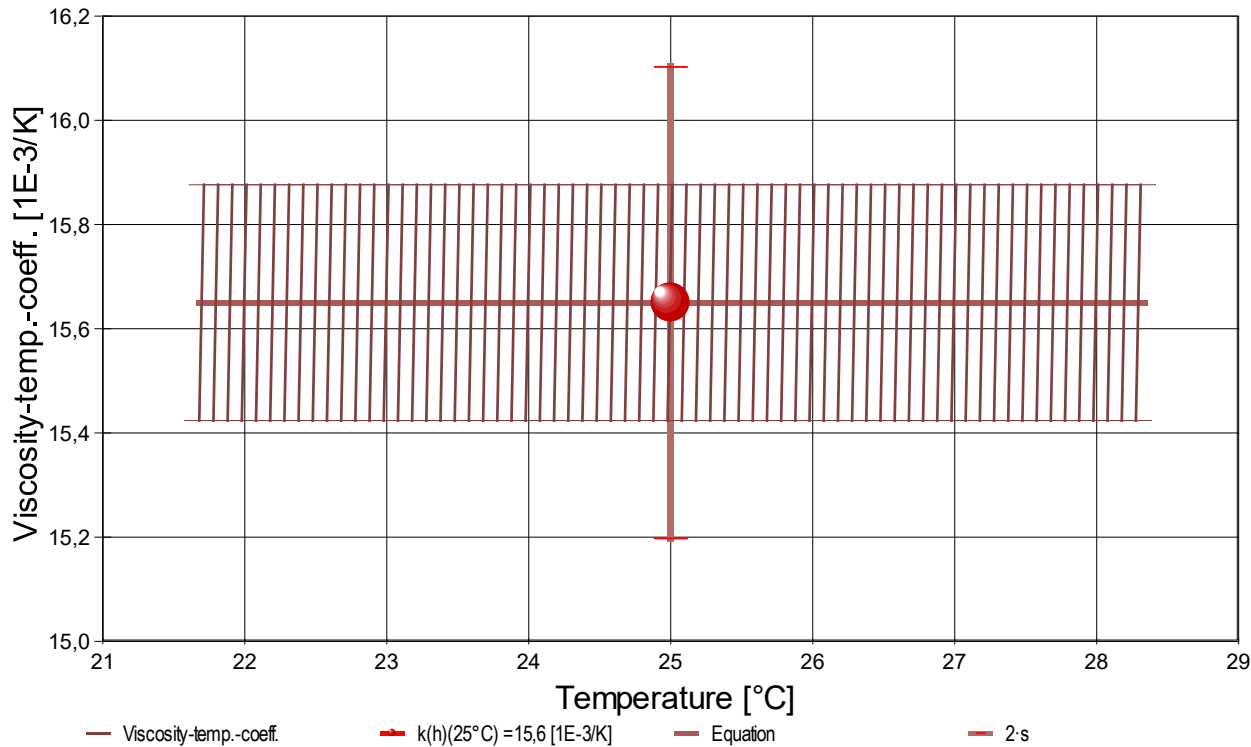
- Die kinematische Viskosität stellt die Zähigkeit eines Fluids inklusive seiner Massenträgheit dar, aus ihr kann ggf. der Viskositätsindex (VI) nach ASTM D2270 berechnet werden. .

- Diagramm 3. Der zeitliche Verlauf der Viskositätswerte - 'eta-Zeit'



- Im Diagramm 3, "eta-Zeit", sind die einzelnen Messwerte als Dreiecke in zeitlicher Sequenz abgebildet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Bereich der Unsicherheit eingezeichnet. Referenzwerte werden zum jeweiligen Zeitpunkt temperaturgetreu dargestellt.

- Diagramm 4. Temperaturkoeffizient der Viskosität - 'kh-f(T,t)'



- Das Diagramm 4, "kh-f(T,t)", zeigt den Verlauf des Viskositäts-Temperaturkoeffizienten κ_η aus der Ableitung der Viskositätsgleichung an. Die Breite der Linie entspricht der angesetzten Präzision. Der Angabewert ist separat eingezeichnet. Aus dem Diagramm ist die relative Änderung der Viskosität in Prozent einfach zu entnehmen, indem der jeweilige Ordinatenwert (in % gegeben) durch Zehn geteilt wird.

Aus dem Verlauf der Viskositätsmesswerte ergibt sich keine Temperaturabhängigkeit des Koeffizienten im durchmessenen Intervall: $\kappa_\eta = 15,6 \pm 0,2 [10^{-3} \cdot K^{-1}]$.

Die Abnahme der Viskosität bei steigender Temperatur beträgt konstant 1,6% pro Grad.

- Die Berechnung der Viskosität bei einer anderen Temperatur im Messbereich ausgehend von einem bekannten Wert η° erfolgt nach $\eta = \eta^\circ \cdot e^{(\kappa_\eta \cdot \Delta T)}$ (Die für Temperaturkoeffizienten gebräuchliche Formulierung ' $\eta = \eta^\circ \cdot (1 + \kappa_\eta \cdot \Delta T)$ ' ist hier nicht verwendbar!). -

Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Daten und Ergebnisse der Viskositätsmessung. Weiter unten folgen die Tabellen 2 und 3, wodurch eine vollständige Datenkollektion zu Rückverfolgbarkeit, Diagnose und Überprüfung der Sachverhalte mit diesem Report vorliegt.

Tabelle 1: Daten der Viskositätsmessung

N° IDN°15988	t [min]	θ [°C]	η [mPa·s]	v _z [mm/s]	F _z [mN]	τ [Pa]	v _{max} [mm/s]	γ̇ [s ⁻¹]	Re [Zahl]
1.	10,9	19,979	2,830	9,252	2,4369	0,2829	38,50	99,964	95,8

2.	11,6	20,002	2,827	9,252	2,4346	0,2826	38,50	99,965	95,9
3.	12,3	20,020	2,826	9,252	2,4335	0,2825	38,50	99,965	95,9
4.	13,0	20,051	2,827	9,252	2,4343	0,2826	38,50	99,965	95,9
5.	13,7	20,002	2,826	9,252	2,4342	0,2825	38,50	99,965	95,9
6.	14,2	20,002	2,827	9,252	2,4347	0,2826	38,50	99,965	95,9
[7.	15,0	20,001	2,835	9,252	2,4417	0,2834	38,50	99,965	95,6]*
8.	30,3	23,357	2,684	9,252	2,3128	0,2684	38,50	100,00	101
9.	30,8	23,344	2,685	9,252	2,3137	0,2685	38,50	100,00	101
10.	31,5	23,339	2,675	9,252	2,3055	0,2675	38,50	100,00	101
11.	32,0	23,338	2,679	9,252	2,3090	0,2679	38,50	100,00	101
12.	32,6	23,345	2,682	9,252	2,3115	0,2682	38,50	100,00	101
13.	33,2	23,326	2,682	9,252	2,3110	0,2682	38,50	100,00	101
14.	33,8	23,328	2,684	9,252	2,3129	0,2684	38,50	100,00	101
15.	47,7	26,697	2,542	9,252	2,1925	0,2543	38,51	100,04	106
16.	48,3	26,678	2,542	9,252	2,1925	0,2543	38,51	100,04	106
17.	48,9	26,681	2,546	9,252	2,1953	0,2547	38,51	100,04	106
18.	49,5	26,686	2,543	9,252	2,1931	0,2544	38,51	100,04	106
19.	50,2	26,675	2,550	9,252	2,1989	0,2551	38,51	100,04	106
20.	50,8	26,682	2,544	9,252	2,1938	0,2545	38,51	100,04	106
21.	51,4	26,689	2,541	9,252	2,1912	0,2542	38,51	100,04	106
22.	66,7	30,020	2,415	9,252	2,0845	0,2417	38,52	100,08	111
23.	67,3	30,016	2,419	9,252	2,0873	0,2420	38,52	100,08	111
24.	68,0	30,011	2,417	9,252	2,0863	0,2419	38,52	100,08	111
25.	68,6	30,024	2,419	9,252	2,0879	0,2421	38,52	100,08	111
26.	69,2	30,035	2,414	9,252	2,0835	0,2416	38,52	100,08	111
27.	69,8	30,043	2,416	9,252	2,0849	0,2418	38,52	100,08	111
28.	70,3	30,026	2,418	9,252	2,0870	0,2420	38,52	100,08	111

*[Die Messung N° 7 wurde durch den Prüfer von den Resultaten ausgenommen.]

