

ID N° 14810 - DiVA-Method: Rheological Measurement

Hexane, rheo

Hexane: Sigma-Aldrich reagent plus (99%)

Sample/Ref.: **Hexane** • *ideal Newtonian*

Results at **25,02°C**

Viscosity: $\eta_{(100,0s^{-1})} = 0,293 \pm 0,013 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, $\nu = 0,447 \pm 0,020 \text{ mm}^2/\text{s}$

3 x 30 shear rates $\text{dec.}^{-\text{exp}(830 \rightarrow 2,2)} \cdot \text{s}^{-1}$, resolves $K=0,2926 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ and $n=1,000$ with $\tau^0 = 11,53 \mu\text{Pa}$,

Density: $\rho = 0,65540 \pm 0,000055 \text{ g}/\text{cm}^3$

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 folgen exakt dem *Navier-Stokes'schen* Fundament, so wie das Hagen-Poiseuille'sche Gesetz. M5 DiVA ermöglicht unter Berücksichtigung von Aufhängungs- und Auftriebseffekten sowie der Strömungskinetik eine sehr genaue Bestimmung der absoluten Viskosität. Für nicht so normale Flüssigkeiten wird *Viskosität 'scheinbare Viskosität'* genannt. Gegenüber Rotationsviskosimetern ist bei M5 DiVA die Kohärenz- und Integrität der Messung hervorzuheben (keine Oberflächeneffekte, Wirbelbildung, Zentrifugalkräfte, Lagerreibung und unklare Scher-historien) wodurch sich ein Qualitätsunterschied definiert.

Über die Variation der Strömungsgeschwindigkeit wird die Rheometerfunktion angesprochen - d.h. die Messung der 'Viskosität' in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit. Dem hier durchmessenen Bereich 2,21 bis 829,51 /s kommt technisch die Bedeutung von *Ausgießen, Verlaufen* bis etwa *kräftigem Pumpen, Rakeln* zu. -- Bei Stillstand wirkt auf den Messkörper die Auftriebskraft. - Die Dichte ρ (*spezifische Masse*) gibt die Stoffmenge an, die in einem Volumen vorliegt. Sie ist ebenfalls eine sehr temperatur- und wenig druckabhängige Stoffkonstante. Die Dichte der untersuchten Flüssigkeit wurde 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 das Messkörpervolumen unter vorliegenden Umständen entscheidend - entsprechendes gilt hinsichtlich der geometrischen Verhältnisse und der Geschwindigkeit für die Viskositätsmessung -

- IMETER M5 DiVA-Resultate sind metrologisch rückführbar und kohärent mit Ergebnissen aus Referenzverfahren (Kapillarviskosimeter, 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 90-mal gemessen. Messdauer eine Stunde; Temperaturverlauf blieb im gesamten Zeitraum ziemlich grob isotherm bei 25,02°C. .

• 3. VISKOSITÄTS - MESSUNG

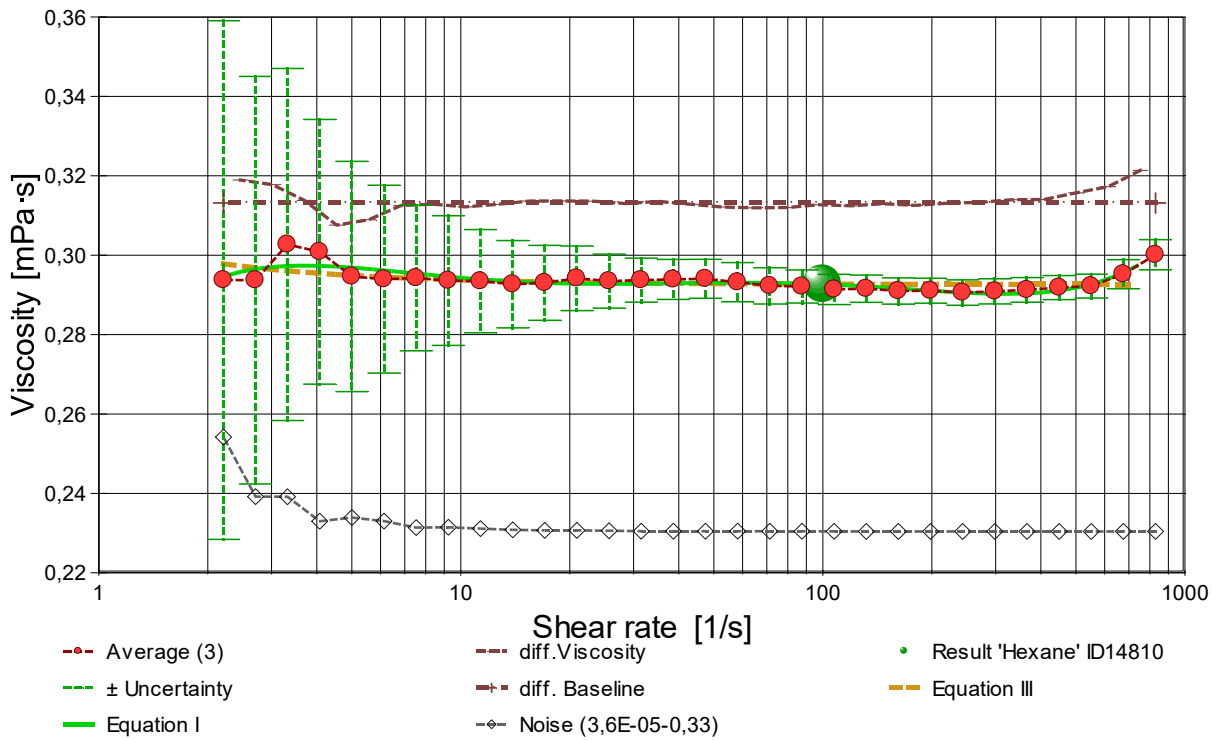
Temperatur **Hexane-Probe** in Rheometrie-Messung: $25,017 \pm 0,007 \text{ °C}$, Zeitbereich: 1,2 bis 65,0 Minuten. Die 90 Viskositätsmesswerte wurden mit 30 unterschiedlichen Scherraten ($\dot{\gamma}$) ermittelt und analysieren den Bereich zwischen 2,21 bis 829,51 s^{-1} wobei die Viskosität (η) Werte zwischen 0,288 bis 0,314 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ erreicht. Die Ergebnisangabe der Messung $0,2927 \pm 0,013 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ für $\dot{\gamma}=100,0 \text{ s}^{-1}$ wurde aus einer Regressionsgleichung zu den Messwerten berechnet:

$$\eta_{25,0^\circ\text{C}} [\text{mPa}\cdot\text{s}] = f(\dot{\gamma} [1/\text{s}]) = 0,27054 \cdot \dot{\gamma}^{(0,19805 - 0,14741 \cdot \ln(\dot{\gamma}) + 0,047836 \cdot \ln(\dot{\gamma})^2 - 0,0071046 \cdot \ln(\dot{\gamma})^3 + 3,9418 \cdot 10^{-4} \cdot \ln(\dot{\gamma})^4)}$$

