

ID N° 13076 - DiVA-Method: Constant Rate Measurement, ΔT 24K

Ether 10° - 35°C

Test eines sehr niederviskosen und leichtflüchtigen Fluids bei höherer Schergeschwindigkeit (Sample: Diethylether Sigma Aldrich, Chromasolv $\geq 99,9\%$, Lot#SHBB7276V)

Sample/Ref.: **Diethylether**

----- Results at **20,0°C** -----

Viscosity: $\eta_{(500/s)} = 0,2357 \pm 3 \cdot 10^{-3} \text{ mPa}\cdot\text{s}$, $\nu = 0,3298 \pm 4 \cdot 10^{-3} \text{ cSt}$

- Temperature coefficient: $\kappa_{\eta} = 10,1 \cdot 10^{-3} / \text{K}$

Density: $\rho = 0,71475 \pm 0,000032 \text{ g/cm}^3$

- Coefficient of thermal expansion: $\kappa = 163,2 \cdot 10^{-5} / \text{K}$

Report

• 1. MESSPRINZIP Autogener Prüfbericht mit Erklärungen. Diese sind formatiert wie dieser Text. Nachfolgend eine Erklärung zum Prinzip der Messung:

Die 'DiVA'-Methode beruht auf Kraftmessungen an einem zylindrischen Körper, der sich konzentrisch in einem Rohr zusammen mit der flüssigen Probe befindet. Dabei ist der zylindrische Messkörper über eine Aufhängung mit der Wägezelle verbunden. Das Rohr ist durch die Plattform vertikal positionierbar. Wird die Plattform bewegt, so fließt Probe durch den ringförmigen Spalt zwischen Messkörper und Röhre. Dadurch wirkt auf den Messkörper eine zusätzliche Kraft, die durch die Zähigkeit des Probenfluids hervorgerufen wird. - Über die Bewegungsgeschwindigkeit ergibt sich aus der Geometrie von Röhre und Messzylinder eine entsprechende Zwangsströmung durch den Ringspalt. Strömung, Kraft, Geschwindigkeit und geometrische Verhältnisse gehorchen der analogen Form des Hagen-Poiseuille'schen Gesetzes für Ringspalte und erlauben unter Berücksichtigung von Aufhängung, Auftriebseffekten und der Strömungskinetik eine ungewöhnlich exakte Bestimmung der absoluten Viskosität normaler Fluide. Indem, wie in dieser Messung bei gleichbleibender Deformation (der Schergeschwindigkeit 500 /s kommt etwa die Bedeutung von Pumpen, starkem Rühren gleich) die Proben temperatur verändert wird, können Temperaturkoeffizienten der Viskosität, der Ausdehnungskoeffizient und entsprechende Regressionsfunktionen bestimmt werden, die die Interpolation der thermischen Eigenschaften ermöglichen (weitere Auswertungen erlauben die Bestimmung der Platzwechselenergie und ggf. von Viskositätsindizes).

Bei Stillstand wirkt auf den Messkörper die Auftriebskraft. - Die Dichte ρ (spezifische Masse, Massekonzentration) gibt die Stoffmenge an, die in einem bestimmten Volumen vorliegt. Sie ist ebenfalls eine temperatur- und druckabhängige Stoffkonstante. Die Dichte der untersuchten Flüssigkeit wurde hier simultan (sequenziell) 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 die Bestimmtheit des Messkörpervolumens unter vorliegenden Umständen entscheidend - entsprechendes gilt hinsichtlich der geometrischen Verhältnisse und der Geschwindigkeit für die Viskositätsmessung -

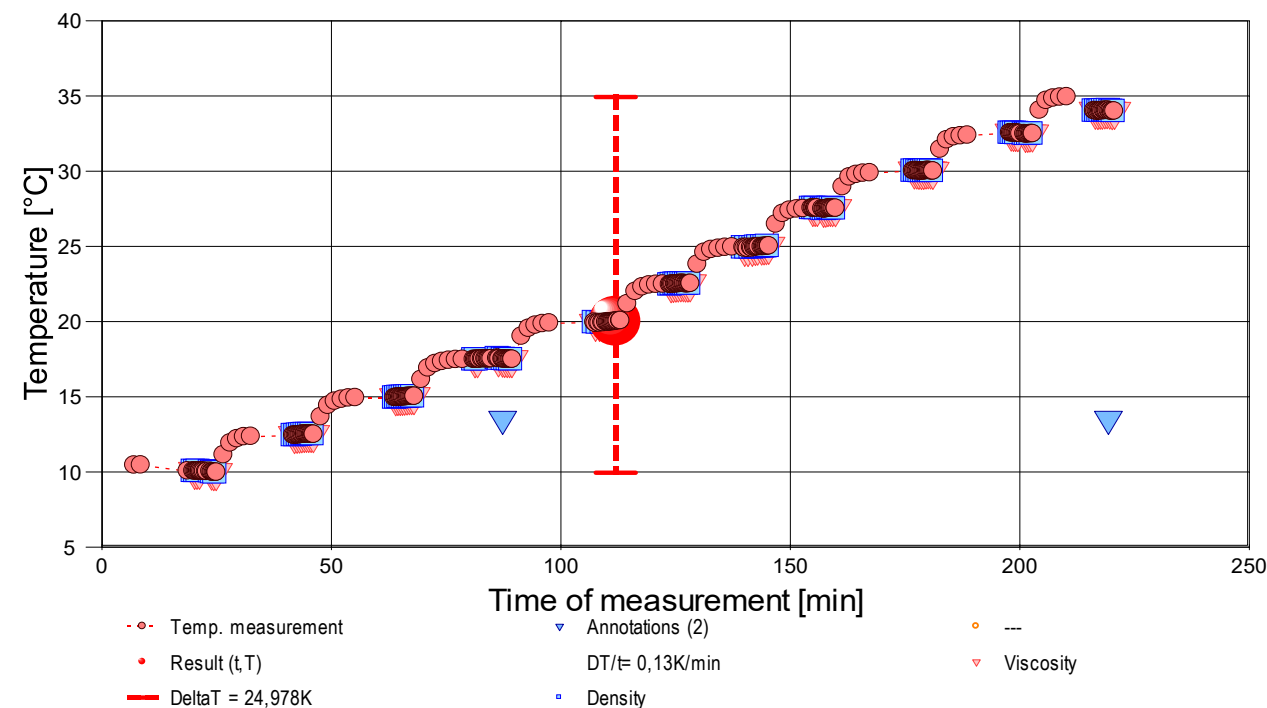
• IMETER M5 DiVA-Ergebnisse sind metrologisch rückführbar und kohärent mit Ergebnissen aus Referenzverfahren (Glaskapillarviskosimeter, Hydrometer, Pyknometer). Referenz M5 DiVA 'https://imeter.de/?view=article&id=73' - Beispiele & Auftragsmessungen über 'www.imeter.de/?view=article&id=58'

• 2. ÜBERSICHT

Dichte und Viskosität wurden 94-mal gemessen.

Messdauer vier Stunden; stufig, zwischen 10,0 und 34,0°C ansteigender Temperaturverlauf, elf Temperaturniveaus; mit zehn Stufen; grob 2,4 K Temperaturunterschied je Stufe, mit jeweils rund acht Viskositätsmesswerten.

- Diagramm 1. Temperaturverlauf und Übersicht - 't/T-Protokoll'



87,3' : *Problem - Kontakt v Aufhängung / Abdeckung, Online-entfernung der Fehlmessungen!*

219,3' : *Bei 35°C siedet der Ether bereits (Siedeverzüge an Kanten) - Temperatur auf 34°C reduziert!*

- Mit Diagramm 1. ('t/T-Protokoll') wird eine Übersicht gezeigt, die den Temperaturverlauf in der Messung und eine Zusammenfassung der Vorgänge anzeigt (z.B. 2 Online-Protokollanmerkung(en) während der Messung). -- Die Kreismarkierungen zeigen Temperaturmesswerte an; die blauen Quadrate stehen für Zeitpunkt und Temperaturzuordnung von Dichtemessungen, rote Winkel für Viskositätsmessungen. Die Dreiecke zeigen jene Zeitpunkte an, zu welchen vom Prüfer die oben angegebenen Anmerkungen zu Protokoll gegeben wurden.

• 3. VISKOSITÄTS - MESSUNG

94 Messwerte; Zeitbereich 20 bis 221 min, Temperatur $\Delta T = +24,066$ K

Resultat: $\eta_{20^\circ\text{C}} = 0,2357 \pm 0,0028$ mPa·s bzw. $\pm 1,2\%$ (293,15 K)

Streuung: $\pm 7,9 \cdot 10^{-4}$ mPa·s absolute bzw. 0,34% relative Standardabweichung

Berechnung: lineare Regressionsgleichung.

Temperaturfunktion zwischen 9,954 und 34,020 °C:

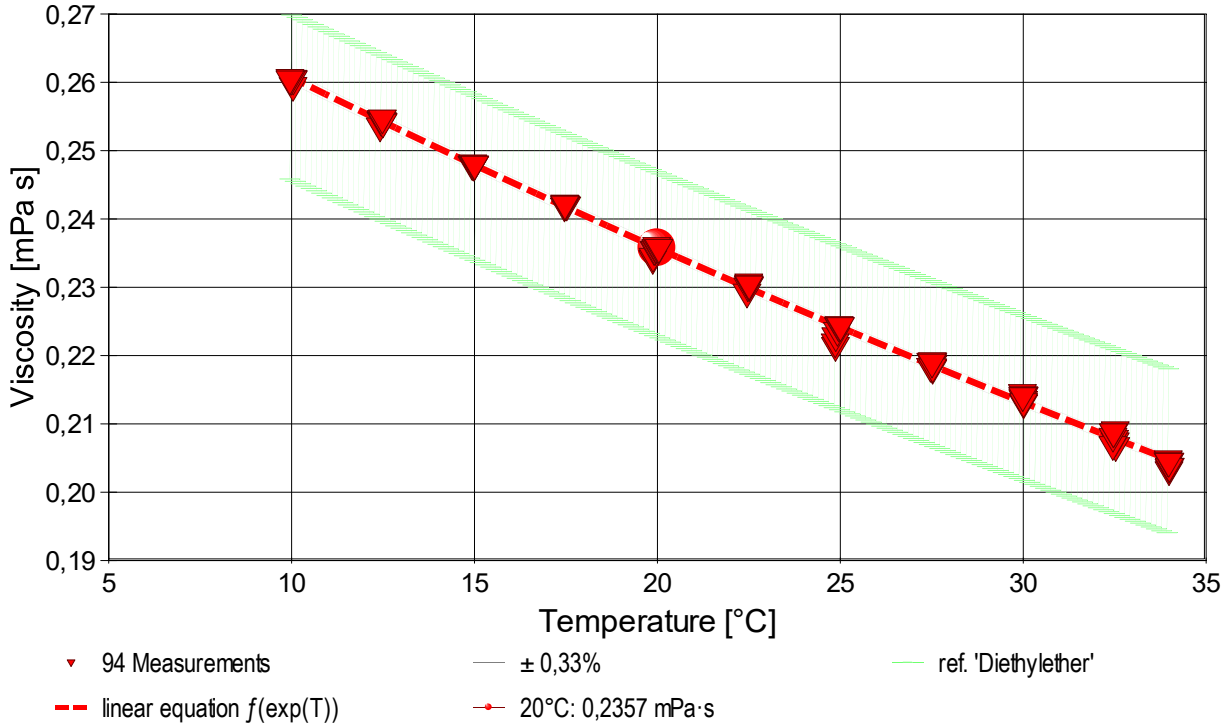
$$\eta \text{ [mPa}\cdot\text{s]} = f(\vartheta[^\circ\text{C}]) = 0,2883 \cdot e^{(-10,0653 \cdot \vartheta/1000)} \text{ mit } r^2=0,9981, s^2=6,17\text{E-}7$$

Messung bei konstanter Schergeschwindigkeit (CR): $\gamma \cdot = 500 \pm 1$ s⁻¹.