Tabellensymbole: t Zeitpunkt [min], θ Temperatur [°C], η Messwert Viskosität [mPa·s], v_z Beweg- bzw. Relativgeschwindigkeit zwischen Messkörper und Röhre [mm/s], F_z viskositätsbedingte Kraft am Messkörper [mN], τ Schubspannung [Pa], v_{max} maximale Strömungsgeschwindigkeit [mm/s], $\dot{\gamma}$ Schergeschwindigkeit [s⁻¹], Re Reynoldszahl.

- Tabelle 1 listet die wesentlichen Kennzahlen zu den einzelnen Messungen auf. Die zentrale Messgröße ist in der Spalte F_z angegeben; sie ist die 'rein-viskose' Kraft und zentrale Größe für die Berechnung der Viskosität durch die IMETER-Ringspaltgleichung. Sie wird nach Korrekturen aus der stationären Kraft (F_w) erhalten. Berücksichtigt werden die Auftriebskräfte von Zylinder (F_p) und Aufhängung (F_{hp}), der geschwindigkeitsproportionale Druckverlust durch die kinetische Energie und die Reibung in der Einlaufzone des Ringspalt (F_z), die viskose Reibung der Messzylinder-Aufhängung im Medium (F_{hm}), die rekursiv bestimmt wird. Die reibungsbedingte Kraft am Messkörper ergibt sich aus $F_z = F_w - F_p - F_{hp} - F_z - F_{hm}$. Die Korrekturen sind in der nächsten Tabelle aufgeschlüsselt. Die Schubspannung τ entspricht der rein durch die Viskosität des Mediums je Quadratmeter der Zylindermantelfläche ausgeübten Kraft. v_{max} ist die Maximalgeschwindigkeit eines Newton'schen Fluids im Ringspalt relativ zum Messzylinder. Sie ergibt sich aus der Bewegungsgeschwindigkeit und dem geometrischen Aufbau. Die mittlere Geschwindigkeit (nicht in der Tabelle ausgegeben; $v_m = v_z \cdot ra^2 / (ra^2 - ri^2)$), mit ra Röhrenradius und ri Zylinderradius) wird für die Berechnung der Reynoldszahl benötigt. $Re = \rho \cdot v_m \cdot d / \eta$, mit der charakteristischen Länge d , die (wie bei Rohrströmungen) für den Ringspalt aus dem hydrodynamischen Radius mit $d = 2(ra - ri)$ berechnet wird. Die Scherrate, Schergeschwindigkeit oder Deformation $\dot{\gamma}$, die für die Berechnung verwendet werden, ist berechnet als Geschwindigkeitsgradient unmittelbar an der Zylinderoberfläche.

Tabelle 2, Detaildaten zur Viskositätsmessung I.

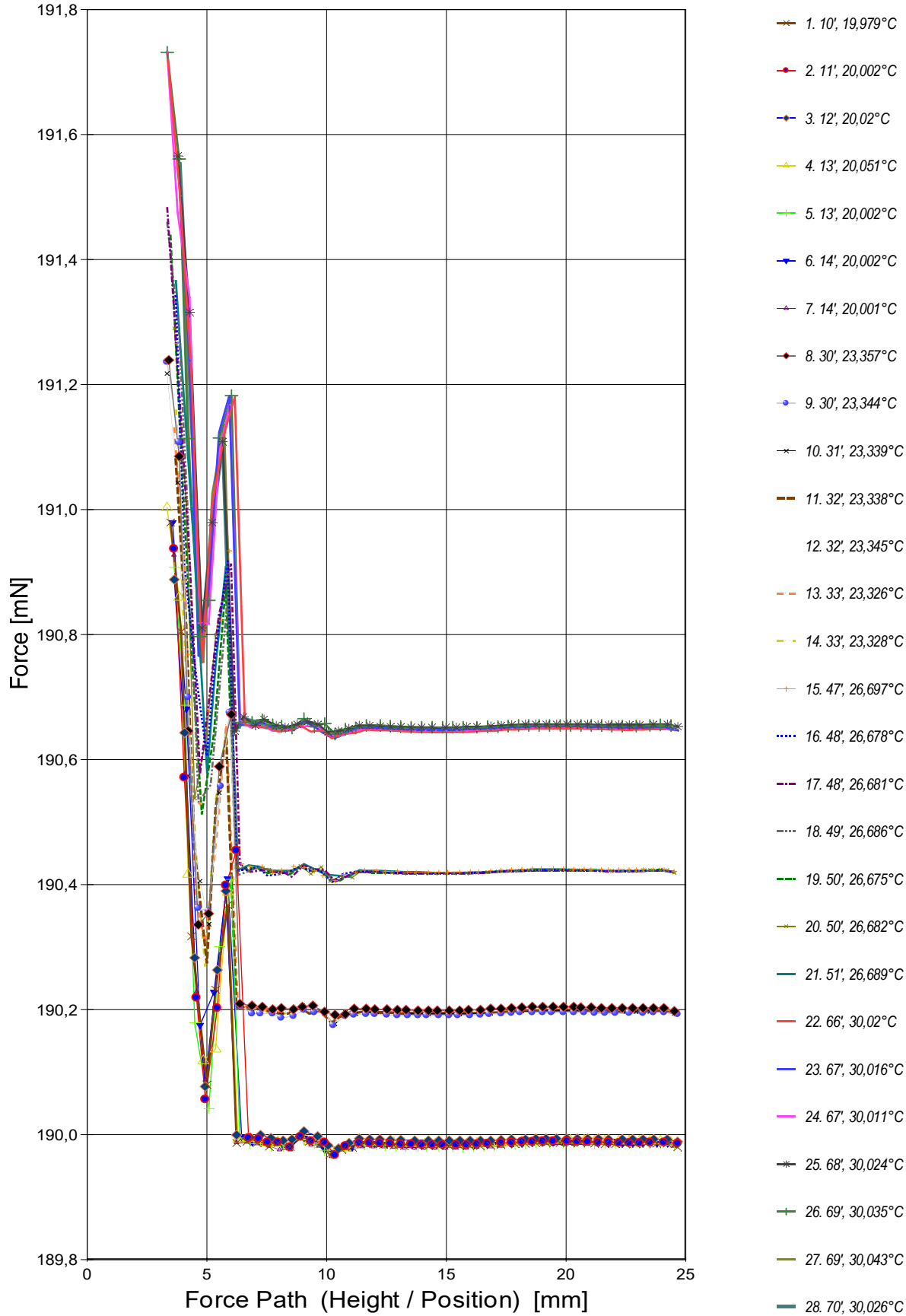
N°	F_w	σ_{Fw}	$\sigma_{Fw\ rel}$ -- Alle Werteinträge in [mN] --	F_p	F_{hp}	F_z	F_{hm}	N/n Datenauswahl
1.	189,9846	0,001844	9,7 ppm	187,3428	0,01484	0,219	9,97E-04	22/48
2.	189,9870	0,001997	11 ppm	187,3474	0,01470	0,219	9,86E-04	22/47
3.	189,9923	0,001205	6,3 ppm	187,3539	0,01484	0,219	9,96E-04	22/47
4.	189,9882	0,002202	12 ppm	187,3488	0,01469	0,219	9,86E-04	21/46
5.	189,9845	0,002220	12 ppm	187,3451	0,01457	0,219	9,78E-04	22/47
6.	189,9855	0,001781	9,4 ppm	187,3458	0,01475	0,219	9,90E-04	20/43
[7.	189,9846	4,111E-04	2,2 ppm	187,3379	0,01470	0,219	9,89E-04	6/48]*
8.	190,2022	0,001974	10 ppm	187,6849	0,01473	0,218	9,41E-04	23/50
9.	190,1939	0,001982	10 ppm	187,6755	0,01459	0,218	9,32E-04	23/49
10.	190,1962	0,001894	10,0 ppm	187,6861	0,01461	0,218	9,30E-04	23/49
11.	190,1966	0,001794	9,4 ppm	187,6830	0,01473	0,218	9,39E-04	23/49
12.	190,1952	0,001585	8,3 ppm	187,6791	0,01461	0,218	9,33E-04	22/47
13.	190,1964	0,001821	9,6 ppm	187,6808	0,01470	0,218	9,39E-04	22/47
14.	190,1994	4,504E-04	2,4 ppm	187,6819	0,01471	0,218	9,40E-04	5/48
15.	190,4239	0,001776	9,3 ppm	188,0275	0,01484	0,218	9,01E-04	23/50
16.	190,4215	0,001555	8,2 ppm	188,0251	0,01479	0,218	8,98E-04	23/50
17.	190,4208	0,001559	8,2 ppm	188,0214	0,01457	0,218	8,85E-04	22/48
18.	190,4208	0,001648	8,7 ppm	188,0237	0,01467	0,218	8,91E-04	22/48
19.	190,4239	4,026E-04	2,1 ppm	188,0209	0,01461	0,218	8,90E-04	5/48
20.	190,4219	0,001796	9,4 ppm	188,0243	0,01486	0,218	9,02E-04	24/51
21.	190,4220	0,001626	8,5 ppm	188,0269	0,01476	0,218	8,96E-04	21/45
22.	190,6473	0,002159	11 ppm	188,3590	0,01438	0,217	8,32E-04	22/47
23.	190,6511	0,001748	9,2 ppm	188,3603	0,01472	0,217	8,52E-04	23/49
24.	190,6490	0,001984	10 ppm	188,3591	0,01463	0,217	8,46E-04	22/48
25.	190,6551	0,001831	9,6 ppm	188,3636	0,01463	0,217	8,47E-04	22/47
26.	190,6536	0,001265	6,6 ppm	188,3665	0,01453	0,217	8,40E-04	22/48
27.	190,6539	0,001390	7,3 ppm	188,3655	0,01467	0,217	8,48E-04	22/48
28.	190,6506	0,001695	8,9 ppm	188,3600	0,01463	0,217	8,47E-04	22/47