Gleichung 1, $r^2 = 0,69$, $\sigma \pm 0,0058\%$

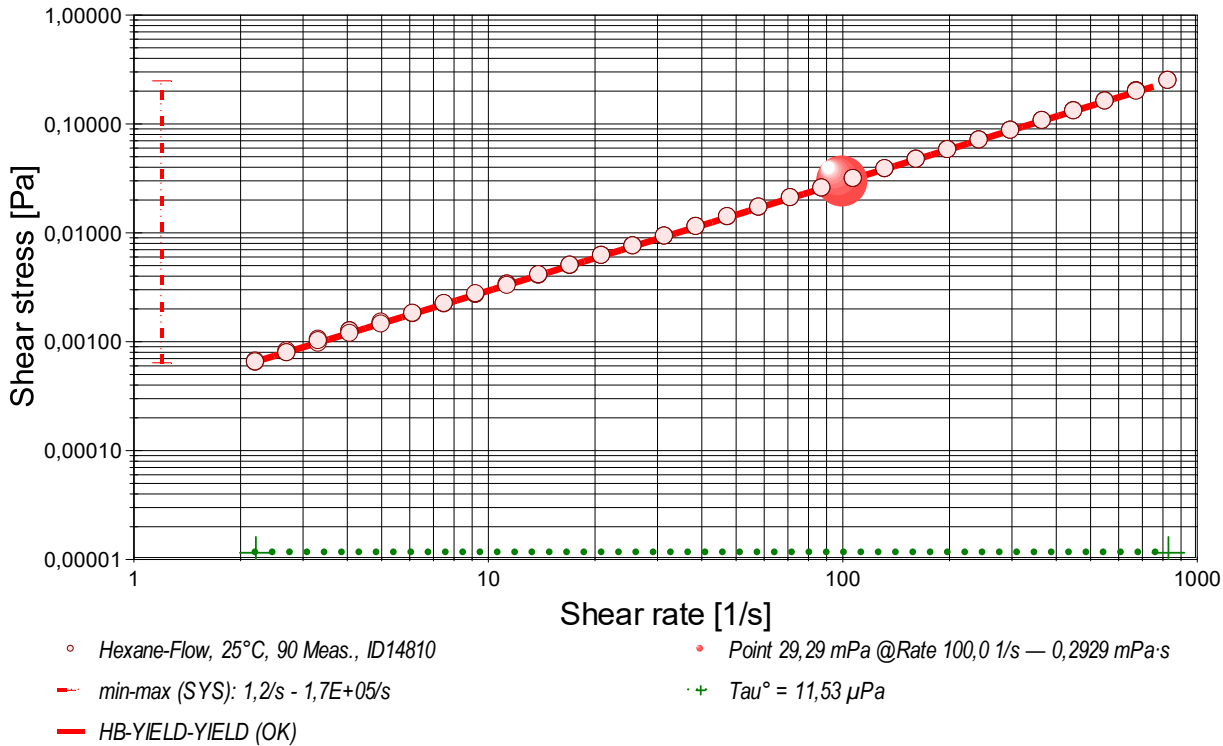
- Die Regressionsgleichung kombiniert die Menge der Messwerte. Zur Qualitätsbeurteilung, wie gut die Messwerte durch die Regressionsgleichung abgebildet werden, wird der Standardfehler als Gauß'sche Unsicherheit d.h. als *RMSPE (Root Mean Square Percentage Error)* bestimmt, der Wurzel aus dem mittleren quadratischen relativen Fehler. Diese Messunsicherheit wird als relative Standardabweichung " $\sigma \pm U\%$ " der Regressionsgleichung ausgewiesen.

- Diagramm 1. Viskosität in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit - 'Viskositätskurve-Lin-Log'



- Das Diagramm 2, "Viskositätskurve-Lin-Log", zeigt die Viskositätswerte η als rote, kugelförmige Markierungen. Senkrechte, grün gezeichnete Linien markieren zugehörige Werte der Messunsicherheit ($\pm \Sigma_{\sigma}$, Tabelle III). Die Ausgangsdaten stammen von einer Messwert-Mittelung über gleiche Scherraten in den drei durchlaufenen Zyklen. (vgl. Zeit-Visko-Chart). Der numerische Differenzenquotient der 30 Scherraten (diff.Viscosity) ist als relative Kurve mit zugehöriger Basisline mit $d\eta/d\ln(\dot{\gamma}) = 0$ eingezeichnet. Der Verlauf der Viskositätsänderung bietet mitunter exakt lokalisierbare rheologische Qualitäten: ein Kurvenverlauf über der Nullbezuglinie ('diff.Baseline') bedeutet Dilatanz, unter Null liegt Strukturviskosität vor, eine Differenziallage, auf oder dicht an der Null-Linie, drückt newtonische Proportionalität aus. Mit rautenförmigen Marken wird 'Noise' (als strukturell-dissipatives Merkmal der Schergredienten Fluktuation) angezeigt. Die zwei Regressionsgraphen nach Gleichung I und Gleichung III zeigen im Diagramm die mathematischen Näherungen an die Messwerte.

- Diagramm 2. Verhältnis von Schubspannung und Schergeschwindigkeit - 'Fließkurve (log)'



- Die dynamische Viskosität ist definiert als das Verhältnis von Schubspannung zu Schergeschwindigkeit ($\eta = \tau / \dot{\gamma}$) und ist für newtonische Fluide zu allen Verhältnisse von τ und $\dot{\gamma}$ konstant. - Das Diagramm 3, "Fließkurve (log)", zeigt die Lage der einzelnen Messwerte in den Koordinaten von Schergeschwindigkeit und Schubspannung. Der Verlauf markiert die sog. Fließkurve. Zu den Werten ist die Regressionsfunktion (Gleichung II) gemäß Herschel & Buckley (HB) eingezeichnet.