Der Temperaturkoeffizient der Viskosität κ_η mit $10,1$ [10⁻³K⁻¹] entspricht gewöhnlichen Werten im unteren 'Normalbereich'. Die relative Änderung der Viskosität mit der Temperatur beträgt 1,0%, entsprechend 0,0024 mPa·s pro Grad bei der Angabetemperatur 20°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 Temperaturkoeffizient der Viskosität für Fluide bei 25°C im Bereich zwischen 5 und 35 10⁻³K⁻¹ liegen. Der Korrelationskoeffizient zeigt die Qualität der gegenseitigen Abhängigkeit an (r^2 , der hier wohl 'brauchbar' 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 94 Viskositätsmesswerte als Dreiecke bei der jeweils beigemessenen Temperatur. Der Angabewert bei 20°C für die Diethylether-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 'Diethylether-' ist schraffiert in der Breite der Messunsicherheit eingezeichnet.

Die thermodynamische Formulierung gemäß der Arrhenius-Andrade Beziehung lautet für die Diethylether-Probe zwischen 10 und 34°C :

$$\eta \text{ [mPa}\cdot\text{s]} = f(T[\text{K}]) = 0,011771 \cdot e^{878,05/T} \text{ mit } r^2=0,9987 \text{ und } s^2=7,7 \cdot 10^{-7}$$

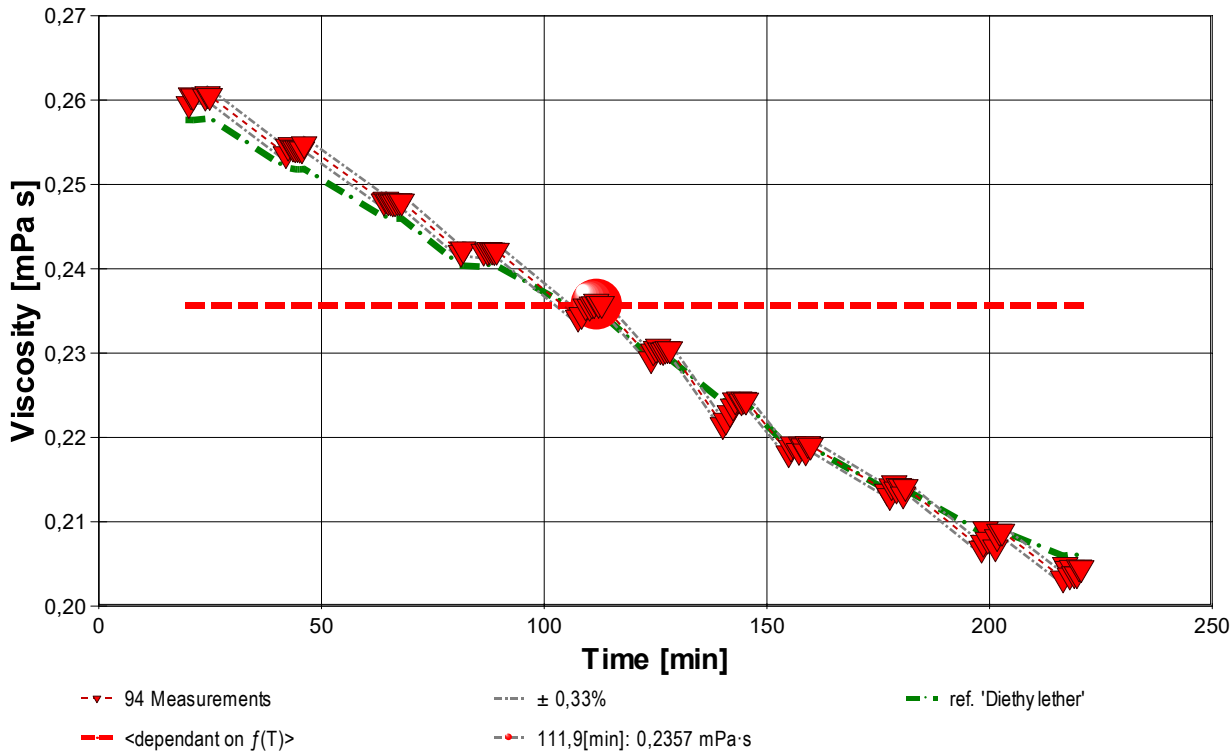
- Die Arrhenius Gleichung der Form " $k = A \cdot e^{-E_a/RT} = \eta$ " gibt in Entsprechung der Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten k die Viskosität η an. In der Gleichung bedeuten die beiden Konstanten 'A' Arrheniusfaktor bzw. eine Materialkonstante ($\ln(A) = -4,4421$) sowie 'E_a' die Aktivierungs- bzw. Platzwechselenergie. $E_a = -7,3005$ 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 [mm²/s]) ergibt sich nach:

$$\nu \text{ [mm}^2/\text{s]} = f(\vartheta[^\circ\text{C}]) = 0,28829 \cdot e^{(-0,010065 \cdot \vartheta)} / (0,7376 - 0,0011172 \cdot \vartheta - 1,2461 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^2)$$

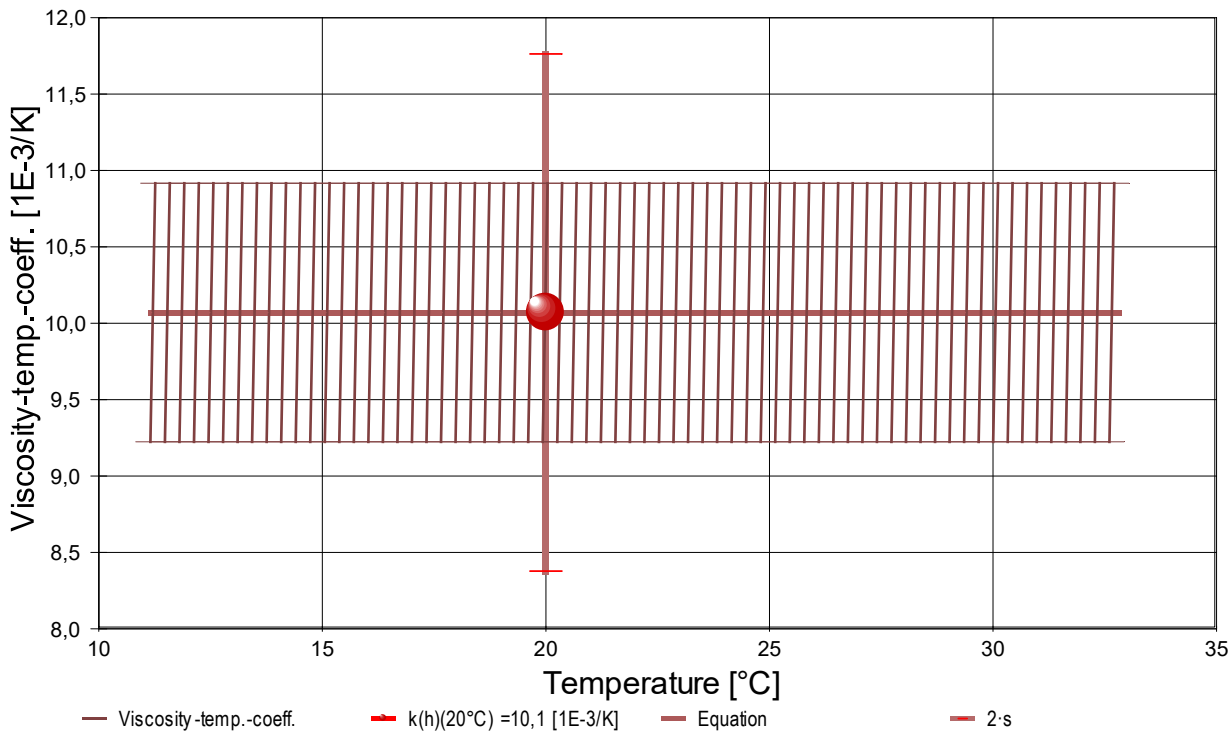
- Die kinematische Viskosität stellt die Zähigkeit eines Fluids inklusive seiner Massenträgheit dar, aus ihr kann ggf. der Viskositätsindex (VI) nach ASTM D2270 berechnet werden. .

- Diagramm 3. Der zeitliche Verlauf der Viskositätswerte - 'eta-f(t)'



- Im Diagramm 3, "eta-f(t)", sind die einzelnen Messwerte als Dreiecke in zeitlicher Sequenz abgebildet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Bereich der Unsicherheit eingezeichnet. Referenzwerte werden temperaturgetreu bei der jeweiligen Zeit 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: $\kappa_\eta = 10,1 \pm 0,8 [10^{-3} \cdot K^{-1}]$.

Die Abnahme der Viskosität bei steigender Temperatur beträgt *konstant* 1,0% 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: Daten der Viskositätsmessung

Die gegebenen Zusammenhänge basieren auf Ableitungen aus den erfassten Messdaten - Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Daten zur Viskositätsmessung. Weiter unten folgen die Tabellen 2 und 3, wodurch eine vollständige Datenkollektion zu Rückverfolgbarkeit, Diagnose und Überprüfung der Berechnungen in diesem Report vorliegt.

N°	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.	20,2	10,038	0,2596	12,25	2,4068	0,1293	97,28	498,13	288
2.	20,7	10,039	0,2606	12,25	2,4165	0,1298	97,28	498,13	287