*[Die Messung N° 7 wurde durch den Prüfer von den Resultaten ausgenommen.]

Tabellensymbole: F_w Betrag der gemittelten stationären Kraft bei Bewegung des Zylinders [mN], σ_{Fw} Standardabweichung der Kraftmesswerte des stationären Bereichs [mN], $\sigma_{Fw\ rel}$ relative Standardabweichung [-], F_p Auftriebskraft des ruhenden Zylinder inkl. Auftrieb der Suspension [mN], F_{hp} Auftriebskraft durch das tauchende Volumen der Suspension [mN], F_z Term für den Druckabfall durch die Bildung des Strömungsprofils (Kinetische Energie-Korrektur) [mN], F_{hm} Kraftwertmittelwert infolge der Flüssigkeitsreibung an der Suspension [mN], N/n Abtastung: Anzahl verwendeter (N) und '/' Anzahl vorhandener Kraftmesswerte (n) zur Bildung von F_w .

- In der Tabelle 2 sind die Mess- und Zwischenergebnisse zur Bilanzierung der Kräfte zusammengestellt. Die dabei in Betracht gezogene Messwertauswahl ist in der letzten Spalte 'N/n' angegeben; durch den angewendeten Cutoff-Algorithmus werden Druckstöße und Pendelvorgänge besonders am Messkurvenanfang ausgeblendet (Das Diagramm 5, Force_Path, unterhalb, zeigt eine größere Wertemenge an, als für die Berechnung verwendet wird). Neben den statischen Korrekturen ist mit F_z die kinetischen Energie-Korrektur angegeben, die analog zu (Glas-) Kapillarrisosimetern mit dem Faktor ζ der 'Hagenbach-Couette'-Korrektur entspricht: $F_z = 1/2 \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v_m^2 \cdot \zeta$

→ Diagramm 5. Die 'Kraft-Weg-Rohdaten' - 'Force_Path'



- Diagramm 5, "Force_Path", zeigt die zur Bewegung am Messkörper auftretenden Kräfte Der Streckenbezug ('Position') gibt den Abstand der Messkörperunterseite vom Podest bzw. Gefäßboden an. -- Von den als Messkurven abgebildeten Daten wird lediglich ein zum Kurvenende hin gelegene Teilmenge zur Bestimmung der stationären Gesamtkraft (F_w) verwendet. Abweichungen oder Kurven-Störungen betreffen die Angaben zu Noise und Messunsicherheit Σ_σ . Das Gesamtvolumen im Ringspalt von 2,93 cm³ wird über die Bewegungstrecke von 22,0 mm komplett ausgetauscht.

Tabelle 3: Detailedaten zur Viskositätsmessung II.

N°	'Noise' [μPa/mm]	H _{Start} [mm]	L _{cn} [mm]	D _{RSP} [mm]	ΔD _{RSP} [μm]	Ø _{zyl.} [mm]	L _{zyl.} [mm]	Σ _σ [mPa-s]	Σσ _{rel.}
1.	9,26E-05	3,482	21,177	1,495	0,407	13,0099	42,9985	0,029	1,0%
2.	1,25E-04	3,629	21,029	1,495	0,406	13,0099	42,9985	0,029	1,0%
3.	5,19E-05	3,639	21,020	1,495	0,404	13,0099	42,9985	0,029	1,0%
4.	9,02E-05	3,334	21,038	1,495	0,402	13,0100	42,9985	0,029	1,0%
5.	8,85E-05	3,639	20,881	1,495	0,406	13,0099	42,9985	0,029	1,0%
6.	9,14E-05	3,565	20,677	1,495	0,406	13,0099	42,9985	0,029	1,0%
[7.	2,03E-05	3,620	20,890	1,495	0,406	13,0099	42,9985	0,029	1,0%]*