Die rheologischen Verhältnisse in **Hexane** bei 25°C beschreibt die Gleichung II insgesamt ziemlich gut:

$$\tau \text{ [Pa]} = 0,00001153 + 2,926 \cdot 10^{-4} \cdot \dot{\gamma}^1 \quad \text{Gleichung II, } r^2 = 0,99963, \sigma \pm 1,3\%$$

Fließgrenze ($\tau^0 = 11,53 \mu\text{Pa}$), Konsistenz ($K = 0,2926 \text{ mPa}$) und Fließindex ($n = 1,000$) charakterisieren das Fließverhalten der Hexane-Probe; die Kennzahlen ergeben sich aus dem geläufigen Potenzgesetz. Die Ableitung von Gl.II nach der Schergeschwindigkeit ($\dot{\gamma} \rightarrow \ddot{\gamma}$) ergibt die Gleichung III zur Beschreibung der Viskosität als Funktion der Schergeschwindigkeit:

$$\eta \text{ [mPa·s]} = 0,01153 \cdot \dot{\gamma}^{-1} + 0,2926 \quad \text{Gleichung III, } r^2 = \sim 0, \text{VK} = 1,4\%, \sigma \pm 4,2\text{E-}06\%$$

Der Flow-Index n klassifiziert die Hexane-Probe: • **Newtonsche Idealdynamik**.

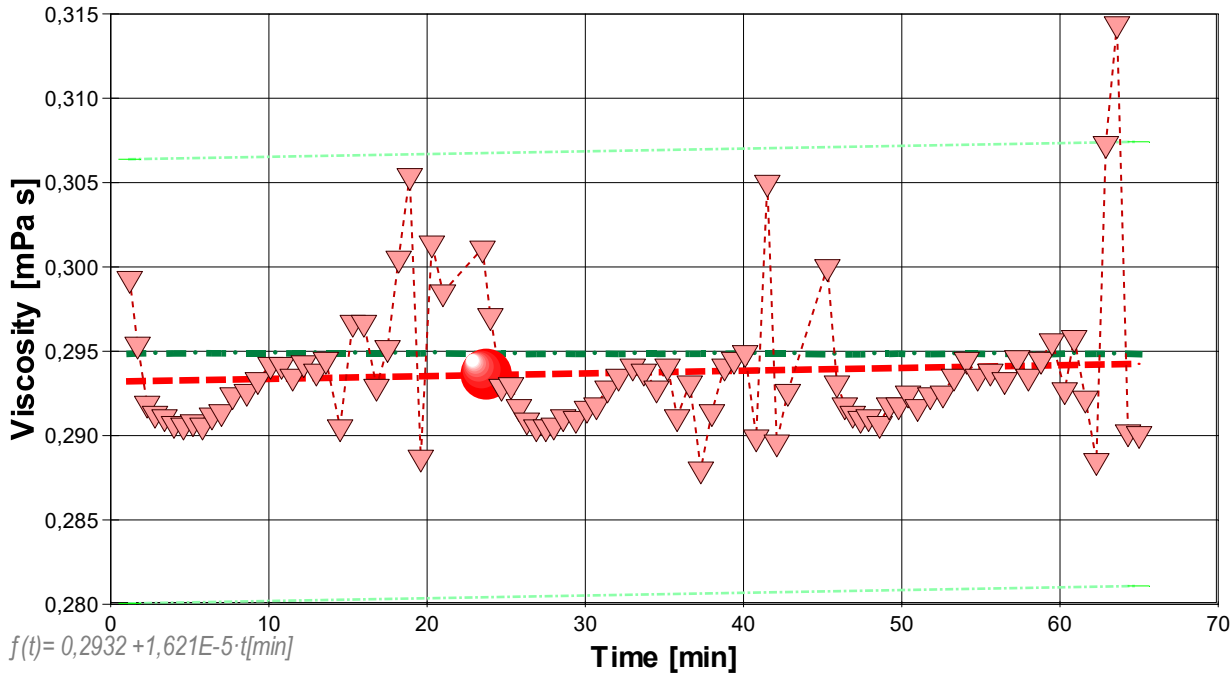
• Geringe strukturelle Kohäsion detektiert. Die Fließgrenze fungiert als initiale Barriere, gefolgt von rascher viskoser Relaxation.

- Der Yield Stress ist konsistent mit der strukturellen Viskosität der Probe.
- Der Verlauf des $\tau/\dot{\gamma}$ -Differenzials im Viskositätsdiagramm ermöglicht die Beurteilung spezifischer Flußmodifikatoren anhand des Verlaufs der *differenziellen Viskosität* ($\dot{\gamma}$).

- Die Begriffe 'Yield Stress', 'Fließgrenzspannung', 'Fließgrenze' sind synonym, um eine *Rigidität* am quasi ruhenden Fluid zu quantifizieren. Der ausgewiesene Wert von $\tau^0 = 11,53 \mu\text{Pa}$ befindet sich unterhalb gewöhnlicher Anzeigemöglichkeit; es fehlen Vergleichsdaten.

- <Bitte beachten: die automatisch erzeugten Texte und Gleichungen sind grundsätzlich mit Vorsicht zu betrachten. Verfahren und aufbereitete Ergebnisse erfordern Expertise und fachmenschliche Besprechung.>

- Diagramm 4. Der zeitliche Verlauf der Viskositätswerte - 'eta-f(t)'



- - - IDN°14810, 90 Measurements, 3 cycles, dec: ± 4,5%

- - - ref. 'Hex ane'

- - - Hex ane, lin. equation f(t)

- - - 23,8[min]: 0,2926 mPa s

- Im Diagramm 4, "eta-f(t)", sind die einzelnen Messwerte als Dreiecke in zeitlicher Sequenz abgebildet. - Die Darstellung zeigt die Viskositätswerte entsprechend der Chronologie der angewendeten Scherraten. Referenzwerte werden zum jeweiligen Zeitpunkt temperaturgetreu dargestellt.