3.	21,2	10,043	0,2605	12,25	2,4154	0,1298	97,28	498,14	287
4.	23,9	9,985	0,2604	12,25	2,4149	0,1297	97,28	498,12	287
5.	24,4	9,954	0,2607	12,25	2,4176	0,1299	97,28	498,13	287
6.	24,9	9,955	0,2605	12,25	2,4155	0,1298	97,28	498,12	287
7.	42,0	12,418	0,2536	12,25	2,3540	0,1264	97,31	498,44	294
8.	42,5	12,438	0,2545	12,25	2,3623	0,1268	97,31	498,44	293
9.	43,1	12,453	0,2547	12,25	2,3641	0,1269	97,31	498,45	293
10.	43,6	12,472	0,2544	12,25	2,3614	0,1268	97,31	498,44	293
11.	44,1	12,493	0,2543	12,25	2,3605	0,1268	97,31	498,45	293
12.	44,6	12,501	0,2543	12,25	2,3607	0,1268	97,31	498,44	293
13.	45,1	12,498	0,2543	12,25	2,3602	0,1267	97,31	498,44	293
14.	45,6	12,495	0,2542	12,25	2,3594	0,1267	97,31	498,44	293
15.	46,1	12,481	0,2548	12,25	2,3650	0,127	97,31	498,45	292
16.	64,0	14,930	0,248	12,25	2,3043	0,124	97,3	498,8	300
17.	64,5	14,949	0,2482	12,25	2,3064	0,1238	97,34	498,75	299
18.	65,0	14,954	0,248	12,25	2,3047	0,1237	97,34	498,76	299
19.	65,5	14,963	0,248	12,25	2,3043	0,124	97,3	498,8	300
20.	66,0	14,968	0,2479	12,25	2,3033	0,1236	97,34	498,76	299
21.	66,5	14,986	0,2479	12,25	2,3037	0,1236	97,34	498,76	299
22.	67,0	15,001	0,248	12,25	2,3046	0,1237	97,34	498,76	299
23.	67,5	15,006	0,248	12,25	2,3048	0,1237	97,34	498,77	299
24.	68,0	15,005	0,248	12,25	2,3045	0,1237	97,34	498,77	299
25.	81,3	17,458	0,2419	12,25	2,2502	0,1207	97,37	499,07	306
26.	81,8	17,463	0,2423	12,25	2,2540	0,1209	97,37	499,07	305
27.	86,4	17,521	0,242	12,25	2,2515	0,1208	97,38	499,09	305
28.	87,3	17,496	0,2421	12,25	2,2519	0,1208	97,37	499,08	305
29.	87,7	17,476	0,2423	12,25	2,2534	0,1209	97,37	499,07	305
30.	88,3	17,471	0,242	12,25	2,2528	0,121	97,4	499,1	310
31.	88,8	17,465	0,2421	12,25	2,2522	0,1208	97,37	499,08	305
32.	89,3	17,467	0,242	12,25	2,2524	0,121	97,4	499,1	310
33.	107,6	19,874	0,234	12,25	2,1809	0,117	97,4	499,4	310
34.	108,4	19,879	0,235	12,25	2,1839	0,117	97,4	499,4	310
35.	109,3	19,906	0,2355	12,25	2,1933	0,1176	97,41	499,39	313
36.	110,2	19,935	0,236	12,25	2,1929	0,118	97,4	499,4	310
37.	110,7	19,952	0,2358	12,25	2,1955	0,1177	97,40	499,39	312
38.	111,2	19,967	0,236	12,25	2,1958	0,118	97,4	499,4	310
39.	111,7	19,980	0,2361	12,25	2,1987	0,1179	97,40	499,38	312
40.	112,2	20,012	0,2358	12,25	2,1961	0,1178	97,41	499,40	312
41.	112,9	20,038	0,2358	12,25	2,1961	0,1178	97,41	499,41	312
42.	124,0	22,450	0,2293	12,25	2,1373	0,1146	97,43	499,70	320
43.	124,5	22,471	0,230	12,25	2,1459	0,115	97,4	499,7	320
44.	125,1	22,489	0,231	12,25	2,1487	0,115	97,4	499,7	320
45.	125,6	22,497	0,231	12,25	2,1512	0,115	97,4	499,7	320
46.	126,1	22,513	0,230	12,25	2,1471	0,115	97,4	499,7	320
47.	126,7	22,514	0,230	12,25	2,1464	0,115	97,4	499,7	320
48.	127,2	22,497	0,230	12,25	2,1480	0,115	97,4	499,7	320
49.	127,7	22,491	0,2305	12,25	2,1486	0,1152	97,44	499,71	318
50.	128,2	22,508	0,230	12,25	2,1483	0,115	97,4	499,7	320
51.	140,1	24,868	0,221	12,25	2,0665	0,111	97,5	500,0	330
52.	140,8	24,860	0,222	12,25	2,0714	0,111	97,5	500,0	330
53.	141,7	24,875	0,223	12,25	2,0799	0,111	97,5	500,0	330
54.	142,4	24,922	0,224	12,25	2,0871	0,112	97,5	500,0	330
55.	142,9	24,947	0,224	12,25	2,0940	0,112	97,5	500,0	330
56.	143,8	24,957	0,225	12,25	2,0950	0,112	97,5	500,0	330
57.	144,3	24,968	0,224	12,25	2,0928	0,112	97,5	500,0	330
58.	144,8	24,981	0,224	12,25	2,0947	0,112	97,5	500,0	330
59.	145,3	25,004	0,224	12,25	2,0938	0,112	97,5	500,0	330
60.	154,9	27,523	0,2181	12,25	2,0375	0,1091	97,50	500,34	333
61.	155,4	27,527	0,219	12,25	2,0439	0,109	97,5	500,3	330
62.	155,9	27,528	0,219	12,25	2,0476	0,110	97,5	500,3	330
63.	157,2	27,466	0,218	12,25	2,0402	0,109	97,5	500,3	330
64.	157,7	27,472	0,219	12,25	2,0471	0,110	97,5	500,3	330
65.	158,2	27,512	0,219	12,25	2,0454	0,110	97,5	500,3	330
66.	158,7	27,526	0,2184	12,25	2,0396	0,1093	97,50	500,34	333
67.	159,2	27,509	0,2192	12,25	2,0478	0,1097	97,49	500,33	332
68.	159,8	27,507	0,219	12,25	2,0460	0,110	97,5	500,3	330
69.	177,0	30,010	0,2136	12,25	1,9963	0,1069	97,49	500,46	339
70.	177,6	30,010	0,213	12,27	1,9962	0,107	97,7	501,6	340
71.	178,0	29,990	0,214	12,23	1,9999	0,107	97,4	499,9	340
72.	178,6	29,979	0,215	12,22	2,0017	0,107	97,3	499,5	340
73.	179,1	29,986	0,214	12,25	1,9995	0,107	97,5	500,6	340
74.	179,6	30,014	0,214	12,23	1,9995	0,107	97,3	499,7	340
75.	180,1	30,025	0,214	12,24	2,0002	0,107	97,4	500,1	340
76.	180,6	30,010	0,2132	12,24	1,9932	0,1067	97,49	500,44	339
77.	181,1	29,986	0,214	12,24	2,0006	0,107	97,4	500,3	340
78.	198,2	32,529	0,2068	12,26	1,9374	0,1037	97,63	501,36	349
79.	198,6	32,515	0,208	12,29	1,9488	0,104	97,9	502,6	350
80.	199,1	32,515	0,209	12,23	1,9537	0,105	97,4	500,0	340
81.	199,6	32,495	0,208	12,26	1,9481	0,104	97,7	501,6	350
82.	201,3	32,449	0,207	12,27	1,9404	0,104	97,7	501,7	350
83.	201,7	32,453	0,208	12,25	1,9495	0,104	97,6	501,2	350
84.	202,2	32,467	0,209	12,23	1,9509	0,104	97,4	500,0	340
85.	202,8	32,473	0,209	12,23	1,9509	0,104	97,4	500,0	340
86.	216,5	33,985	0,203	12,25	1,9047	0,102	97,6	501,3	350
87.	217,0	33,965	0,205	12,24	1,9175	0,103	97,5	500,8	350
88.	217,5	33,988	0,204	12,26	1,9169	0,103	97,7	501,7	350
89.	218,0	33,987	0,2036	12,24	1,9050	0,1019	97,46	500,56	353
90.	218,5	34,009	0,205	12,26	1,9167	0,103	97,6	501,4	350

91.	219,0	34,020	0,2038	12,25	1,9088	0,1021	97,57	501,14	353
92.	219,6	33,993	0,204	12,26	1,9102	0,102	97,7	501,5	350
93.	220,1	33,956	0,205	12,24	1,9148	0,102	97,5	500,7	350
94.	220,6	33,977	0,205	12,28	1,9200	0,103	97,8	502,3	350

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], *γ* 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_ζ*), die viskose Reibung der Messzylinder-Aufhängung im Medium (*F_{hη}*), die rekursiv bestimmt wird. Die viskositätsbedingte Kraft am Messkörper ergibt sich damit aus $F_z = F_w - F_p - F_{hp} - F_\zeta - F_{h\eta}$. 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 des Newton'schen Fluids im Ringspalt relativ zum Zylinder. Sie ergibt sich aus der Bewegungsgeschwindigkeit und dem geometrischen Aufbau. Die mittlere Geschwindigkeit (nicht in der Tabelle ausgegeben; $v_m = v_z \cdot r_a^2 / (r_a^2 - r_i^2)$), mit *r_a* Röhrenradius und *r_i* 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 $d = 2(r_a - r_i)$ berechnet wird. Die Scherrate, Schergeschwindigkeit oder Deformation *γ*, die für die Berechnung verwendet werden, ist berechnet als Geschwindigkeitsgradient unmittelbar an der Zylinderoberfläche.

Tabelle 2, Detaildaten zur Viskositätsmessung I.