8.	1,06E-04	3,408	21,112	1,495	0,133	13,0107	43,0009	0,027	1,0%
9.	8,85E-05	3,334	21,325	1,495	0,134	13,0106	43,0008	0,027	1,0%
10.	8,59E-05	3,334	21,177	1,495	0,135	13,0106	43,0008	0,027	1,0%
11.	1,10E-04	3,694	20,973	1,495	0,135	13,0106	43,0008	0,027	1,0%
12.	7,25E-05	3,778	20,594	1,495	0,134	13,0107	43,0008	0,027	1,0%
13.	1,10E-04	3,639	21,020	1,495	0,136	13,0106	43,0008	0,027	1,0%
14.	2,03E-05	3,713	20,668	1,495	0,136	13,0106	43,0008	0,027	1,0%
15.	1,02E-04	3,768	20,742	1,495	-0,138	13,0114	43,0032	0,026	1,0%
16.	1,19E-04	3,704	20,807	1,495	-0,136	13,0114	43,0032	0,026	1,0%
17.	7,35E-05	3,343	21,029	1,495	-0,136	13,0114	43,0032	0,026	1,0%
18.	7,72E-05	3,343	21,168	1,495	-0,137	13,0114	43,0032	0,026	1,0%
19.	1,82E-05	3,481	20,594	1,495	-0,136	13,0114	43,0032	0,026	1,0%
20.	1,14E-04	3,639	20,881	1,495	-0,136	13,0114	43,0032	0,026	1,0%
21.	8,58E-05	3,704	20,816	1,495	-0,137	13,0114	43,0032	0,026	1,0%
22.	1,12E-04	3,352	20,742	1,494	-0,407	13,0121	43,0055	0,025	1,0%
23.	8,35E-05	3,852	20,816	1,494	-0,407	13,0121	43,0055	0,025	1,0%
24.	1,12E-04	3,343	21,177	1,494	-0,407	13,0121	43,0055	0,025	1,0%
25.	7,99E-05	3,787	20,881	1,494	-0,408	13,0121	43,0055	0,025	1,0%
26.	7,31E-05	3,343	21,038	1,494	-0,409	13,0121	43,0055	0,025	1,0%
27.	8,87E-05	3,916	20,446	1,494	-0,409	13,0121	43,0055	0,025	1,0%
28.	7,95E-05	3,861	20,668	1,494	-0,408	13,0121	43,0055	0,025	1,0%

*[Die Messung N° 7 wurde durch den Prüfer von den Resultaten ausgenommen.]

Tabellensymbole: **Noise** Mittelwert von Auslenkungen und höherfrequenten Lastschwankungen '*Schergradienten Fluktuation*' im Kurvenzug der Messkraft bestimmt. Der Wert ist über die Geschwindigkeit und Messkörper-mantelfläche normiert [$\mu\text{Pa}/\text{mm}$], **H_{Start}** Positionshöhe des ersten Messwertes zur stationären Kraft [mm], **L_{cm}** Länge der Suspension, deren Flüssigkeitsreibung und Auftrieb zur Korrektur der Kraft angewendet wird [mm], **D_{RSP}** Weite des Ringspalts zwischen Zylindermesskörper und Röhre bei der Temperatur [mm], **ΔD_{RSP}** Änderung der Spaltweite durch Abweichung von der Bezugstemperatur 25°C [μm], **θ_{zyl}** Durchmesser des Messzylinders [mm], **L_{zyl}** Länge des Messzylinders [mm] . **$\Sigma\sigma$** Absolute Summe der Unsicherheitsbeiträge, die dem jeweiligen Viskositätswert beigeordnet wird [$\text{mPa}\cdot\text{s}$] und **$\Sigma\sigma_{rel}$** relative Unsicherheit des Viskositätswertes.

- Die Spalte 'Noise' in Tabelle 3 stellt die Auswertung der 'Modulationen der stationären Kraft' aus Lastschwankung in aufeinander folgenden Kraftmesswerten im Verhältnis zur dabei zurückgelegten Bewegungstrecke dar ($\Delta F/\Delta s$); Steigungen im Verlauf der Stationärkraft werden ebenfalls in 'Noise' aufsummiert und bilanziert. Die folgenden Rubriken geben gemessene und berechnete geometrische Gegebenheiten der jeweiligen Messung wieder. Die individuellen Gesamtfehlersummen werden in den beiden letzten Spalten ausgegeben; bei idealer Kalibrierung und konformem Aufbau ist der tatsächlich einzuräumende Gesamtfehler um die bedeutenden Beiträge aus den geometrischen Unsicherheiten vermindert!

• 4. DICHTE - MESSUNG

28 Messwerte; Zeitbereich 11 bis 70 min, Temperatur $\Delta T = +10,057 \text{ K}$

Ergebniswert: $\rho_{25^\circ\text{C}} = 3,3070 \pm 0,00012 \text{ g/cm}^3$ bzw. $\pm 36 \text{ ppm}$ (298,15 K, 97,31 kPa)

Streuung: $\pm 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ absolute bzw. 26 ppm relative Standardabweichung

Berechnung: lineare Regressionsgleichung temperaturabhängig.

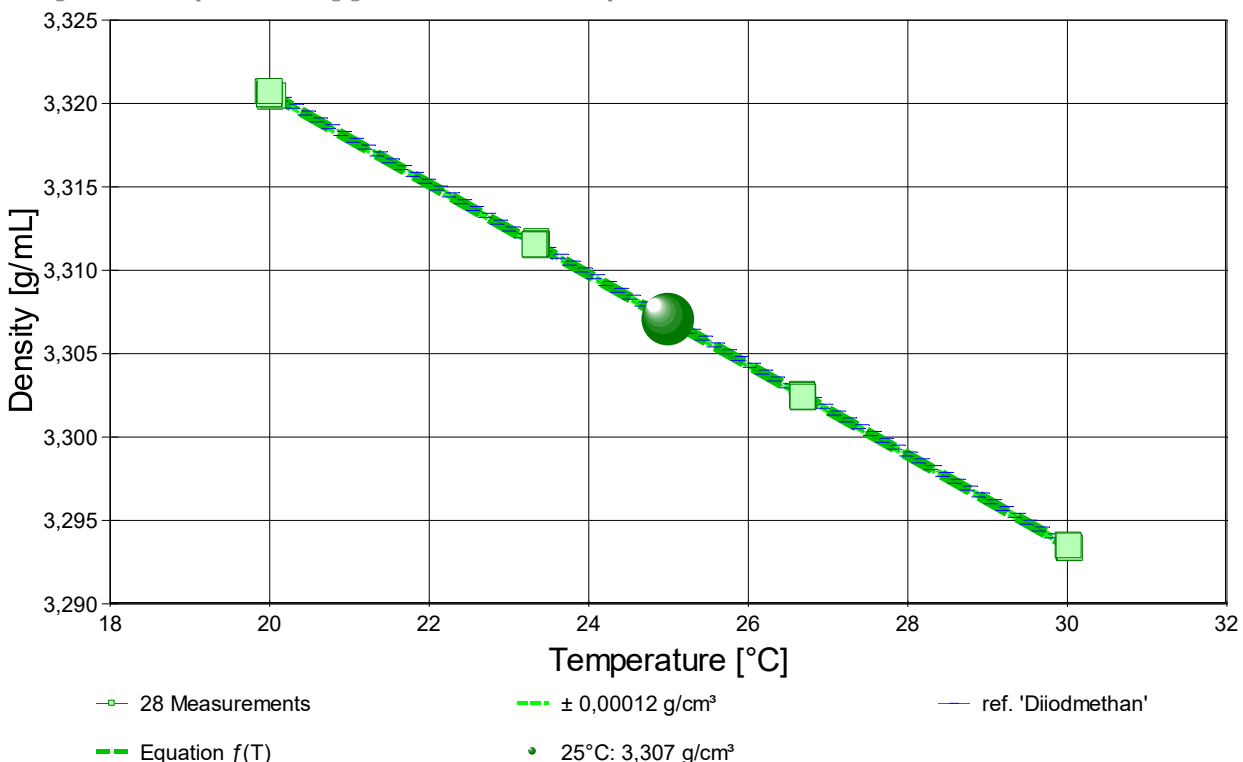
Temperaturgleichung zwischen 19,984 und 30,041 °C:

$\rho [\text{g/cm}^3] = f(\vartheta [^\circ\text{C}]) = 3,3748 - 270,96 \cdot \vartheta / 1\text{E}5$ mit $r^2 = 0,999932, s^2 = 7,21\text{E}-9$

Der Ausdehnungskoeffizient κ mit $81,9 [10^{-5}\text{K}^{-1}]$ entspricht gewöhnlichen Werten gut (etwas unter 'Normal'). Er bewirkt eine Dichte-Änderung von 0,82‰, das sind $0,0027 \text{ g/cm}^3$ pro Grad bei der Angabetemperatur 25°C.