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°14810	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.	1,2	25,017	0,2993	24,99	4,2887	0,2482	179,6	829,51	463
2.	1,7	25,009	0,295	20,37	3,4509	0,200	146	676,1	380
3.	2,3	25,008	0,2919	16,61	2,7799	0,1609	119,3	551,14	315
4.	2,8	25,017	0,2913	13,54	2,2609	0,1309	97,29	449,30	257
5.	3,4	25,013	0,2911	11,03	1,8419	0,1066	79,31	366,24	210
6.	4,0	25,012	0,2907	8,991	1,4989	0,08676	64,62	298,43	171
7.	4,6	25,009	0,2906	7,331	1,2214	0,07070	52,69	243,32	140
8.	5,2	25,013	0,2908	5,976	0,9966	0,05769	42,95	198,36	114
9.	5,8	25,005	0,2906	4,871	0,8116	0,04698	35,01	161,66	92,8
10.	6,4	25,008	0,291	3,972	0,6631	0,0384	28,5	131,8	76
11.	7,0	25,008	0,291	3,235	0,5406	0,0313	23,3	107,4	61
12.	7,7	25,010	0,292	2,638	0,4424	0,0256	19,0	87,56	50
13.	8,6	25,007	0,293	2,150	0,3608	0,0209	15,5	71,37	41
14.	9,3	25,008	0,293	1,752	0,2947	0,0171	12,6	58,16	33
15.	10,1	25,006	0,294	1,428	0,2409	0,0139	10,3	47,40	27
16.	10,8	25,006	0,294	1,164	0,1964	0,0114	8,37	38,64	22
17.	11,5	25,009	0,294	0,9489	0,1597	0,00924	6,82	31,49	18
18.	12,2	25,012	0,294	0,7734	0,1305	0,00755	5,56	25,67	15
19.	13,0	25,009	0,294	0,6304	0,1062	0,00615	4,53	20,92	12
20.	13,6	25,010	0,295	0,5137	0,0868	0,00502	3,69	17,05	9,7
21.	14,5	25,011	0,291	0,4190	0,0698	0,00404	3,01	13,91	8,0
22.	15,3	25,012	0,297	0,3415	0,0581	0,00336	2,45	11,33	6,4
23.	16,0	25,010	0,297	0,2784	0,0474	0,00274	2,00	9,239	5,2
24.	16,8	25,011	0,293	0,2268	0,0381	0,00220	1,63	7,528	4,3
25.	17,5	25,009	0,295	0,1849	0,0313	0,00181	1,33	6,135	3,5
26.	18,2	25,009	0,301	0,1507	0,0260	0,00150	1,08	5,000	2,8
27.	18,9	25,010	0,305	0,1228	0,0215	0,00124	0,883	4,076	2,2
28.	19,6	25,011	0,29	0,1001	0,0166×	9,6E-04	0,72	3,32	2
29.	20,3	25,005	0,30	0,08160	0,0141×	8,2E-04	0,59	2,71	1
30.	21,0	25,010	0,30	0,06654	0,0114×	6,6E-04	0,48	2,21	1
31.	23,5	25,021	0,301	24,99	4,3149	0,250	180	829,5	460
32.	24,0	25,025	0,297	20,37	3,4704	0,201	146	676,1	380
33.	24,7	25,017	0,2929	16,61	2,7891	0,1614	119,3	551,14	314
34.	25,3	25,019	0,2930	13,54	2,2743	0,1316	97,29	449,30	256

35.	25,8	25,025	0,2917	11,03	1,8459	0,1068	79,31	366,24	209
36.	26,3	25,023	0,2909	8,991	1,5000	0,08682	64,62	298,43	171
37.	26,9	25,021	0,2905	7,331	1,2213	0,07069	52,69	243,32	140
38.	27,5	25,021	0,2905	5,976	0,9957	0,05763	42,95	198,36	114
39.	28,0	25,022	0,2906	4,871	0,8115	0,04697	35,01	161,66	92,8
40.	28,6	25,018	0,2911	3,972	0,6628	0,03837	28,54	131,82	75,6
41.	29,4	25,021	0,291	3,235	0,5399	0,0312	23,3	107,4	62
42.	30,1	25,020	0,292	2,638	0,4411	0,0255	19,0	87,56	50
43.	30,7	25,018	0,292	2,150	0,3598	0,0208	15,5	71,37	41
44.	31,4	25,019	0,293	1,752	0,2942	0,0170	12,6	58,16	33
45.	32,1	25,022	0,294	1,428	0,2404	0,0139	10,3	47,40	27
46.	33,0	25,018	0,294	1,164	0,1963	0,0114	8,37	38,64	22
47.	33,7	25,020	0,294	0,9489	0,1598	0,00925	6,82	31,49	18
48.	34,5	25,021	0,293	0,7734	0,1299	0,00752	5,56	25,67	15
49.	35,2	25,018	0,294	0,6304	0,1063	0,00615	4,53	20,92	12
50.	35,8	25,013	0,291	0,5137	0,0857	0,00496	3,69	17,05	9,8
51.	36,6	25,017	0,293	0,4190	0,0704	0,00408	3,01	13,91	7,9
52.	37,3	25,019	0,288	0,3415	0,0564	0,00326	2,45	11,33	6,6
53.	38,0	25,018	0,291	0,2783	0,0465	0,00269	2,00	9,239	5,3
54.	38,8	25,016	0,294	0,2268	0,0383	0,00221	1,63	7,528	4,3
55.	39,4	25,014	0,295	0,1848	0,0312	0,00181	1,33	6,135	3,5
56.	40,1	25,019	0,295	0,1507	0,0255	0,00147	1,08	5,000	2,8
57.	40,8	25,017	0,290	0,1228	0,0204	0,00118	0,883	4,076	2,3
58.	41,5	25,017	0,31	0,1001	0,0175x	0,0010	0,72	3,32	2
59.	42,1	25,017	0,29	0,08160	0,0136x	7,8E-04	0,59	2,71	2
60.	42,8	25,018	0,29	0,06654	0,0112x	6,5E-04	0,48	2,21	1
61.	45,3	25,027	0,300	24,99	4,2996	0,249	180	829,5	460
62.	45,9	25,033	0,2931	20,37	3,4240	0,1982	146,4	676,11	385
63.	46,4	25,030	0,2918	16,61	2,7787	0,1608	119,3	551,15	315
64.	46,9	25,028	0,2913	13,54	2,2612	0,1309	97,29	449,30	257
65.	47,4	25,028	0,2910	11,03	1,8412	0,1066	79,31	366,24	210
66.	47,9	25,024	0,2911	8,991	1,5006	0,08686	64,62	298,43	171
67.	48,6	25,022	0,2907	7,331	1,2220	0,07073	52,69	243,32	140
68.	49,2	25,022	0,2918	5,976	1,0001	0,05789	42,95	198,36	113
69.	49,8	25,015	0,2918	4,871	0,8151	0,04718	35,01	161,66	92,4
70.	50,4	25,025	0,2925	3,972	0,6661	0,03855	28,54	131,82	75,2
71.	51,0	25,022	0,292	3,235	0,5411	0,0313	23,3	107,4	61
72.	51,8	25,023	0,292	2,638	0,4423	0,0256	19,0	87,56	50
73.	52,6	25,021	0,292	2,150	0,3606	0,0209	15,5	71,37	41
74.	53,3	25,026	0,294	1,752	0,2949	0,0171	12,6	58,16	33
75.	54,1	25,019	0,294	1,428	0,2412	0,0140	10,3	47,40	27
76.	54,8	25,017	0,293	1,164	0,1959	0,0113	8,37	38,64	22
77.	55,6	25,023	0,294	0,9489	0,1599	0,00925	6,82	31,49	18
78.	56,5	25,019	0,293	0,7734	0,1301	0,00753	5,56	25,67	15
79.	57,3	25,022	0,295	0,6304	0,1065	0,00616	4,53	20,92	12
80.	58,0	25,024	0,294	0,5137	0,0865	0,00500	3,69	17,05	9,7
81.	58,8	25,031	0,294	0,4190	0,0707	0,00409	3,01	13,91	7,9
82.	59,5	25,023	0,296	0,3415	0,0579	0,00335	2,45	11,33	6,4
83.	60,3	25,015	0,293	0,2784	0,0467	0,00270	2,00	9,239	5,3
84.	60,9	25,019	0,296	0,2268	0,0385	0,00223	1,63	7,528	4,2
85.	61,6	25,021	0,292	0,1848	0,0310	0,00179	1,33	6,135	3,5
86.	62,3	25,019	0,288	0,1507	0,0249	0,00144	1,08	5,000	2,9
87.	62,9	25,021	0,307	0,1228	0,0216	0,00125	0,883	4,076	2,2
88.	63,6	25,027	0,31	0,1001	0,0181x	0,0010	0,72	3,32	2
89.	64,3	25,018	0,29	0,08161	0,0136x	7,9E-04	0,59	2,71	2
90.	65,0	25,023	0,29	0,06653	0,0111x	6,4E-04	0,48	2,21	1