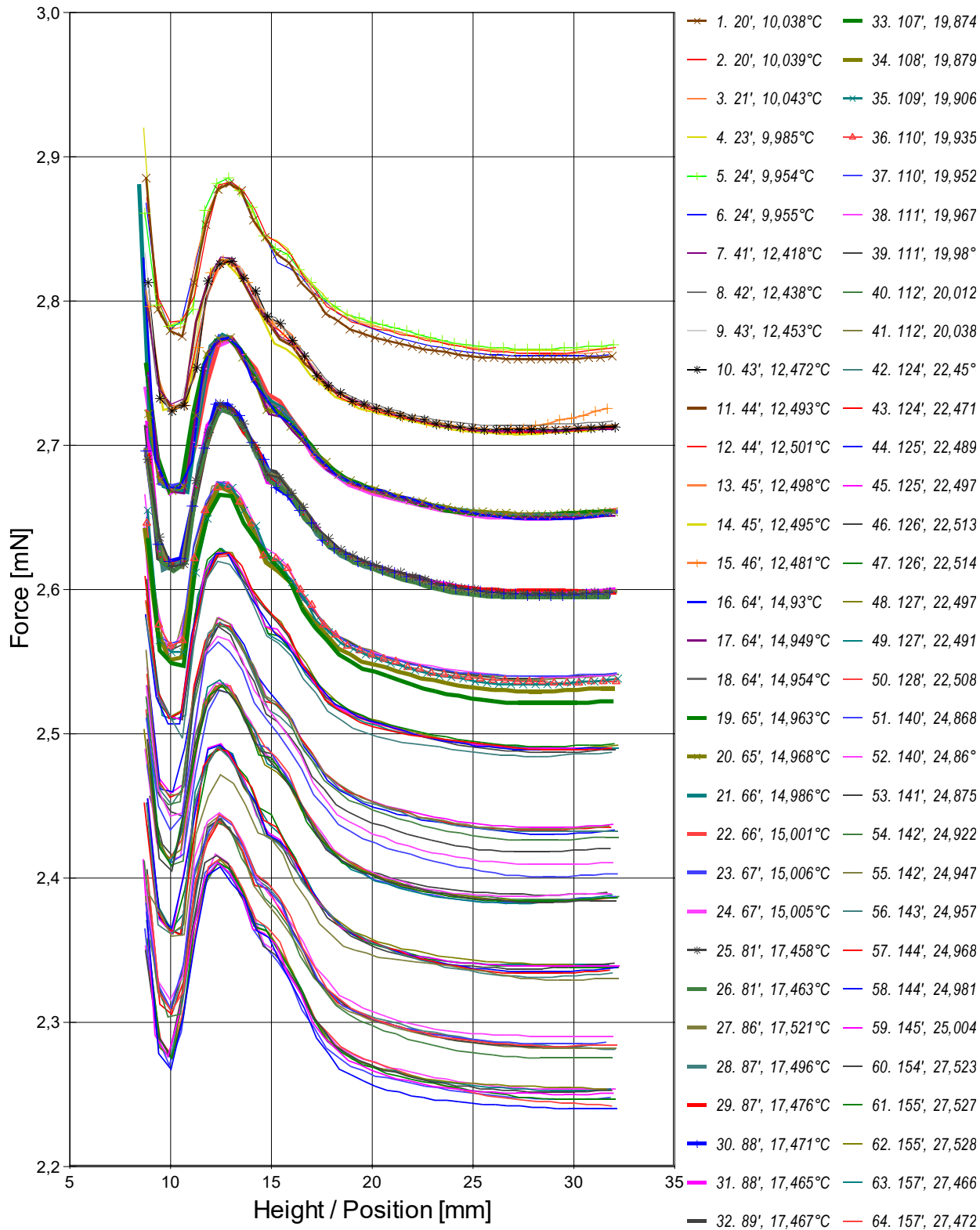
N°	<i>F_w</i>	<i>σ_{Fw}</i>	<i>σ_{Fw rel}</i> -- Alle Werteinträge in [mN] --	<i>F_p</i>	<i>F_{hp}</i>	<i>F_ζ</i>	<i>F_{hη}</i>	N/n Datenauswahl
1.	546,8216	0,0116	21 ppm	544,0561	0,0049	0,3634	0,0001	25/53
2.	546,8286	0,0117	21 ppm	544,0535	0,0049	0,3634	0,0001	25/53
3.	546,8278	0,0119	22 ppm	544,0538	0,0049	0,3634	0,0001	25/53
4.	546,8204	0,0132	24 ppm	544,0468	0,0048	0,3634	0,0001	25/53
5.	546,8214	0,0126	23 ppm	544,0451	0,0048	0,3635	0,0001	25/53
6.	546,8200	0,0128	23 ppm	544,0458	0,0048	0,3634	0,0001	25/53
7.	546,9443	0,0005	0,95 ppm	544,2336	0,0058	0,3623	0,0001	4/53
8.	546,9575	0,0116	21 ppm	544,2377	0,0048	0,3623	0,0001	25/53
9.	546,9588	0,0122	22 ppm	544,2371	0,0048	0,3622	0,0001	25/53
10.	546,9591	0,0107	20 ppm	544,2403	0,0049	0,3622	0,0001	25/53
11.	546,9591	0,0106	19 ppm	544,2411	0,0049	0,3622	0,0001	25/53
12.	546,9597	0,0111	20 ppm	544,2415	0,0048	0,3622	0,0001	25/53
13.	546,9598	0,0110	20 ppm	544,2421	0,0049	0,3622	0,0001	25/53
14.	546,9570	0,0093	17 ppm	544,2402	0,0049	0,3622	0,0001	24/52
15.	546,9606	0,0093	17 ppm	544,2381	0,0048	0,3622	0,0001	24/52
16.	547,0843	0,0132	24 ppm	544,4236	0,0048	0,3611	0,0001	25/53
17.	547,0874	0,0121	22 ppm	544,4247	0,0048	0,3611	0,0001	25/53
18.	547,0864	0,0116	21 ppm	544,4254	0,0048	0,3611	0,0001	25/53
19.	547,0883	0,0133	24 ppm	544,4276	0,0048	0,3610	0,0001	25/53
20.	547,0874	0,0121	22 ppm	544,4277	0,0048	0,3610	0,0001	25/53
21.	547,0884	0,0111	20 ppm	544,4284	0,0048	0,3610	0,0001	24/52
22.	547,0906	0,0114	21 ppm	544,4296	0,0048	0,3610	0,0001	25/53
23.	547,0905	0,0118	22 ppm	544,4294	0,0048	0,3611	0,0001	25/53
24.	547,0899	0,0121	22 ppm	544,4291	0,0048	0,3610	0,0001	25/53
25.	547,2220	0,0134	25 ppm	544,6166	0,0048	0,3599	0,0001	24/52
26.	547,2216	0,0129	24 ppm	544,6124	0,0048	0,3599	0,0001	24/52
27.	547,2246	0,0128	23 ppm	544,6179	0,0048	0,3599	0,0001	25/53
28.	547,2238	0,0122	22 ppm	544,6168	0,0048	0,3599	0,0001	24/52
29.	547,2239	0,0121	22 ppm	544,6153	0,0048	0,3599	0,0001	25/53
30.	547,2245	0,0138	25 ppm	544,6165	0,0048	0,3599	0,0001	25/53
31.	547,2240	0,0126	23 ppm	544,6167	0,0048	0,3599	0,0001	25/53
32.	547,2255	0,0139	25 ppm	544,6179	0,0048	0,3598	0,0001	25/53
33.	547,3393	0,0148	27 ppm	544,8044	0,0048	0,3587	0,0001	25/53
34.	547,3424	0,0132	24 ppm	544,8045	0,0048	0,3587	0,0001	25/53
35.	547,3494	0,0124	23 ppm	544,8021	0,0048	0,3587	0,0001	25/53
36.	547,3539	0,0143	26 ppm	544,8070	0,0048	0,3586	0,0001	25/53
37.	547,3562	0,0121	22 ppm	544,8067	0,0048	0,3587	0,0001	25/53
38.	547,3587	0,0127	23 ppm	544,8089	0,0048	0,3586	0,0001	25/53
39.	547,3606	0,0126	23 ppm	544,8080	0,0048	0,3586	0,0001	25/53
40.	547,3626	0,0118	22 ppm	544,8126	0,0048	0,3586	0,0001	25/53
41.	547,3619	0,0116	21 ppm	544,8119	0,0048	0,3586	0,0001	24/52
42.	547,4891	0,0113	21 ppm	544,9990	0,0048	0,3574	0,0001	24/52
43.	547,4957	0,0124	23 ppm	544,9971	0,0048	0,3574	0,0001	25/53
44.	547,5008	0,0140	26 ppm	544,9993	0,0047	0,3574	0,0001	25/53
45.	547,5016	0,0129	24 ppm	544,9976	0,0047	0,3574	0,0001	25/53
46.	547,5003	0,0140	26 ppm	545,0005	0,0048	0,3574	0,0001	25/53
47.	547,5002	0,0127	23 ppm	545,0010	0,0048	0,3574	0,0001	25/53
48.	547,4992	0,0128	23 ppm	544,9985	0,0048	0,3574	0,0001	25/53
49.	547,5004	0,0111	20 ppm	544,9991	0,0048	0,3574	0,0001	25/53
50.	547,5024	0,0122	22 ppm	545,0013	0,0047	0,3574	0,0001	24/52
51.	547,6090	0,0158	29 ppm	545,1910	0,0047	0,3562	0,0001	25/53
52.	547,6124	0,0155	28 ppm	545,1895	0,0047	0,3562	0,0001	25/53
53.	547,6205	0,0146	27 ppm	545,1891	0,0047	0,3562	0,0001	25/53
54.	547,6317	0,0149	27 ppm	545,1931	0,0047	0,3562	0,0001	25/53
55.	547,6393	0,0137	25 ppm	545,1938	0,0047	0,3562	0,0001	25/53
56.	547,6400	0,0131	24 ppm	545,1935	0,0048	0,3562	0,0001	25/53
57.	547,6421	0,0145	26 ppm	545,1977	0,0047	0,3562	0,0001	25/53
58.	547,6431	0,0132	24 ppm	545,1969	0,0047	0,3562	0,0001	25/53
59.	547,6458	0,0129	24 ppm	545,2006	0,0047	0,3561	0,0001	25/53
60.	547,7798	0,0005	0,89 ppm	545,3929	0,0056	0,3549	0,0001	4/53
61.	547,7877	0,0123	22 ppm	545,3936	0,0047	0,3549	0,0001	25/53
62.	547,7905	0,0139	25 ppm	545,3926	0,0047	0,3549	0,0001	25/53
63.	547,7834	0,0136	25 ppm	545,3929	0,0047	0,3549	0,0001	25/53
64.	547,7876	0,0148	27 ppm	545,3902	0,0047	0,3549	0,0001	25/53

65.	547,7895	0,0130	24 ppm	545,3939	0,0047	0,3549	0,0001	25/53
66.	547,7838	0,0005	0,89 ppm	545,3947	0,0056	0,3549	0,0001	4/53
67.	547,7908	0,0115	21 ppm	545,3927	0,0047	0,3549	0,0001	24/52
68.	547,7901	0,0121	22 ppm	545,3938	0,0048	0,3549	0,0001	25/53
69.	547,9305	0,0104	19 ppm	545,5854	0,0047	0,3534	0,0001	25/53
70.	547,9315	0,0160	29 ppm	545,5848	0,0047	0,3551	0,0001	25/53
71.	547,9320	0,0154	28 ppm	545,5841	0,0047	0,3526	0,0001	25/53
72.	547,9328	0,0140	26 ppm	545,5836	0,0047	0,3520	0,0001	25/53
73.	547,9326	0,0123	22 ppm	545,5841	0,0047	0,3537	0,0001	25/53
74.	547,9343	0,0128	23 ppm	545,5871	0,0047	0,3523	0,0001	25/53
75.	547,9359	0,0118	22 ppm	545,5875	0,0047	0,3528	0,0001	25/53
76.	547,9265	0,0005	0,89 ppm	545,5854	0,0056	0,3534	0,0001	4/53
77.	547,9342	0,0121	22 ppm	545,5851	0,0047	0,3531	0,0001	24/52
78.	548,0731	0,0005	0,89 ppm	545,7882	0,0056	0,3530	0,0001	4/53
79.	548,0827	0,0122	22 ppm	545,7839	0,0047	0,3547	0,0001	24/52
80.	548,0857	0,0132	24 ppm	545,7856	0,0047	0,3510	0,0001	25/53
81.	548,0805	0,0132	24 ppm	545,7838	0,0047	0,3533	0,0001	25/53
82.	548,0729	0,0161	29 ppm	545,7836	0,0047	0,3535	0,0001	25/53
83.	548,0782	0,0136	25 ppm	545,7806	0,0047	0,3527	0,0001	25/53
84.	548,0786	0,0131	24 ppm	545,7813	0,0047	0,3510	0,0001	25/53
85.	548,0793	0,0138	25 ppm	545,7819	0,0047	0,3510	0,0001	25/53
86.	548,1568	0,0128	23 ppm	545,9047	0,0047	0,3519	0,0001	25/53
87.	548,1637	0,0134	25 ppm	545,8997	0,0047	0,3511	0,0001	25/53
88.	548,1685	0,0145	26 ppm	545,9037	0,0046	0,3525	0,0001	25/53
89.	548,1528	0,0000	---	545,9023	0,0055	0,3508	0,0001	4/53
90.	548,1684	0,0119	22 ppm	545,9044	0,0047	0,3519	0,0001	24/52
91.	548,1606	0,0000	---	545,9055	0,0055	0,3516	0,0001	4/53
92.	548,1633	0,0166	30 ppm	545,9055	0,0047	0,3522	0,0001	24/52
93.	548,1611	0,0128	23 ppm	545,8998	0,0047	0,3511	0,0001	24/52
94.	548,1691	0,0132	24 ppm	545,9003	0,0047	0,3533	0,0001	25/53

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_ζ Term für den Druckabfall durch die Bildung des Strömungsprofils (*Kinetische Energie-Korrektur*) [mN], $F_{h\eta}$ 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 Messwerteauswahl ist in der letzten Spalte 'N/n' angegeben; durch den angewendeten Cutoff-Algorithmus werden Drückstöße und Pendelvorgänge besonders am Messkurvenanfang ausgeblendet (Das Diagramm 5, eta-Raw (M), unterhalb, zeigt eine größere Wertemenge an, als für die Berechnung verwendet wird). Neben den statischen Korrekturen ist mit F_ζ die kinetischen Energie-Korrektur angegeben, die analog zu (Glas-) Kapillarviskosimetern mit dem Faktor ζ der 'Hagenbach-Couette'-Korrektur entspricht: $F_\zeta = 1/2 \cdot \rho \cdot \pi \cdot r_i^2 \cdot v_m^2 \cdot \zeta$

→ Diagramm 5. Die 'Kraft-Weg-Rohdaten' - 'eta-Raw (M)'



- Diagramm 5, "eta-Raw [M]", zeigt die zur Bewegung am Messkörper auftretenden Kräfte nach Korrektur durch den Messzylinderauftrieb. 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 Kraft (F_z) verwendet. Sofern ein instationärer (d.h. ein nicht waagerechter) Verlauf angezeigt wird, kann diese Abweichung von der Idealform als Symptom folgender Ursachen gedeutet werden: es liegt ein Temperaturgefälle vor, die Probe ist vertikal inhomogen (geschichtet), mehrphasig, ... oder die Probe scherverflüssigt / -verfestigt bewegzeitabhängig im Ringspalt. Das Gesamtvolumen im Ringspalt von 1,52 cm³ wird über die Bewegungstrecke von 9,2 mm komplett ausgetauscht. - Ein waagerechter Verlauf im rechten Kurventeil kennzeichnet eine valide Viskositätsmessung.