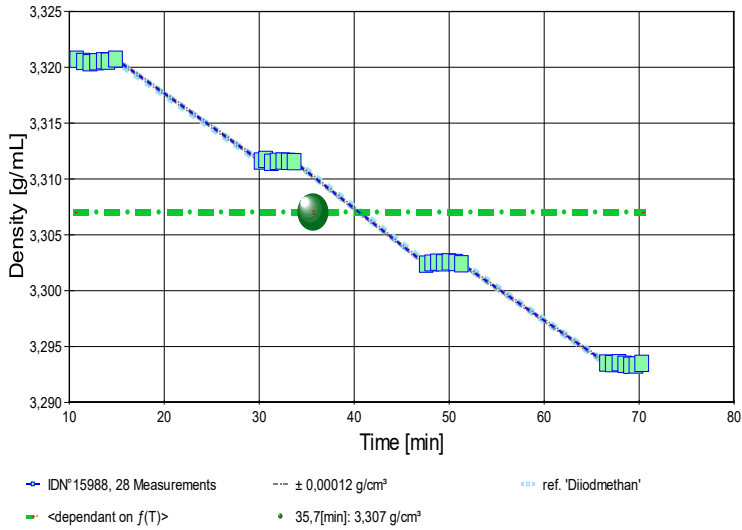
- Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Formeln stellen Vorschläge dar, wobei sich aus den Umständen der Messung ggf. andere Zusammenhänge ergeben können. Üblicherweise kann der Ausdehnungskoeffizient für Fluide bei 25°C im Bereich zwischen 50 und $150 \cdot 10^{-5}\text{K}^{-1}$ liegen. Der Korrelationskoeffizient zeigt die Qualität der gegenseitigen Abhängigkeit an (r^2 , der hier wohl 'hervorragend' zu nennen ist). Die Präzision zwischen den Messwerten und der Regressionsgleichung wird durch die Varianz (s^2) der Residuen qualifiziert - die Standardabweichung ($\sqrt{s^2}$) sollte deutlich kleiner als die anzunehmende Messunsicherheit sein.

- Diagramm 6. Temperaturabhängigkeit der Dichte - 'rho-Temp.'



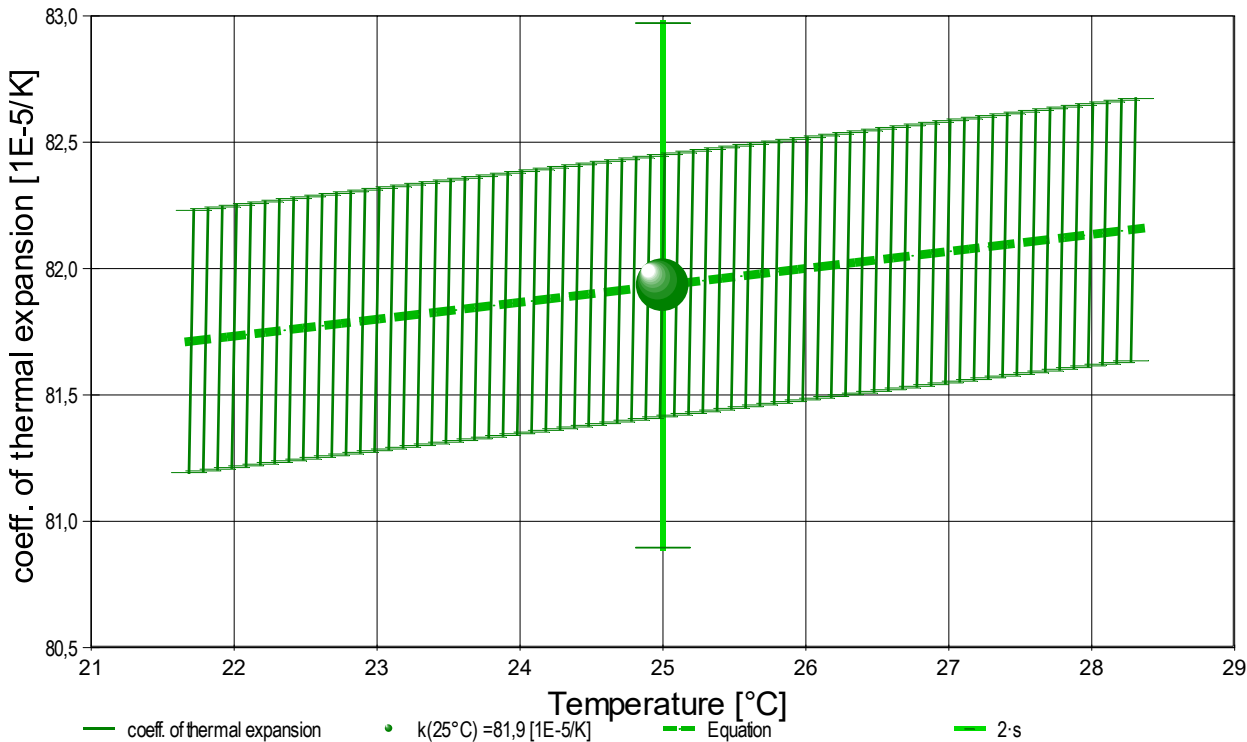
- Das Diagramm 6, "rho-Temp.", zeigt die 28 Dichtemesswerte als Quadratsymbol bei der jeweils beigemessenen Temperatur. Der Angabewert bei 25°C für die Diiodmethan-Probe ist als Kugel abgebildet; der Bereich der Messunsicherheit wird durch gestrichelte Linien ausgewiesen. Der Verlauf der Regressionsfunktion ist als dicke Linie gezeichnet. In Markierungsbreite der Messunsicherheit ist die Referenzfunktion von 'Diiodmethan-' aus der Datenbank abgebildet.

→ Diagramm 7. Zeitverlauf der Dichtemesswerte - 'rho-Zeit'



- Im Diagramm 7, "rho-Zeit", sind die einzelnen Messwerte als Quadrate in zeitlicher Sequenz abgebildet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Bereich der Unsicherheit eingezeichnet.

→ Diagramm 8: Der Ausdehnungskoeffizient -



- Das Diagramm 8, "k-f(T,t)", zeigt den Verlauf des Ausdehnungskoeffizienten κ der Probe Diiodmethan-Probe entsprechend der unten angegebenen Gleichung an. Die Breite entspricht dem hier angenommenen Fehler. Der Angabewert ist als kugelförmiges Symbol eingezeichnet.

Aus der linearen Regressionsgleichung des Dichteverlaufs kann für den Raumausdehnungskoeffizienten eine Gleichung angegeben werden:

$$\kappa \text{ [} 10^{-5} \cdot K^{-1} \text{]} = f(\vartheta [^{\circ}C]) = 1E5 / (1245,5 - \vartheta)$$

Die Genauigkeit der Gleichung wird aus der Regressionsfunktion zu $\pm 0,5 \cdot 10^{-5} / K$ angenommen. Die relative Zunahme des Koeffizienten beträgt im Bereich der Messung konstant 0,82‰ pro Grad.