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, sowie ein konstanter Beitrag *F_θ*, der die *Meniskus-Kraft* ausgleicht - d.h. die sehr kleine dynamische Zusatzkraft durch die Benetzungsdynamik der Phasengrenze zwischen Suspension (Messkörperraufhängung) und Probenoberfläche. Die reibungsbedingte Kraft am Messkörper ergibt sich aus *F_z = F_w - F_p - F_{hp} - F_ζ - F_{hη} - F_θ*. Die Korrekturen sind in der nächsten Tabelle aufgeschlüsselt, (*F_θ* wird in den Konfigurationsangaben aufgeführt). Das Zeichen "x" kennzeichnet solche *F_z*-Werte, die eine (zu) große Standardabweichung aufweisen (*σ* > 1%) und evtl. fehlerbehaftet sind. 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·ra² / (ra² - ri²)*), mit *ra* Röhrenradius und *ri* Zylinderradius) wird für die Berechnung der Reynoldszahl benötigt. *Re = ρ·v_m·d / η*, 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 *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>	<i>N/n</i> Datenauswahl
1.	438,6383	0,02715	62 ppm	433,2411	0,002835	1,11	2,86E-04	7/17
2.	437,4285	0,0308	70 ppm	433,2417	0,00296	0,737	2,41E-04	10/23
3.	436,5089	0,001410	3,2 ppm	433,2410	0,003502	0,490	2,29E-04	4/28
4.	435,8266	0,004960	11 ppm	433,2416	0,002991	0,325	1,59E-04	16/35
5.	435,2984	0,005033	12 ppm	433,2416	0,003046	0,216	1,32E-04	20/43
6.	434,8818	0,005322	12 ppm	433,2407	0,003011	0,144	1,06E-04	18/39
7.	434,5570	0,003382	7,8 ppm	433,2415	0,002998	0,0955	8,61E-05	22/47
8.	434,2983	0,002721	6,3 ppm	433,2397	0,003046	0,0634	7,14E-05	24/51
9.	434,0942	0,002804	6,5 ppm	433,2420	0,003065	0,0421	5,85E-05	30/64
10.	433,9315	0,00302	7,0 ppm	433,2420	0,00308	0,0280	4,80E-05	31/66