Tabelle 3: Detaildaten zur Viskositätsmessung II.

N°	Noise [μN/mm]	H _{start} [mm]	L _{cη} [mm]	D _{RSP} [mm]	ΔD _{RSP} [μm]	Ø _{zyl.} [mm]	L _{zyl.} [mm]	Σσ [mPa·s]	Σσ _{rel.}
1.	3,04	4,754	30,821	0,7689	1,44	14,4665	41,2400	0,003	1,2%
2.	3,15	4,766	30,968	0,7689	1,44	14,4665	41,2400	0,003	1,2%
3.	2,93	4,766	30,797	0,7689	1,44	14,4665	41,2400	0,003	1,2%
4.	3,31	4,754	30,551	0,7689	1,44	14,4665	41,2399	0,0031	1,2%
5.	3,25	4,729	30,907	0,7689	1,45	14,4665	41,2399	0,0031	1,2%
6.	2,98	4,766	30,625	0,7689	1,45	14,4665	41,2399	0,0031	1,2%
7.	0,0665	4,778	30,870	0,7687	1,21	14,4670	41,2416	0,0026	1,0%
8.	3,04	4,717	30,870	0,7687	1,21	14,4671	41,2416	0,0029	1,1%
9.	3,21	4,766	30,711	0,7687	1,20	14,4671	41,2416	0,003	1,2%
10.	2,66	4,742	30,980	0,7687	1,20	14,4671	41,2416	0,0029	1,1%
11.	2,71	4,754	31,017	0,7687	1,20	14,4671	41,2416	0,0029	1,1%
12.	2,89	4,803	30,882	0,7687	1,20	14,4671	41,2416	0,0029	1,1%

13.	2,97	4,766	30,980	0,7687	1,20	14,4671	41,2416	0,0029	1,1%
14.	2,59	4,754	30,600	0,7687	1,20	14,4671	41,2416	0,0028	1,1%
15.	3,33	4,778	30,552	0,7687	1,20	14,4671	41,2416	0,0028	1,1%
16.	3,27	4,754	30,760	0,7685	0,964	14,4676	41,2433	0,003	1,2%
17.	3,04	4,754	30,931	0,7685	0,963	14,4676	41,2433	0,0029	1,2%
18.	2,96	4,766	30,907	0,7685	0,962	14,4676	41,2433	0,0029	1,2%
19.	3,49	4,705	30,845	0,7685	0,961	14,4676	41,2433	0,003	1,2%
20.	3,04	4,754	30,882	0,7685	0,961	14,4677	41,2433	0,0029	1,2%
21.	2,65	4,754	30,576	0,7685	0,959	14,4677	41,2433	0,0029	1,2%
22.	2,85	4,754	30,919	0,7685	0,958	14,4677	41,2433	0,0029	1,2%
23.	3,13	4,705	31,054	0,7685	0,957	14,4677	41,2433	0,0029	1,2%
24.	3,11	4,778	30,662	0,7685	0,957	14,4677	41,2433	0,0029	1,2%
25.	3,26	4,791	30,527	0,7682	0,721	14,4682	41,2450	0,0029	1,2%
26.	3,12	4,803	30,539	0,7682	0,720	14,4682	41,2450	0,0029	1,2%
27.	3,09	4,778	30,944	0,7682	0,715	14,4683	41,2450	0,0029	1,2%
28.	3,00	4,742	30,637	0,7682	0,717	14,4682	41,2450	0,0029	1,2%
29.	2,98	4,766	30,882	0,7682	0,719	14,4682	41,2450	0,0029	1,2%
30.	3,50	4,778	30,687	0,7682	0,720	14,4682	41,2450	0,003	1,2%
31.	3,20	4,766	30,870	0,7682	0,720	14,4682	41,2450	0,0029	1,2%
32.	3,54	4,754	30,796	0,7682	0,720	14,4682	41,2450	0,003	1,2%
33.	3,60	4,778	30,760	0,768	0,489	14,4688	41,2466	0,003	1,3%
34.	3,40	4,766	30,846	0,768	0,489	14,4688	41,2466	0,0029	1,2%
35.	3,11	4,778	31,079	0,768	0,486	14,4688	41,2466	0,0028	1,2%
36.	3,69	4,791	30,980	0,768	0,483	14,4688	41,2466	0,0029	1,2%
37.	3,10	4,766	31,005	0,768	0,482	14,4688	41,2466	0,0028	1,2%
38.	3,33	4,766	31,017	0,768	0,480	14,4688	41,2466	0,0029	1,2%
39.	3,38	4,742	30,796	0,768	0,479	14,4688	41,2467	0,0028	1,2%
40.	3,03	4,778	31,091	0,768	0,476	14,4688	41,2467	0,0028	1,2%
41.	3,03	4,766	30,895	0,768	0,474	14,4688	41,2467	0,0028	1,2%
42.	3,18	4,766	30,772	0,7677	0,243	14,4694	41,2483	0,0027	1,2%
43.	3,32	4,766	30,772	0,7677	0,241	14,4694	41,2483	0,0028	1,2%
44.	3,49	4,766	30,637	0,7677	0,239	14,4694	41,2483	0,0029	1,3%
45.	3,10	4,766	30,748	0,7677	0,239	14,4694	41,2483	0,0028	1,2%
46.	3,59	4,742	30,955	0,7677	0,237	14,4694	41,2483	0,0029	1,3%
47.	3,28	4,766	30,895	0,7677	0,237	14,4694	41,2483	0,0028	1,2%
48.	3,14	4,766	31,078	0,7677	0,239	14,4694	41,2483	0,0028	1,2%
49.	2,84	4,766	31,103	0,7677	0,239	14,4694	41,2483	0,0027	1,2%
50.	3,11	4,754	30,576	0,7677	0,238	14,4694	41,2483	0,0028	1,2%
51.	3,92	4,791	31,029	0,7675	0,0126	14,4700	41,2499	0,0029	1,3%
52.	3,86	4,742	30,857	0,7675	0,0133	14,4700	41,2499	0,0029	1,3%
53.	3,65	4,717	30,748	0,7675	0,0119	14,4700	41,2499	0,0029	1,3%
54.	3,75	4,742	31,090	0,7675	0,00743	14,4700	41,2499	0,0029	1,3%
55.	3,52	4,766	30,650	0,7675	0,00505	14,4700	41,2500	0,0028	1,2%
56.	3,09	4,754	31,066	0,7675	0,00409	14,4700	41,2500	0,0028	1,2%
57.	3,76	4,766	30,735	0,7675	0,00305	14,4700	41,2500	0,0029	1,3%
58.	3,57	4,778	30,895	0,7675	0,00181	14,4700	41,2500	0,0028	1,2%
59.	3,35	4,766	30,833	0,7675	-3,81E-4	14,4700	41,2500	0,0028	1,2%
60.	0,0664	4,766	30,956	0,7673	-0,240	14,4706	41,2517	0,0022	1,0%
61.	3,11	4,766	31,054	0,7673	-0,240	14,4706	41,2517	0,0027	1,2%
62.	3,64	4,766	30,907	0,7673	-0,240	14,4706	41,2517	0,0028	1,3%
63.	3,92	4,754	30,821	0,7673	-0,235	14,4706	41,2516	0,0028	1,3%
64.	3,85	4,754	30,674	0,7673	-0,235	14,4706	41,2516	0,0028	1,3%
65.	3,58	4,791	30,943	0,7673	-0,239	14,4706	41,2517	0,0027	1,2%
66.	0,0664	4,754	30,760	0,7673	-0,240	14,4706	41,2517	0,0022	1,0%
67.	3,12	4,754	30,551	0,7673	-0,239	14,4706	41,2517	0,0026	1,2%
68.	3,01	4,778	31,115	0,7673	-0,238	14,4706	41,2517	0,0027	1,2%
69.	2,73	4,766	31,103	0,767	-0,476	14,4712	41,2533	0,0025	1,2%
70.	3,93	4,766	30,809	0,767	-0,476	14,4712	41,2533	0,0029	1,4%
71.	3,77	4,729	30,699	0,767	-0,474	14,4712	41,2533	0,0028	1,3%
72.	3,56	4,766	31,042	0,767	-0,473	14,4712	41,2533	0,0028	1,3%
73.	2,98	4,766	31,115	0,767	-0,474	14,4712	41,2533	0,0026	1,2%
74.	3,50	4,729	30,932	0,767	-0,477	14,4712	41,2533	0,0027	1,3%
75.	2,92	4,754	31,078	0,767	-0,478	14,4712	41,2533	0,0026	1,2%
76.	0,0651	4,742	31,102	0,767	-0,476	14,4712	41,2533	0,0022	1,0%
77.	2,98	4,778	30,601	0,767	-0,474	14,4712	41,2533	0,0026	1,2%
78.	0,0625	4,754	31,017	0,7668	-0,716	14,4718	41,2550	0,0021	1,0%
79.	3,11	4,778	30,478	0,7668	-0,714	14,4717	41,2550	0,0026	1,3%
80.	3,24	4,778	30,809	0,7668	-0,714	14,4717	41,2550	0,0027	1,3%
81.	3,23	4,778	30,907	0,7668	-0,712	14,4717	41,2550	0,0026	1,3%
82.	3,90	4,754	30,796	0,7668	-0,708	14,4717	41,2549	0,0028	1,4%
83.	3,36	4,754	31,005	0,7668	-0,708	14,4717	41,2549	0,0027	1,3%
84.	3,26	4,766	30,931	0,7668	-0,710	14,4717	41,2550	0,0026	1,2%
85.	3,46	4,705	30,809	0,7668	-0,710	14,4717	41,2550	0,0027	1,3%
86.	3,39	4,778	31,005	0,7666	-0,854	14,4721	41,2560	0,0026	1,3%
87.	3,45	4,766	30,846	0,7666	-0,852	14,4721	41,2559	0,0026	1,3%
88.	3,66	4,766	30,784	0,7666	-0,854	14,4721	41,2560	0,0027	1,3%
89.	0,00	4,754	30,956	0,7666	-0,854	14,4721	41,2560	0,0021	1,0%
90.	3,32	4,766	30,515	0,7666	-0,856	14,4721	41,2560	0,0025	1,2%
91.	0,00	4,742	30,747	0,7666	-0,857	14,4721	41,2560	0,0021	1,0%
92.	3,97	4,766	30,772	0,7666	-0,855	14,4721	41,2560	0,0029	1,4%
93.	3,38	4,742	30,723	0,7666	-0,851	14,4721	41,2559	0,0026	1,3%
94.	3,20	4,754	30,943	0,7666	-0,853	14,4721	41,2560	0,0026	1,3%

Tabellensymbole: *Noise* Mittelwert der höherfrequenten Lastschwankungen 'Rauheit' im Kurvenzug der Messkraft [$\mu\text{N}/\text{mm}$], H_{Start} Positionshöhe des ersten Messwertes zur stationären Kraft [mm], L_{Cyl} 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], \varnothing_{Zyl} Durchmesser des Messzylinders [mm], L_{Zyl} Länge des Messzylinders [mm] . $\Sigma\sigma$ Absolute Summe der Unsicherheitsbeiträge, die dem jeweiligen Viskositätswert beigeordnet wird [mPa-s] und $\Sigma\sigma_{\text{rel}}$ 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. DICHT E - MESSUNG

94 Messwerte; Zeitbereich 20 bis 220 min, Temperatur $\Delta T = +24,087$ K

Resultat: $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0,71475 \pm 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ bzw. $\pm 45 \text{ ppm}$ (293,15 K, 96,63 kPa)

Streuung: $3,2 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ absolute bzw. **45 ppm** relative Standardabweichung

Berechnung: quadratische Regressionsgleichung, eindeutig temperaturabhängig.