- Um das Volumen bzw. eine Volumenänderung für 'Diiodmethan-Probe' bei einer bestimmten Temperatur ϑ im gültigen Temperaturbereich zu berechnen kann mit dem bei der Temperatur ϑ° gegebenen Volumen $V_{0\vartheta^{\circ}}$ das Volumen $V_{1\vartheta}$ bei der Temperatur ϑ über das entsprechende Verhältnis der Dichten bestimmt werden:

$$V_{1\vartheta} = V_{0\vartheta^{\circ}} \cdot (\vartheta^{\circ} - 1245,5) / (\vartheta - 1245,5)$$

Tabelle 4: Daten der Dichtemessung

N°	t	ϑ	ρ	H	ω	$\Delta\rho_{\omega}$	N	F _A	F _{korr.}
IDN°15988	[min]	[°C]	[g/cm³]	[mm]	[s]	[g/cm³]	Werte & Trend	[mN]	[mN], TSymb.
1.	10,8	19,984	3,3207	2,248	3,3	-1,4E-05	3 ₃₀ ↗	187,3428	0,0069 ‡
2.	11,5	19,997	3,3205	2,248	4,3	2,6E-05	4 ₃₀ ↗	187,3474	0,0036 ‡
3.	12,2	20,014	3,3204	2,248	4,4	-6,4E-05	4 ₃₁ ↘	187,3539	0,0050 ‡
4.	12,9	20,049	3,3205	2,248	5,9	1,9E-05	6 ₃₀ ↗	187,3488	0,0036 ‡
5.	13,6	20,005	3,3205	2,248	3,3	-5,7E-06	3 ₃₀ ⇔	187,3451	0,0030 ‡
6.	14,1	19,997	3,3205	2,248	3,5	-2,3E-05	3 ₃₀ ⇔	187,3458	0,0030 ‡
7.	14,9	20,007	3,3207	2,248	5,1	5,4E-05	5 ₃₁ ↗	187,3379	0,0026 ‡
8.	30,2	23,358	3,3116	2,248	4,3	-1,4E-05	4 ₂₉ ↑	187,6849	0,0072 ‡

9.	30,7	23,350	3,3117	2,248	4,1	3,9E-05	4 ₃₁ ↗	187,6755	0,0039 ‡
10.	31,3	23,337	3,3115	2,248	5,2	-2,9E-05	5 ₃₁ ⇔	187,6861	0,0040 ‡
11.	31,9	23,338	3,3115	2,248	3,5	6,1E-08	3 ₃₀ ↗	187,6830	0,0040 ‡
12.	32,5	23,345	3,3116	2,248	3,3	4,8E-05	3 ₃₀ ↗	187,6791	0,0022 ‡
13.	33,1	23,327	3,3116	2,248	3,3	-4,4E-05	3 ₃₁ ⇔	187,6808	0,0026 ‡
14.	33,7	23,327	3,3115	2,248	6,9	-2,0E-05	7 ₃₂ ↓	187,6819	0,0020 ‡
15.	47,6	26,696	3,3023	2,248	3,2	-6,1E-06	3 ₂₉ ⇔	188,0275	0,0039 ‡
16.	48,2	26,680	3,3024	2,248	5,3	-1,0E-04	5 ₃₁ →	188,0251	0,0053 ‡
17.	48,8	26,683	3,3025	2,248	3,2	1,3E-05	3 ₃₁ ↗	188,0214	0,0049 ‡
18.	49,4	26,686	3,3025	2,248	3,3	-2,0E-05	3 ₃₀ ↗	188,0237	0,0049 ‡
19.	50,0	26,680	3,3026	2,248	6,2	-2,2E-05	6 ₃₀ ↗	188,0209	0,0057 ‡
20.	50,7	26,680	3,3025	2,248	4,3	-1,0E-05	4 ₃₀ →	188,0243	0,0059 ‡
21.	51,3	26,687	3,3024	2,248	5,9	-2,4E-05	6 ₃₀ ↗	188,0269	0,0049 ‡
22.	66,6	30,018	3,2935	2,248	6,1	3,2E-05	6 ₃₀ ⇔	188,3590	0,0043 ‡
23.	67,2	30,014	3,2934	2,248	5,3	3,5E-05	5 ₂₉ ⇔	188,3603	0,0033 ‡
24.	67,9	30,010	3,2935	2,248	4,2	1,7E-06	4 ₃₁ ↗	188,3591	0,0050 ‡
25.	68,5	30,021	3,2934	2,248	3,2	-3,6E-05	3 ₃₀ ⇔	188,3636	0,0037 ‡
26.	69,1	30,026	3,2933	2,248	4,4	-7,5E-05	4 ₂₉ ↑	188,3665	0,0039 ‡
27.	69,7	30,041	3,2933	2,248	3,5	-2,5E-05	3 ₃₀ ↑	188,3655	0,0039 ‡
28.	70,3	30,024	3,2935	2,248	3,2	-1,0E-05	3 ₃₁ ↗	188,3600	0,0041 ‡

Tabellensymbole: *t* Zeitpunkt [min], *ϑ* Temperatur [°C], *ρ* Dichte [g/cm³], *H* Positionshöhe der Messkörperunterkante über der Nullhöhe beim Dichtemesswert [mm], *ω* Beobachtungsdauer der aufgezeichneten Auftriebsmessung [s], *Δρ_ω* Dichteänderung in der Beobachtungszeit [g/cm³], *N* Anzahl Auftriebsmessungen ggf. mit Wägewertzahl und Trend anzeigenden Symbolen, *F_A* Gewicht des Messkörpers in der Probe (Roh-wert der Auftriebskraft) [mN], *F_{korr.}* zuvor gemessene Referenzkraft - d.h. bei abgetrenntem Messkörper mit berechneter Korrektur der Auftriebskraft der austauchenden Suspensionslänge [mN].

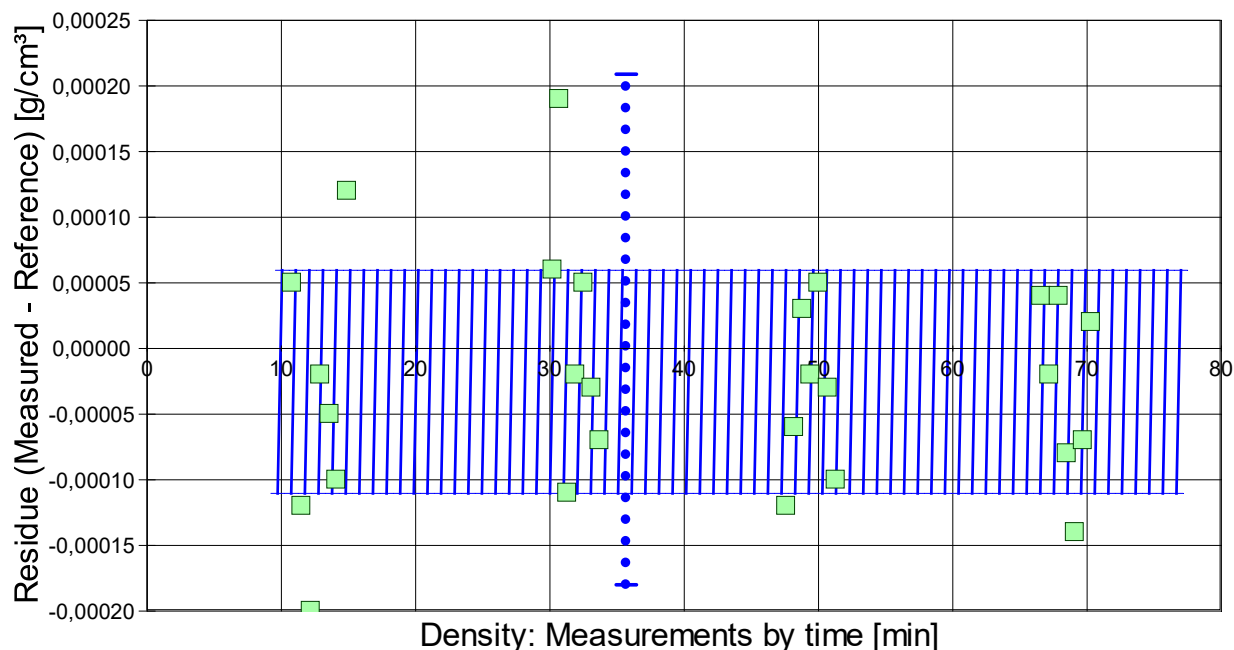
- Die 'Nullhöhe' ist die vertikale Position zu der der Messkörper just auf dem Gefäßboden oder Podest steht (*H*=0mm). Die zu *F_{korr.}* nachgestellten Zeichen "°" oder "‡" symbolisieren die jeweils angewandten Mess- und Korrekturverfahren ("°" für Dichtemesswerte nach klassischem Verfahren, "‡" für absolute Werte mit Drift- und Meniskuseliminierung (Patentverfahren)). '†' steht für 'übertragene Korrekturkraft'