11.	433,7986	0,00255	5,9 ppm	433,2410	0,00309	0,0186	3,93E-05	34/71
12.	433,6924	0,00247	5,7 ppm	433,2392	0,00310	0,0124	3,22E-05	35/74
13.	433,6083	0,00236	5,4 ppm	433,2409	0,00310	0,00821	2,63E-05	39/82
14.	433,5402	0,00192	4,4 ppm	433,2416	0,00309	0,00545	2,14E-05	39/82
15.	433,4841	0,00116	2,7 ppm	433,2407	0,00264	0,00362	1,49E-05	40/83
16.	433,4383	7,94E-04	1,8 ppm	433,2403	0,00226	0,00241	1,04E-05	40/83
17.	433,4017	3,37E-04	0,78 ppm	433,2408	0,00194	0,00160	7,28E-06	40/83
18.	433,3719	7,21E-04	1,7 ppm	433,2405	0,00169	0,00106	5,19E-06	40/83
19.	433,3464	9,05E-04	2,1 ppm	433,2395	0,00149	7,06E-04	3,71E-06	40/83
20.	433,3269	6,86E-04	1,6 ppm	433,2395	0,00132	4,69E-04	2,69E-06	40/83
21.	433,3145	4,75E-04	1,1 ppm	433,2441	0,00118	3,12E-04	1,93E-06	40/83
22.	433,3014	4,86E-04	1,1 ppm	433,2426	0,00107	2,07E-04	1,46E-06	37/77
23.	433,2886	6,77E-04	1,6 ppm	433,2406	9,82E-04	1,38E-04	1,09E-06	40/83
24.	433,2796	4,86E-04	1,1 ppm	433,2408	9,05E-04	9,14E-05	8,10E-07	40/83
25.	433,2720	5,93E-04	1,4 ppm	433,2400	8,44E-04	6,07E-05	6,21E-07	36/75
26.	433,2652	5,09E-04	1,2 ppm	433,2385	7,97E-04	4,03E-05	4,86E-07	40/83
27.	433,2627	3,53E-04	0,82 ppm	433,2404	7,57E-04	2,68E-05	3,83E-07	40/83
28.	433,2590	6,8E-04	1,6 ppm	433,2417	7,2E-04	1,78E-05	2,83E-07	40/83
29.	433,2559	4,8E-04	1,1 ppm	433,2410	7,0E-04	1,18E-05	2,32E-07	40/83
30.	433,2525	4,2E-04	0,98 ppm	433,2403	6,8E-04	7,86E-06	1,81E-07	39/82
31.	438,6639	0,0364	83 ppm	433,2406	0,00291	1,11	2,95E-04	7/17
32.	437,4467	0,0274	63 ppm	433,2404	0,00294	0,737	2,40E-04	9/22
33.	436,5165	0,003552	8,1 ppm	433,2393	0,003518	0,490	2,31E-04	4/28
34.	435,8382	0,001539	3,5 ppm	433,2397	0,002979	0,326	1,59E-04	15/34
35.	435,3012	0,001812	4,2 ppm	433,2404	0,003034	0,216	1,32E-04	20/44
36.	434,8829	0,003245	7,5 ppm	433,2408	0,003074	0,144	1,08E-04	18/40
37.	434,5571	0,003083	7,1 ppm	433,2417	0,002998	0,0955	8,61E-05	22/48
38.	434,2986	0,002442	5,6 ppm	433,2410	0,003022	0,0634	7,08E-05	24/51
39.	434,0928	0,002848	6,6 ppm	433,2407	0,003094	0,0421	5,91E-05	30/64
40.	433,9283	0,002496	5,8 ppm	433,2390	0,003089	0,0280	4,81E-05	31/66
41.	433,7966	0,00222	5,1 ppm	433,2397	0,00308	0,0186	3,90E-05	33/70
42.	433,6915	0,00267	6,1 ppm	433,2396	0,00309	0,0124	3,20E-05	36/75
43.	433,6078	0,00231	5,3 ppm	433,2414	0,00308	0,00821	2,61E-05	39/82
44.	433,5383	0,00207	4,8 ppm	433,2402	0,00310	0,00545	2,15E-05	39/82
45.	433,4833	0,00139	3,2 ppm	433,2404	0,00263	0,00362	1,48E-05	39/82
46.	433,4367	8,38E-04	1,9 ppm	433,2387	0,00225	0,00241	1,04E-05	39/82
47.	433,4006	6,76E-04	1,6 ppm	433,2396	0,00194	0,00160	7,28E-06	39/82
48.	433,3711	8,20E-04	1,9 ppm	433,2404	0,00169	0,00106	5,17E-06	36/76
49.	433,3470	7,75E-04	1,8 ppm	433,2400	0,00149	7,06E-04	3,72E-06	40/83
50.	433,3269	5,84E-04	1,3 ppm	433,2405	0,00132	4,69E-04	2,66E-06	40/83
51.	433,3111	5,10E-04	1,2 ppm	433,2401	0,00118	3,12E-04	1,96E-06	36/76
52.	433,2974	5,54E-04	1,3 ppm	433,2404	0,00107	2,07E-04	1,42E-06	40/83
53.	433,2877	4,81E-04	1,1 ppm	433,2405	9,80E-04	1,38E-04	1,07E-06	39/82
54.	433,2791	2,69E-04	0,62 ppm	433,2402	9,06E-04	9,14E-05	8,15E-07	40/83
55.	433,2719	5,12E-04	1,2 ppm	433,2400	8,45E-04	6,07E-05	6,21E-07	36/76
56.	433,2665	5,09E-04	1,2 ppm	433,2403	7,97E-04	4,03E-05	4,78E-07	39/82
57.	433,2626	3,42E-04	0,79 ppm	433,2415	7,57E-04	2,68E-05	3,63E-07	36/76
58.	433,2579	5,9E-04	1,4 ppm	433,2396	7,2E-04	1,78E-05	2,98E-07	40/83
59.	433,2547	3,9E-04	0,90 ppm	433,2404	7,0E-04	1,18E-05	2,23E-07	36/76
60.	433,2520	5,3E-04	1,2 ppm	433,2400	6,8E-04	7,87E-06	1,78E-07	40/83
61.	438,6468	0,0316	72 ppm	433,2387	0,00287	1,11	2,90E-04	7/17
62.	437,3991	0,004494	10 ppm	433,2397	0,003396	0,737	2,73E-04	4/22
63.	436,5069	0,002791	6,4 ppm	433,2403	0,003553	0,490	2,32E-04	4/29
64.	435,8249	0,002861	6,6 ppm	433,2395	0,002979	0,326	1,58E-04	16/35
65.	435,2956	0,005654	13 ppm	433,2395	0,003013	0,216	1,30E-04	20/44
66.	434,8821	0,004307	9,9 ppm	433,2393	0,003021	0,144	1,07E-04	19/41
67.	434,5549	0,003714	8,5 ppm	433,2389	0,002991	0,0955	8,59E-05	23/49
68.	434,3012	0	---	433,2391	0,003040	0,0634	7,15E-05	4/51
69.	434,0950	4,504E-04	1,0 ppm	433,2392	0,002977	0,0421	5,70E-05	5/63
70.	433,9332	5,035E-04	1,2 ppm	433,2405	0,002988	0,0280	4,68E-05	4/74
71.	433,7986	0,00290	6,7 ppm	433,2405	0,00308	0,0186	3,92E-05	38/79
72.	433,6909	0,00245	5,6 ppm	433,2377	0,00308	0,0124	3,20E-05	36/75
73.	433,6083	0,00234	5,4 ppm	433,2410	0,00309	0,00821	2,62E-05	39/82
74.	433,5388	0,00203	4,7 ppm	433,2400	0,00308	0,00545	2,14E-05	36/76
75.	433,4823	0,00126	2,9 ppm	433,2386	0,00264	0,00362	1,50E-05	36/76
76.	433,4369	6,75E-04	1,6 ppm	433,2393	0,00227	0,00241	1,04E-05	40/84
77.	433,4024	7,10E-04	1,6 ppm	433,2414	0,00194	0,00160	7,30E-06	40/83
78.	433,3702	7,34E-04	1,7 ppm	433,2393	0,00170	0,00106	5,20E-06	36/76
79.	433,3472	6,53E-04	1,5 ppm	433,2400	0,00149	7,06E-04	3,72E-06	40/83
80.	433,3259	7,45E-04	1,7 ppm	433,2388	0,00132	4,69E-04	2,67E-06	39/81
81.	433,3108	5,11E-04	1,2 ppm	433,2394	0,00119	3,12E-04	1,97E-06	36/76
82.	433,2970	5,52E-04	1,3 ppm	433,2385	0,00107	2,07E-04	1,46E-06	39/82
83.	433,2883	4,87E-04	1,1 ppm	433,2410	9,79E-04	1,38E-04	1,08E-06	40/83
84.	433,2786	4,89E-04	1,1 ppm	433,2394	9,05E-04	9,14E-05	8,19E-07	39/82
85.	433,2712	5,10E-04	1,2 ppm	433,2395	8,46E-04	6,07E-05	6,16E-07	40/83
86.	433,2656	5,35E-04	1,2 ppm	433,2399	7,98E-04	4,03E-05	4,67E-07	36/76
87.	433,2614	3,87E-04	0,89 ppm	433,2390	7,57E-04	2,68E-05	3,85E-07	40/83
88.	433,2585	4,3E-04	0,99 ppm	433,2396	7,3E-04	1,78E-05	3,08E-07	40/83
89.	433,2538	4,7E-04	1,1 ppm	433,2394	7,0E-04	1,18E-05	2,23E-07	36/76
90.	433,2514	6,3E-04	1,5 ppm	433,2395	6,8E-04	7,86E-06	1,76E-07	36/76