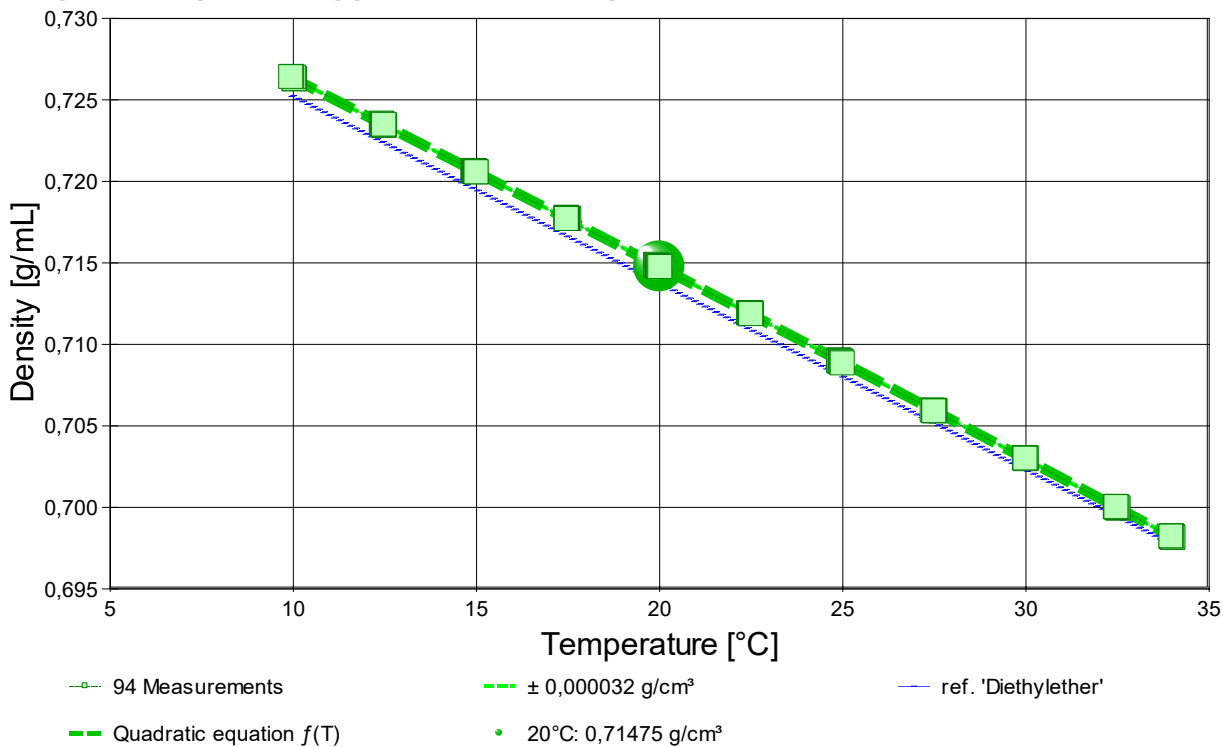
Temperaturzusammenhang zwischen 9,950 und 34,037 °C:

$$\rho [\text{g/cm}^3] = f(\vartheta [^\circ\text{C}]) = 0,737596 - 111,72 \cdot \vartheta / 1\text{E}5 - 0,12461 \cdot \vartheta^2 / 1\text{E}5 \quad \text{mit } r^2 = 0,999987, s^2 = 1,02\text{E}-9$$

Der Ausdehnungskoeffizient κ mit $163,2 [10^{-5}\text{K}^{-1}]$ ist wesentlich größer als für *Flüssigkeiten normal*. Er bewirkt eine Dichte-Änderung von 0,16%, das sind $0,00117 \text{ g/cm}^3$ pro Grad bei der Angabetemperatur 20°C .

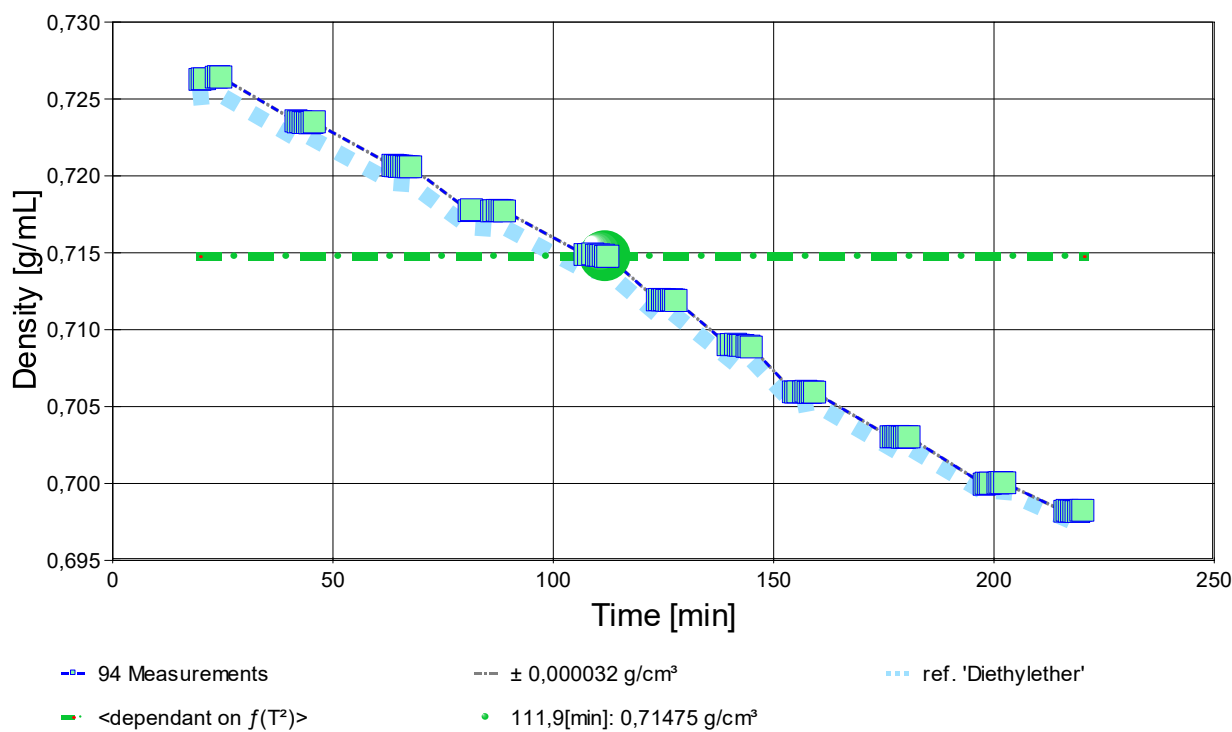
- Die im Vergleich mit dem Wert der Fortpflanzung der Messunsicherheit von $\pm 2,7\text{E}-5 \text{ g/cm}^3$ relativ große Standardabweichung zwischen Gleichung und Messwerten ($\pm 3,2\text{E}-5 \text{ g/cm}^3$) führt dazu, dass die aus der Fortpflanzung der Unsicherheiten berechnete kombinierte Messunsicherheit des Ergebnisses, die gepunktet unterstrichen zum Ergebniswert angegeben ist, durch die Standardmessunsicherheit ersetzt wurde (Evtl. ist der Temperaturbereich für eine bessere Konvergenz von Gleichung und Messwerten zu groß; vgl. Abschnitt weiter unten). --- 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 'ausgezeichnet' 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.'



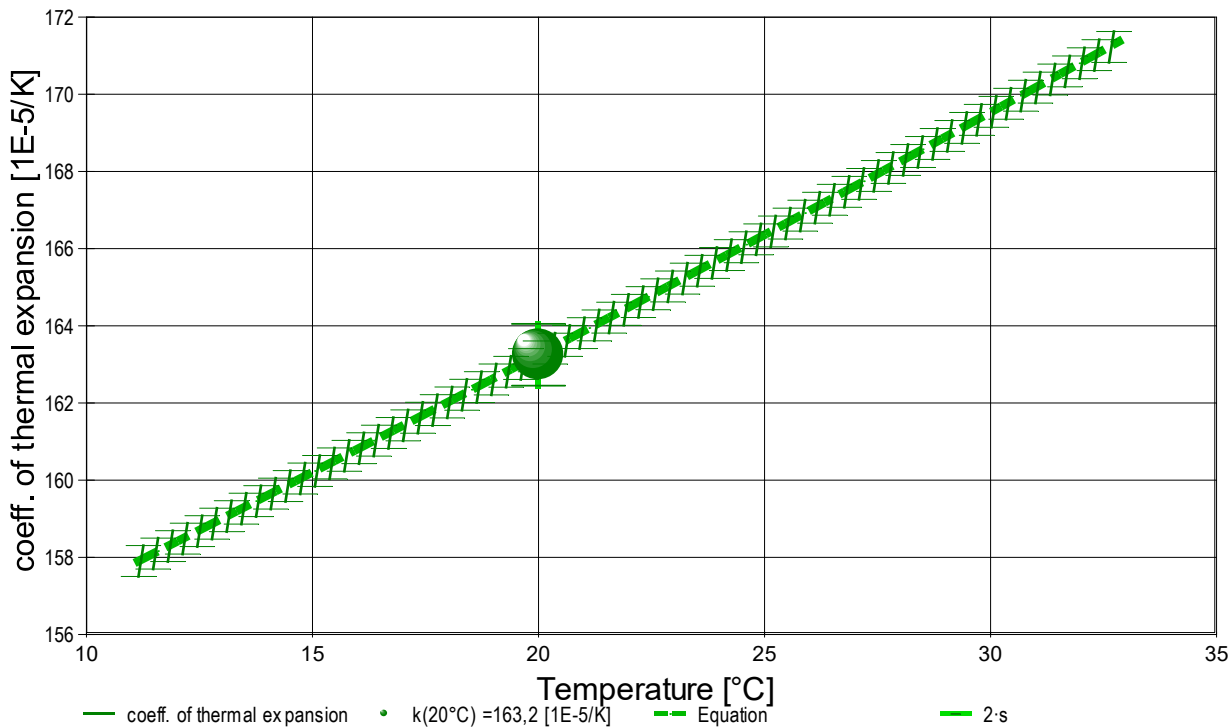
- Das Diagramm 6, "rho-Temp.", zeigt die 94 Dichtemesswerte als Quadratsymbol bei der jeweils beigemessenen Temperatur. Der Angabewert bei 20°C für die Diethylether-Probe ist als Kugel abgebildet; der Bereich der Messunsicherheit wird durch gestrichelte Linien ausgewiesen. Der Verlauf der Regressionsfunktion ist als dicke Linie gezeichnet. In Markierungsbreite der Messunsicherheit ist die Referenzfunktion von 'Diethylether-' aus der Datenbank abgebildet.