• 5. REFERENZ VERGLEICH

Beurteilung von Viskositäts- und Dichtemessungen anhand der Residuen: Die Differenzen zwischen Messwerten und zur jeweiligen Temperatur berechneten Sollwerten des Referenzeintrags *Diiodmethan* wird in den Diagrammen unten dargestellt. Die Abbildung der Differenzwerte entspricht der zeitlichen Abfolge der Messwerte. Unterhalb zeigt eine tabellarische Aufstellung den Vergleich zum angegebenen Ergebnis; dieser folgt eine Liste mit Stoffnamen aus der Datenbank mit vergleichbaren Werten.

- **VORSICHT** Die Bedeutung des automatischen Vergleichs mit jeweiligen Referenzwerten ist völlig von der Richtigkeit und Präzision der hinterlegten Stoffdaten abhängig. - *Diagramm 8.*

Referenzabweichung der Dichtemesswerte - 'rho-Residuen'

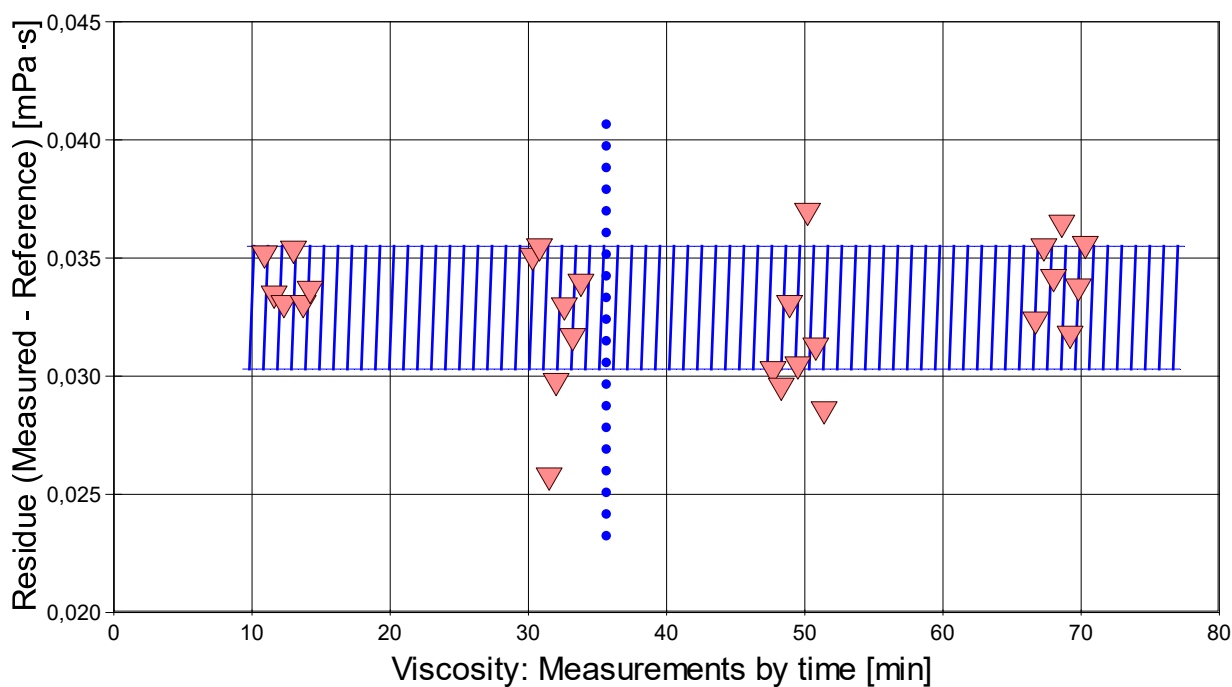


Reference values for 'Diiodmethan' acc. to $f(T[°C])=3.3748 - 270.96 \cdot T/1E5$

Mean and Standarddev. of Residuals: $-2,54E-05 \pm 8,5E-05$ g/cm³, relative: -7,7 ppm at a spread of 26 ppm

- Das Chart N°9, "rho-Residuen", zeigt temperaturkompensierte Abweichungen der einzelnen Dichtemesswerte zum jeweiligen Wert des Referenzwertes in der zeitlichen Sequenz der Messung. In der Diagrammunterschrift ist die Berechnungsfunktion der Referenzwerte angegeben sowie das mittlere Residuum und die Standardabweichung der Residuen, die im Diagramm schraffiert eingezeichnet ist.

- *Diagramm 9. Referenzabweichung der Viskositätsmessungen - 'eta-Residuen'*



Reference values for 'Diiodmethan' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=3.836 \cdot \exp(-15.859 \cdot T/1000)$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $0,0329 \pm 0,0026$ mPa·s, relative: +1,3% at a spread of 0,100%

- Das Chart N°10, "eta-Residuen", zeigt temperaturkompensierte Abweichungen der einzelnen Viskositätsmesswerte zum jeweiligen Wert des Referenzwertes in der zeitlichen Sequenz der Messung. In der Diagrammunterschrift ist die Berechnungsfunktion der Referenzwerte angegeben sowie das mittlere Residuum und die Standardabweichung der Residuen, die im Diagramm schraffiert eingezeichnet ist.

• 5.1 Ergebnisvergleich mit der Referenz Diiodmethan bei 25°C

	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
ρ	3,3071	3,3070	-0,0001 g/cm ³	30 ppm	0,8
$-\Delta\rho/\Delta T$	0,0027	0,0027	$\pm 0,0000$ g/cm ³ ·K ⁻¹	---	@

	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
η	2,580	2,613	+0,033 mPa·s	1%	3
$-\Delta\eta/\Delta T$	0,041	0,041	$\pm 0,000$ mPa·s·K ⁻¹	---	@

- Der Ergebnisvergleich mit den Angaben, die in der Referenzdatenbank zu 'DIODMETHAN' gefunden wurden, stellt die Werteübereinstimmung dar. Der Unterschied wird als absolute Differenz "Probenmesswert minus Referenzwert" und als relative Abweichung angegeben. Das Symbol η steht für die Messgröße, $-\Delta\eta/\Delta T$ für die absolute Änderung bei einem Grad Temperaturabnahme (bei 25°C); die Zahl zu " Δu " gibt ggf. an, um welchen Faktor die absolute Differenz von Mess- und Referenzwert größer ist als die angenommene Messunsicherheit. Das Zeichen "@" bringt zum Ausdruck, dass bei der Messgröße kein signifikanter Unterschied zwischen Mess- und Referenzwert auftritt.