Tabellensymbole: F_w Betrag der gemittelten stationären Kraft bei Bewegung des Zylinders [mN], σ_{Fw} Standardabweichung der Kraftmesswerte des stationären Bereichs [mN], σ_{Fwrel} 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_{hn} 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 Drückstöße und Pendelvorgänge besonders am Messkurvenanfang ausgeblendet (Das Diagramm 5, Force_Path, unterhalb,

zeigt eine größere Wertemenge an, als für die Berechnung ist. Neben den statischen Korrekturen wird) mit F_c die kinetischen Energie-Korrektur angegeben ist analog zu (Glas-) Kapillaviskosimetern mit dem Faktor ζ der 'Hagenbach-Couette'-Korrektur entspricht: $F_c = 1/2 \cdot \rho \cdot \pi \cdot r_i^2 \cdot v_m^2 \cdot \zeta$

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

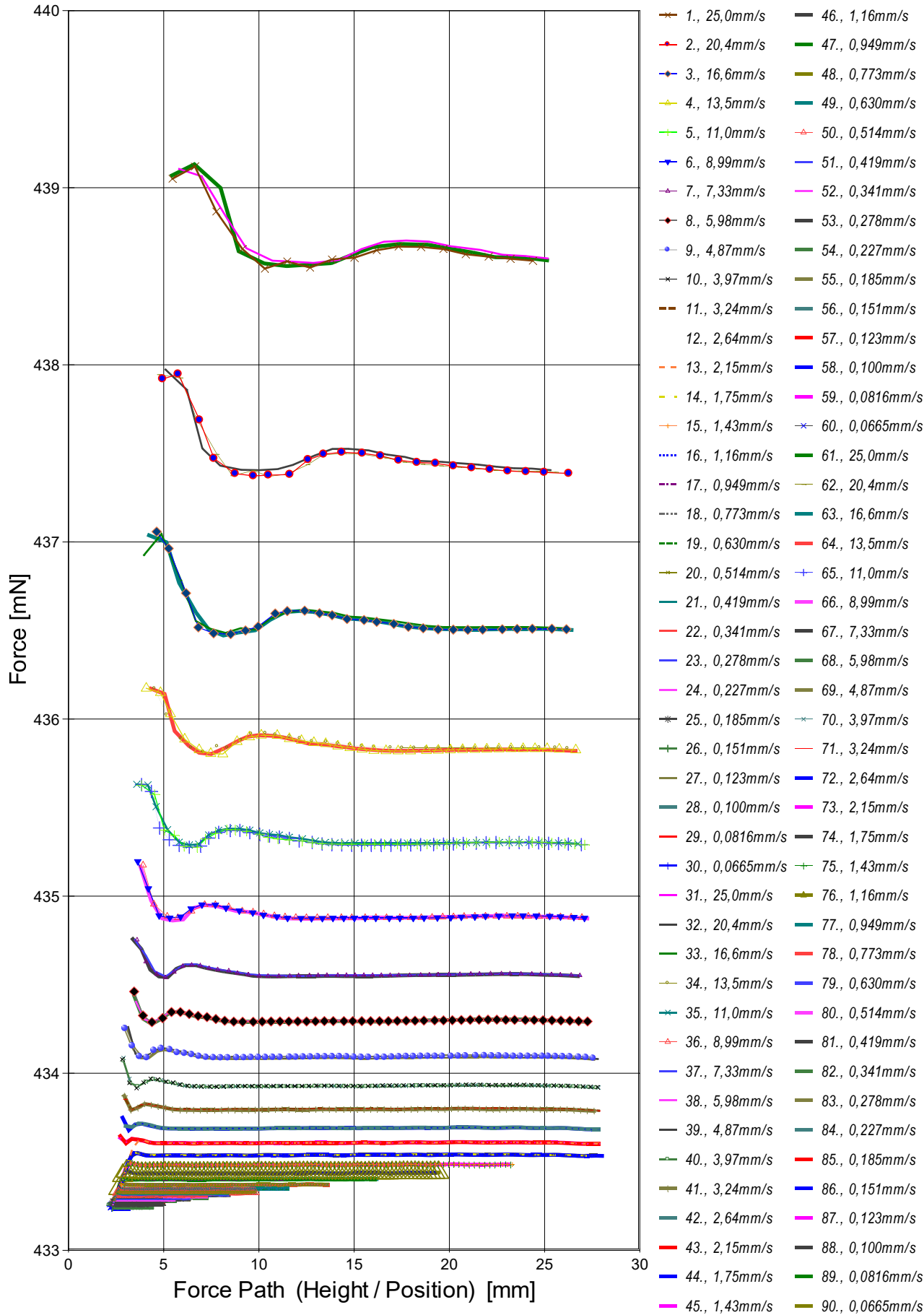


Diagramm 5, "Force_Path", zeigt die zur Bewegung am Messkörper auftretenden Kräfte Der Streckenbezug ('Position') gibt den Abstand der Messkörperunterseite vom Podest bzw. Gefäßboden an. -- Von den als Messkurven abgebildeten Daten wird lediglich ein zum Kurvenende hin gelegene Teilmenge zur Bestimmung der stationären Gesamtkraft (F_w) verwendet. Sofern sich kein ausreichend stationärer Verlauf zum Kurvenende hin ausbildet, können entsprechende Störungen - oder Probeneigenschaften - als Symptom verschiedener Ursachen gedeutet werden: ein Temperaturgefälle liegt vor, die Probe ist vertikal inhomogen, Mehrphasigkeit, Resonanz, Turbulenz (Re), die Probe scherverdünn, scherverfestigt (bewegzeitabhängig) im Ringspalt. Alle Kurven-Störungen betreffen die Angaben zu Noise und Messunsicherheit $\Sigma\sigma$. Das Gesamtvolumen im Ringspalt von 1,75 cm³ wird über die Bewegungstrecke von 10,9 mm komplett ausgetauscht.

Tabelle 3: Detaildaten zur Viskositätsmessung II.