- Diagramm 7. Zeitverlauf der Dichtemesswerte - 'rho-f(t)²'



- Im Diagramm 7, " $\rho=f(t)^2$ ", 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, " $\kappa=f(T,t)$ ", zeigt den Verlauf des Ausdehnungskoeffizienten κ der Probe *Diethylether-Probe* entsprechend der unten angegebenen Gleichung an. Die Breite entspricht dem hier angenommenen Fehler. Der Angabewert ist als kugelförmiges Symbol eingezeichnet.

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

$$\kappa \text{ [} 10^{-5} \cdot K^{-1} \text{]} = f(\vartheta [^{\circ}C]) = (111,7 + 0,2492 \cdot \vartheta) / (0,7376 - 0,0011172 \cdot \vartheta - 1,2461E-6 \cdot \vartheta^2)$$

Die Präzision der Gleichung wird aus der Regressionsfunktion zu $\pm 0,4 \cdot 10^{-5} / K$ angenommen. Bei 20 °C beträgt die relative Zunahme des Koeffizienten 0,38% pro Grad.

- Um das Volumen bzw. eine Volumenänderung für *Diethylether-Probe* bei einer bestimmten Temperatur ϑ im gültigen Temperaturbereich zu berechnen kann mit dem bei der Temperatur ϑ^0 gegebenen Volumen V_{ϑ^0} das Volumen V_{ϑ} bei der Temperatur ϑ über das entsprechende Verhältnis der Dichten bestimmt werden:

$$V_{\vartheta} = V_{\vartheta^0} \cdot (0,7376 - 0,0011172 \cdot \vartheta^0 - 1,2461 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^{0^2}) / (0,7376 - 0,0011172 \cdot \vartheta - 1,2461 \cdot 10^{-6} \cdot \vartheta^2)$$

Tabelle 4: Daten der Dichtemessung

N°	t [min]	ϑ [°C]	ρ [g/cm³]	H [mm]	ω [s]	$\Delta\rho_{\omega}$ [g/cm³]	N Werte & Trend	F _A [mN]	F _{korrr.} [mN], TSymb.
1.	20,0	10,048	0,72623	4,549	0,0	0,0	1	544,056	-
2.	20,5	10,037	0,72627	4,549	0,0	0,0	1	544,054	-
3.	21,0	10,049	0,72626	4,549	0,0	0,0	1	544,054	-

4.	23,7	10,021	0,72637	4,549	0,0	0,0	1	544,047	-
5.	24,2	9,964	0,72640	4,549	0,0	0,0	1	544,045	-
6.	24,7	9,950	0,72639	4,549	0,0	0,0	1	544,046	-
7.	41,8	12,426	0,72352	4,549	0,0	0,0	1	544,234	-
8.	42,3	12,427	0,72346	4,549	0,0	0,0	1	544,238	-
9.	42,9	12,447	0,72347	4,549	0,0	0,0	1	544,237	-
10.	43,4	12,460	0,72342	4,549	0,0	0,0	1	544,240	-
11.	43,9	12,488	0,72341	4,549	0,0	0,0	1	544,241	-
12.	44,4	12,500	0,72341	4,549	0,0	0,0	1	544,242	-
13.	44,9	12,502	0,72340	4,549	0,0	0,0	1	544,242	-
14.	45,4	12,501	0,72342	4,549	0,0	0,0	1	544,240	-
15.	45,9	12,487	0,72346	4,549	0,0	0,0	1	544,238	-
16.	63,8	14,924	0,72063	4,549	0,0	0,0	1	544,424	-
17.	64,3	14,936	0,72062	4,549	0,0	0,0	1	544,425	-
18.	64,8	14,960	0,72060	4,549	0,0	0,0	1	544,425	-
19.	65,3	14,961	0,72057	4,549	0,0	0,0	1	544,428	-
20.	65,8	14,970	0,72057	4,549	0,0	0,0	1	544,428	-
21.	66,3	14,979	0,72056	4,549	0,0	0,0	1	544,428	-
22.	66,8	14,995	0,72054	4,549	0,0	0,0	1	544,430	-
23.	67,3	15,006	0,72054	4,549	0,0	0,0	1	544,429	-
24.	67,8	15,006	0,72055	4,549	0,0	0,0	1	544,429	-
25.	81,1	17,461	0,71770	4,549	0,0	0,0	1	544,617	-
26.	81,6	17,461	0,71776	4,549	0,0	0,0	1	544,612	-
27.	86,2	17,539	0,71767	4,549	0,0	0,0	1	544,618	-
28.	86,7	17,512	0,71769	4,549	0,0	0,0	1	544,617	-
29.	87,5	17,490	0,71771	4,549	0,0	0,0	1	544,615	-
30.	88,1	17,474	0,71770	4,549	0,0	0,0	1	544,617	-
31.	88,6	17,473	0,71769	4,549	0,0	0,0	1	544,617	-
32.	89,1	17,471	0,71768	4,549	0,0	0,0	1	544,618	-
33.	107,4	19,931	0,71484	4,549	0,0	0,0	1	544,804	-
34.	108,2	19,912	0,71484	4,549	0,0	0,0	1	544,805	-
35.	109,1	19,917	0,71487	4,549	0,0	0,0	1	544,802	-
36.	110,0	19,949	0,71480	4,549	0,0	0,0	1	544,807	-
37.	110,5	19,948	0,71480	4,549	0,0	0,0	1	544,807	-
38.	111,0	19,965	0,71477	4,549	0,0	0,0	1	544,809	-
39.	111,5	19,977	0,71478	4,549	0,0	0,0	1	544,808	-
40.	112,0	20,001	0,71472	4,549	0,0	0,0	1	544,813	-
41.	112,5	20,026	0,71473	4,549	0,0	0,0	1	544,812	-
42.	123,8	22,448	0,71188	4,549	0,0	0,0	1	544,999	-
43.	124,3	22,471	0,71191	4,549	0,0	0,0	1	544,997	-
44.	125,0	22,493	0,71188	4,549	0,0	0,0	1	544,999	-
45.	125,4	22,496	0,71190	4,549	0,0	0,0	1	544,998	-
46.	125,9	22,513	0,71186	4,549	0,0	0,0	1	545,001	-
47.	126,5	22,522	0,71185	4,549	0,0	0,0	1	545,001	-
48.	127,0	22,510	0,71189	4,549	0,0	0,0	1	544,999	-
49.	127,5	22,493	0,71188	4,549	0,0	0,0	1	544,999	-
50.	128,0	22,506	0,71185	4,549	0,0	0,0	1	545,001	-
51.	139,9	24,911	0,70897	4,549	0,0	0,0	1	545,191	-
52.	140,6	24,911	0,70899	4,549	0,0	0,0	1	545,190	-
53.	141,5	24,911	0,70899	4,549	0,0	0,0	1	545,189	-
54.	142,2	24,922	0,70893	4,549	0,0	0,0	1	545,193	-
55.	142,7	24,952	0,70892	4,549	0,0	0,0	1	545,194	-
56.	143,2	24,965	0,70893	4,549	0,0	0,0	1	545,194	-
57.	144,1	24,973	0,70886	4,549	0,0	0,0	1	545,198	-
58.	144,6	24,980	0,70888	4,549	0,0	0,0	1	545,197	-
59.	145,1	25,006	0,70882	4,549	0,0	0,0	1	545,201	-
60.	154,7	27,528	0,70590	4,549	0,0	0,0	1	545,393	-
61.	155,2	27,532	0,70589	4,549	0,0	0,0	1	545,394	-
62.	155,7	27,523	0,70590	4,549	0,0	0,0	1	545,393	-
63.	157,0	27,487	0,70590	4,549	0,0	0,0	1	545,393	-
64.	157,5	27,464	0,70594	4,549	0,0	0,0	1	545,390	-
65.	158,0	27,496	0,70588	4,549	0,0	0,0	1	545,394	-
66.	158,5	27,533	0,70587	4,549	0,0	0,0	1	545,395	-
67.	159,0	27,522	0,70590	4,549	0,0	0,0	1	545,393	-
68.	159,5	27,503	0,70589	4,549	0,0	0,0	1	545,394	-
69.	176,8	30,014	0,70298	4,549	0,0	0,0	1	545,585	-
70.	177,4	30,021	0,70298	4,549	0,0	0,0	1	545,585	-
71.	177,9	30,002	0,70299	4,549	0,0	0,0	1	545,584	-
72.	178,4	29,982	0,70300	4,549	0,0	0,0	1	545,584	-
73.	178,9	29,991	0,70300	4,549	0,0	0,0	1	545,584	-
74.	179,4	30,003	0,70295	4,549	0,0	0,0	1	545,587	-
75.	179,9	30,026	0,70294	4,549	0,0	0,0	1	545,588	-
76.	180,4	30,023	0,70298	4,549	0,0	0,0	1	545,585	-
77.	180,9	29,993	0,70298	4,549	0,0	0,0	1	545,585	-
78.	198,0	32,537	0,69990	4,549	0,0	0,0	1	545,788	-
79.	198,4	32,525	0,69996	4,549	0,0	0,0	1	545,784	-
80.	198,9	32,526	0,69994	4,549	0,0	0,0	1	545,786	-
81.	199,4	32,510	0,69997	4,549	0,0	0,0	1	545,784	-
82.	201,1	32,475	0,69997	4,549	0,0	0,0	1	545,784	-
83.	201,5	32,454	0,70001	4,549	0,0	0,0	1	545,781	-
84.	202,0	32,468	0,70000	4,549	0,0	0,0	1	545,781	-
85.	202,6	32,480	0,69999	4,549	0,0	0,0	1	545,782	-
86.	216,3	34,005	0,69813	4,549	0,0	0,0	1	545,905	-
87.	216,8	33,999	0,69821	4,549	0,0	0,0	1	545,900	-
88.	217,3	33,987	0,69815	4,549	0,0	0,0	1	545,904	-
89.	217,8	34,007	0,69817	4,549	0,0	0,0	1	545,902	-
90.	218,3	34,027	0,69814	4,549	0,0	0,0	1	545,904	-
91.	218,8	34,025	0,69812	4,549	0,0	0,0	1	545,906	-

92.	219,4	34,037	0,69812	4,549	0,0	0,0	1	545,906	-
93.	219,9	33,990	0,69821	4,549	0,0	0,0	1	545,900	-
94.	220,4	33,977	0,69820	4,549	0,0	0,0	1	545,900	-

Tabellensymbole: t Zeitpunkt [min], ϑ Temperatur [°C], ρ Dichte [g/cm³], H Positionshöhe der Messkörperunterkannte über der Nullhöhe beim Dichtemesswert [mm], ω Beobachtungsdauer der aufgezeichneten Auftriebsmessung [s], $\Delta\rho_\omega$ Standardabweichung der Dichtewerte in der Beobachtungszeit [g/cm³], N Anzahl Auftriebsmesswerte ggf. mit Wägewertezahl und Trend anzeigenden Symbolen, F_A Gewicht des Messkörpers in der Probe (Roh-wert der Auftriebskraft) [mN], $F_{korrr.}$ konstante Korrekturkraft [mN].