• 5.2. Referenzwerte zu Dichte und Viskosität

---	DICHTE -- REFERENZEN	(g/cm ³)	---	ABWEICHUNG	----	REF. ID
1.	Diiodmethan ¹	3,30706	---			ID1406.9
2.	Diiodmethane ¹	3,30706	---			ID1409.9
3.	Diiodmethane (S3) ¹	3,30620	-0,30‰			ID1410.1
4.	Thalliumformiat ¹	3,49	+5,6%			ID1327.2
5.	Tetrabromethan ²	3,0087 (20°C)	-9,0%			ID1326.0
6.	Bromoform ¹	2,8761	-13%			ID5.1
7.	Tribrompropan ²	2,41	-27%			ID1325.1

---	VISKOSITÄT	(mPa·s)	---	ABWEICHUNG	----	REF. ID
1.	Diiodmethan ¹	2,5804	-1,3%			ID1178.9
2.	HP 51645 (schwarz) ¹	2,702	+3,4%			ID1121.7
3.	1-Butanol ¹	2,489	-4,7%			ID96.2
4.	Hexafluorbenzol ¹	2,789	+6,7%			ID128.6
5.	Diaceton alkohol ¹	2,798	+7,1%			ID155.4
6.	Isophoron ¹	2,347	-10%			ID215.4
7.	Pentachlorethan ¹	2,254	-14%			ID25.8
8.	Hexadekan ¹	3,032	+16%			ID234.0

¹Wert für 25,0°C berechnet. Stoffdaten nur aus dem Referenzdatenbestand Die Liste wird in fallender Reihenfolge der Übereinstimmung aus den besten Treffern in den Einträgen der Referenzdatenbank generiert. Die Vergleichsdaten werden in der Präzision der jeweiligen Eintragsangabe formatiert und die relative Abweichung zum Angabewert der Messung angegeben.

• 6. ANGABEN ZUR KONFIGURATION

- a). Messkörper: Name *BayStII_13.0/PA*, b). IdentN° 7043, c). Spaltweite 1,495 mm.
 d). Mess- und Auswertungsverfahren: Standard. e). Konfigurationstyp DiVA-A (I++).

j). **Messkörperdaten: Messzylinder**masse 32,5795 ±0,0001 g, ~volumen 4,060751 ±0,00015 cm³, ~durchmesser 13,011 ±0,001 mm, ~länge 43,002 ±0,001 mm, ~kub. Ausdehnungskoeffizient 48,735·10⁻⁶K⁻¹. *g).*

Messzylindersuspension: Querschnitt 0,021 mm², Umfang 0,515 mm, *h).* Aufhängungsart: IMETER-Patentverfahren (*drift- und fehlerfreie Dichtemessung*).

i). **Behälter/Röhre:** Durchmesser 16,0005 ±0,005 mm, ~kub. Ausdehnungskoeffizient 9,2·10⁻⁶K⁻¹.

j). **Bezugstemperatur:** für Abmessungen und Ausdehnungskoeffizienten 25°C.

k). **Kinetische Energie:** Faktor Zeta: ζ = 1,33.

Individuelle Werte: *l).* Höhe der Flüssigkeitssäule über der Nulllage: 76,0 mm, max. Bewegungstrecke in der Phase: 33,0 mm.

m). **Messunsicherheiten des Ergebnisses:** Die Unsicherheit der Viskositätsangabe wurde aus dem Mittelwert der relativen Messunsicherheiten der Einzelmessungen zu 1,0% bestimmt; die *n).* Messunsicherheit der Dichte ±0,00012 g/cm³ stammt von oben genannten Unsicherheitsangaben zu Messkörpervolumen und -masse sowie von den gegebenen Spezifikationen zur Kraft- und Temperaturmessung.

- **Die Messunsicherheit** des einzelnen Viskositätsmesswertes wird aus den folgenden Unsicherheitsquellen bestimmt: 1.: der geometrischen Toleranzangaben zu Messkörperdurchmesser, 2.: zur Länge und 3.: zum Radius des Gefäßes. Individuell aus 4.: der Standardabweichung der Messkraft ($\sigma_{F1/2}$), 5.: der Exzentrizität pauschal zu 0,5% (v.M.), 6.: der Unsicherheit der Kalibrierung zu 0,5% (v.M.), 7.: der Geschwindigkeitsangabe zu 0,1% , 8.: pro Grad Temperaturmessunsicherheit werden 5% (v.M.) angesetzt. - Die Gesamtunsicherheiten einer Messung wird aus der Wurzel der Quadrate summe der Einzelunsicherheiten berechnet; diese sind summarisch zu jeder Einzelmessung angegeben in der Spalte σ_n von Tabelle 3, Detaildaten zur Viskositätsmessung II, und in den jeweiligen Diagrammen eingezeichnet.

Temperaturangaben beziehen sich auf die Skala der ITS-90. **Standardabweichungen:** Verschiedentlich werden Regressionsfunktionen mit Standardabweichungen bzw. Varianzen qualifiziert. Diese Angaben werden berechnet aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu jeweils berechneten Funktionswerten dividiert durch die Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet, werden für ±(Standardmess-)Unsicherheiten einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben, d.h. die Überdeckung betrifft 67% der Werte.

Programm

Data created during execution of the IMPro "DiVA-A1", type 5/0. IMPro finished as projected.

(the digital twin of process IDN°15988 provides on demand reports with more details, audit-log protocol and structured raw data)

Prüfmittel

Das Wägesystem (WZA224) wurde im Messablauf und bereits 341,1 Stunden vor dieser Messung justiert.

IMETER ID23903733: Technische Daten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse ρ_{cal} 8,000 g/cm³, Luftdichte ρ_{air} vgl. Tabelle unten; Schwerebeschleunigung g 9,80769 m/s².

Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001[K], Messunsicherheit ±0,0051[K], R° 100,0018[Ohm], AutoCal 30[min] (BN°2, -25/150°C, 4S, FS15, Offset: -0,0226). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.1.10, LizenzN° *3037-4759*, W. 6.2- Betriebssystem auf PC Ser.N°6995684 (C, SSD).

Justierung der Wägezelle während der Messung:

at 10,3 min, Adjustment -0,0001 g

Die während der Messung automatisch ausgeführten Wägezellen-Justierungen sind mit relativem End-Zeitpunkt und korrigierter Abweichung oberhalb dokumentiert (die kompletten Kalibrier- und Justierprotokolle sind in der Datei 'imeterData34.cal' gesondert gespeichert).

Meteorologische Angaben, Luftdichte:

Time [min]	ϕ [%]	T_a [°C]	p_a [kPa]	ρ_{air} [kg/m ³]
9,0	47,53	25,439	95,569	1,10853
29,9	46,94	25,68	95,605	1,10805
47,2	46,18	25,85	95,625	1,10769
66,3	46,71	25,990	95,658	1,10742

Obige Zusammenstellung gibt die Aufzeichnung der Atmosphärenangaben für den Aufstellort wieder; darin bedeuten ϕ relative Luftfeuchte (r.H.), T_a Lufttemperatur und p_a absoluter Luftdruck, ρ_{air} die Luftdichte; Die Luftdichte wird dabei aus den Druck-, Temperatur- und Luftfeuchtwerten berechnet.

Kommentar/Bewertung/Interpretation:

* **Diiodmethan (Methyleniodid, CH₂I₂) Flüssigkeit mit sehr hoher Dichte, derart, dass Aluminium darauf schwimmt. Die Temperaturkoeffizienten zeigen keine Besonderheit. Der Referenzwert für die Viskosität von CH₂I₂ ist allerdings nicht sicher. Im Visko-Rohdatendiagramm (Force-Path) tritt durch die hohe Dichte ein prominenter Transient auf.**

* **Im Zuge der Weiterentwicklung in der Datenauswertung von IMETER M5 DiVA dient der 'Digitale Zwilling' solcher Messungen dazu, um ggf. genauere Bestimmungen und/oder, um bisher verborgen gebliebene oder latente Eigenschaftsbestimmungen zu ermöglichen.**

Messdaten gelten a Priori und alle Theorien sind sekundär.

"Nachtägliche Anmerkungen" sind Anmerkungen, die nach Abschluss des Messablaufs angefügt wurden.