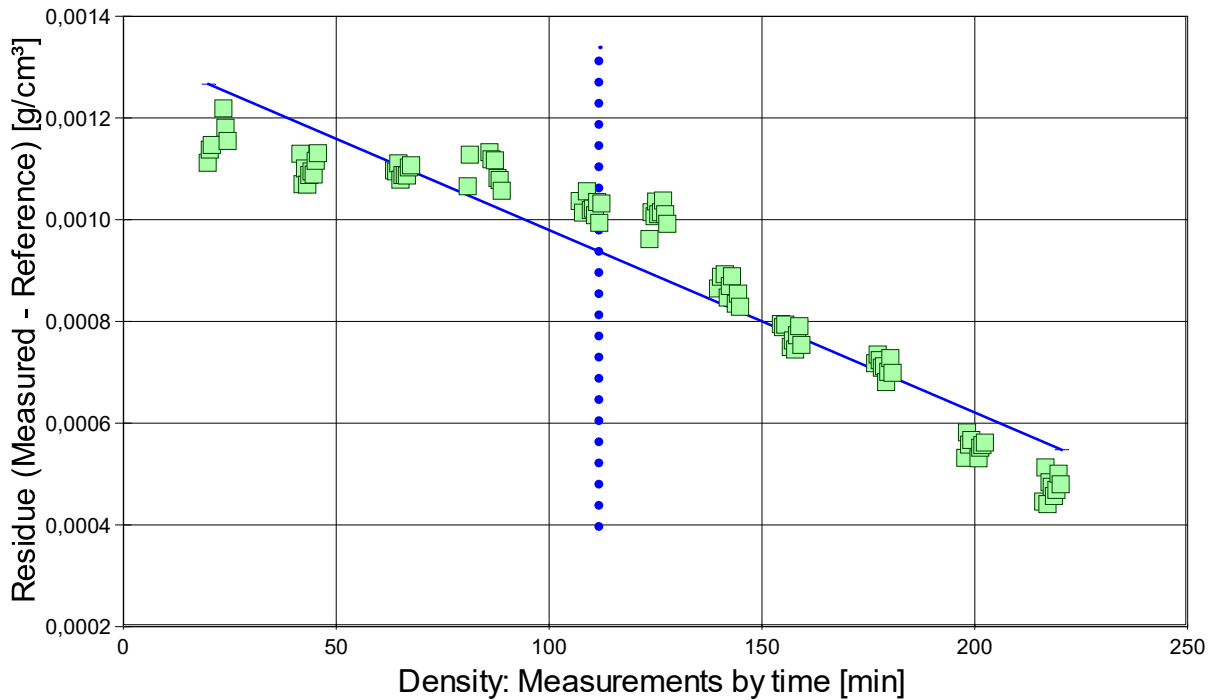
- Die 'Nullhöhe' ist die vertikale Position zu der der Messkörper just auf dem Gefäßboden oder Podest steht ($H=0\text{mm}$).

• 5. REFERENZ VERGLEICH

Beurteilung von Viskositäts- und Dichtemessungen anhand der Residuen: Die Differenzen zwischen Messwerten und zur jeweiligen Temperatur berechneten Sollwerten des Referenzeintrags *Diethylether* 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.

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

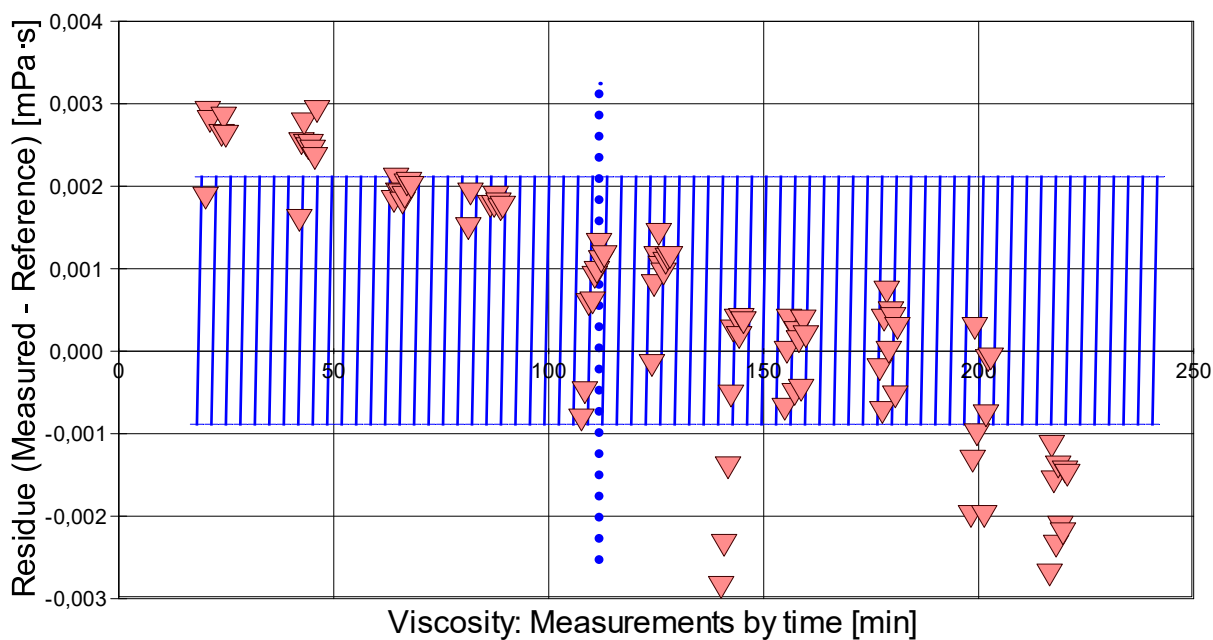
Referenzabweichung der Dichtemesswerte - 'rho-Residuen'



Reference values for 'Diethylether' acc. to $f(T[°C])=0.7080-1.145E-3 \cdot (T - 25)$
 Deviance as a function: $f(t[\text{min}]) = 0,00134 - 3,59E-6 \cdot [\text{min}]$, $r^2 = 0,89$ (Mean $8,88E-4$ g/cm³, rel.: +0,12%)

- 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 Viskositätsmesswerte - 'eta-Residuen'*



Reference values for 'Diethylether' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=0.283 \cdot \exp(-0.00935 \cdot T)$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $6,14\text{E-}4 \pm 0,0015 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, relative: +0,26% at a spread of 0,64%

- 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 Diethylether bei 20°C

	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
ρ	0,7137	0,7148	+0,0011 g/cm ³	0,2%	41
$-\Delta\rho/\Delta T$	0,0011	0,0012	+0,0001 g/cm ³ ·K ⁻¹	9%	4

Zum Vergleich der Werte wurde das Messergebnis auf die Präzision der Referenzangabe gerundet.

	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
η	0,235	0,236	+0,001 mPa·s	0,4%	@
$-\Delta\eta/\Delta T$	0,002	0,002	$\pm 0,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}\cdot\text{K}^{-1}$	---	@

Zum Vergleich der Werte wurde das Messergebnis auf die Präzision der Referenzangabe gerundet. - Der Ergebnisvergleich mit den Angaben, die in der Referenzdatenbank zu 'DIETHYLETHER' 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 20°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.

• 6. ANGABEN ZUR KONFIGURATION

Messkörper: Name *IStahl14.5/PA*, IDN° 7014, Spaltweite 0,767 mm.

Auswertungsverfahren: Standard. Konfigurationstyp DiVA-B^rorfl.

Messkörperdaten: Messzylindermasse 54,1632 $\pm 0,0002 \text{ g}$, ~volumen 6,912689 $\pm 2,6\text{E-}4 \text{ cm}^3$, ~durchmesser 14,47 $\pm 0,01 \text{ mm}$, ~länge 41,25 $\pm 0,01 \text{ mm}$.

kub. Ausdehnungskoeff. $\kappa [10^{-6}\text{K}^{-1}] = f(\vartheta[^\circ\text{C}]) = 50,873 - 0,18583 \cdot \vartheta + 3,8490 \cdot 10^{-3} \cdot \vartheta^2 - 1,9601 \cdot 10^{-5} \cdot \vartheta^3$

Nicht tauchendes Gewicht am Messzylinder (Lastträger, Haltekonus) 6,3188 g. Messzylindersuspension: Querschnitt 0,021 mm², Umfang 0,515 mm, Aufhängungsart: fixierte Verbindung.

Behälter/Röhre: Durchmesser 16,005 $\pm 0,005 \text{ mm}$, ~kub. Ausdehnungskoeffizient $8 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$.

Bezugstemperatur: für Abmessungen und Ausdehnungskoeffizienten 25°C.

Kinetische Energie: Faktor Zeta: $\zeta = 1,358$.

Individuelle Werte: Höhe der Flüssigkeitssäule über der Nulllage: 77,1 mm, max. Bewegungstrecke in der Phase: 35,9 mm.

Messunsicherheiten des Ergebnisses: Die Unsicherheit der Viskositätsangabe wurde aus dem Mittelwert der relativen Messunsicherheiten der Einzelmessungen zu 1,2% bestimmt; die Messunsicherheit der Dichte ($\pm 0,000032 \text{ g/cm}^3$) stammt - ausnahmsweise! - von der Standardabweichung der Regressionsfunktion.

- 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 Quadratesumme der Einzelunsicherheiten berechnet; diese sind summarisch zu jeder Einzelmessung angegeben in der Spalte σ_η 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 \pm (Standardmess-)Unsicherheiten einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben, d.h. die Überdeckung betrifft 67% der Werte.

Data created during execution of the IMPro "DiVA-B-Probenwechsel", type 5/0. Measuring process performed accordingly.

Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZ224-CW) wurde während 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 $\pm 0,01$ [K], R^o 100,0018[Ohm], AutoCal 10[min] (BN^o 3, -10/100°C, 7S, FS15, Offset: -0,005). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 6.1.40, LizenzN^o *3037-4759*, Windows 5.1-Betriebssystem auf PC Ser.N^o1480456102 (H, DIE PLATTE#).

Justierung der Wägezelle während der Messung:

at 2,1 min, Adjustment 0 ** passed **

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 'imeterData29.cal' gesondert gespeichert).

Meteorologische Angaben, Luftdichte:

Time [min]	ϕ [%]	T_a [°C]	p_a [kPa]	ρ_{air} [kg/m ³]
1,0	45,97	20,68	96,166	1,13546
41,4	45,5	21,09	96,195	1,13416
63,5	45,39	21,3	96,209	1,13364
80,8	45,43	21,347	96,220	1,13339
107,1	45,05	21,48	96,263	1,13338
123,6	44,92	21,51	96,290	1,13362
139,1	44,76	21,53	96,298	1,13364
153,9	44,6	21,62	96,284	1,13313
176,2	45,26	21,654	96,308	1,13317
197,6	45,32	21,73	96,33	1,13312
213,9	45,21	21,74	96,346	1,13328

Obige Zusammenstellung gibt die Aufzeichnung der Atmosphärendaten 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.