N°	'Noise'	HStart	Lc1	DRSP	ΔDRSP	Øzyl.	Lzyl.	Σσ	Σσrel.
----	---------	--------	-----	------	-------	-------	-------	----	--------

	[μPa/mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[μm]	[mm]	[mm]	[mPa·s]	
1.	4,50E-04	5,461	18,919	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,0036	1,2%
2.	4,95E-04	4,951	21,328	0,8512	-6,61E-04	14,2991	43,0800	0,0041	1,4%
3.	2,46E-05	4,629	21,521	0,8512	-5,88E-04	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
4.	1,37E-04	4,084	22,553	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,0031	1,1%
5.	2,10E-04	3,835	23,272	0,8512	-9,55E-04	14,2991	43,0800	0,0031	1,1%
6.	2,27E-04	3,637	23,459	0,8512	-8,81E-04	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
7.	2,05E-04	3,599	23,254	0,8512	-6,61E-04	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
8.	2,38E-04	3,447	23,810	0,8512	-9,55E-04	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
9.	3,73E-04	2,980	24,582	0,8512	-3,67E-04	14,2991	43,0800	0,0034	1,2%
10.	4,65E-04	2,822	24,949	0,8512	-5,88E-04	14,2991	43,0800	0,0037	1,3%
11.	5,50E-04	2,979	24,871	0,8512	-5,88E-04	14,2991	43,0800	0,0038	1,3%
12.	6,80E-04	3,128	24,651	0,8512	-7,34E-04	14,2991	43,0800	0,0042	1,4%
13.	0,00108	2,753	25,167	0,8512	-5,14E-04	14,2991	43,0800	0,0046	1,6%
14.	0,00133	2,852	24,889	0,8512	-5,88E-04	14,2991	43,0800	0,0049	1,7%
15.	0,00128	2,762	20,552	0,8512	-4,41E-04	14,2991	43,0800	0,0048	1,6%
16.	0,00130	2,662	16,753	0,8512	-4,41E-04	14,2991	43,0800	0,0051	1,7%
17.	3,36E-04	2,540	13,640	0,8512	-6,61E-04	14,2991	43,0800	0,0052	1,8%
18.	0,00297	2,510	11,105	0,8512	-8,81E-04	14,2991	43,0800	0,0067	2,3%
19.	0,00450	2,480	9,032	0,8512	-6,61E-04	14,2991	43,0800	0,0085	2,9%
20.	0,00261	2,426	7,400	0,8512	-7,34E-04	14,2991	43,0800	0,0095	3,2%
21.	0,00513	2,381	5,996	0,8512	-8,08E-04	14,2991	43,0800	0,011	3,8%
22.	0,0113	2,377	4,861	0,8512	-8,81E-04	14,2991	43,0800	0,013	4,4%
23.	0,0212	2,352	3,993	0,8512	-7,34E-04	14,2991	43,0800	0,017	5,7%
24.	0,0176	2,319	3,246	0,8512	-8,08E-04	14,2991	43,0800	0,019	6,5%
25.	0,0256	2,326	2,617	0,8512	-6,61E-04	14,2991	43,0800	0,024	8,1%
26.	0,0729	2,306	2,152	0,8512	-6,61E-04	14,2991	43,0800	0,029	9,6%
27.	0,0381	2,293	1,759	0,8512	-7,34E-04	14,2991	43,0800	0,033	11%
28.	0,119	2,285	1,440	0,8512	-8,08E-04	14,2991	43,0800	0,046	16%
29.	0,0994	2,277	1,170	0,8512	-3,67E-04	14,2991	43,0800	0,052	17%
30.	0,255	2,272	0,949	0,8512	-7,34E-04	14,2991	43,0800	0,063	21%
31.	4,49E-04	5,811	19,344	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,004	1,3%
32.	4,90E-04	5,093	20,207	0,8512	-0,00184	14,2991	43,0800	0,0039	1,3%
33.	4,85E-05	3,965	22,185	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
34.	5,98E-05	4,518	21,686	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
35.	8,01E-05	3,582	23,173	0,8512	-0,00184	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
36.	1,67E-04	3,916	23,045	0,8512	-0,00169	14,2991	43,0800	0,0031	1,1%
37.	1,85E-04	3,489	23,364	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
38.	2,55E-04	3,543	23,529	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
39.	3,62E-04	3,136	24,655	0,8512	-0,00162	14,2991	43,0800	0,0034	1,2%
40.	3,42E-04	2,889	24,822	0,8512	-0,00132	14,2991	43,0800	0,0035	1,2%
41.	5,56E-04	2,931	24,667	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,0037	1,3%
42.	9,26E-04	3,004	24,814	0,8512	-0,00147	14,2991	43,0800	0,0042	1,4%
43.	8,37E-04	2,720	25,098	0,8512	-0,00132	14,2991	43,0800	0,0045	1,5%
44.	0,00125	2,824	25,190	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,005	1,7%
45.	0,00152	2,762	20,328	0,8512	-0,00162	14,2991	43,0800	0,005	1,7%
46.	0,00109	2,681	16,570	0,8512	-0,00132	14,2991	43,0800	0,0051	1,7%
47.	0,00181	2,555	13,551	0,8512	-0,00147	14,2991	43,0800	0,0057	1,9%
48.	0,00278	2,546	11,044	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,0069	2,4%
49.	0,00451	2,480	9,032	0,8512	-0,00132	14,2991	43,0800	0,0081	2,8%
50.	0,00379	2,442	7,360	0,8512	-9,55E-04	14,2991	43,0800	0,0091	3,1%
51.	0,00588	2,407	5,977	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,011	3,8%
52.	0,00555	2,361	4,893	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,013	4,5%
53.	0,00801	2,348	3,962	0,8512	-0,00132	14,2991	43,0800	0,016	5,5%
54.	0,00563	2,322	3,261	0,8512	-0,00118	14,2991	43,0800	0,017	5,8%
55.	0,0453	2,320	2,625	0,8512	-0,00103	14,2991	43,0800	0,024	8,1%
56.	0,0470	2,304	2,144	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,029	9,8%
57.	0,0298	2,299	1,742	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,033	11%
58.	0,130	2,282	1,441	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,045	15%
59.	0,131	2,283	1,165	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,05	17%
60.	0,468	2,271	0,952	0,8512	-0,00132	14,2991	43,0800	0,065	22%
61.	4,54E-04	5,436	19,694	0,8512	-0,00198	14,2991	43,0800	0,0038	1,3%
62.	5,22E-05	4,767	20,859	0,8512	-0,00242	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
63.	3,42E-05	4,230	22,185	0,8512	-0,00220	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
64.	1,44E-04	4,328	22,295	0,8512	-0,00206	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
65.	2,08E-04	3,835	23,095	0,8512	-0,00206	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
66.	2,08E-04	3,781	23,459	0,8512	-0,00176	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
67.	2,57E-04	3,379	23,364	0,8512	-0,00162	14,2991	43,0800	0,0032	1,1%
68.	0	3,453	23,804	0,8512	-0,00162	14,2991	43,0800	0,003	1,0%
69.	3,56E-05	2,985	24,578	0,8512	-0,00110	14,2991	43,0800	0,0031	1,1%
70.	4,98E-05	2,885	24,945	0,8512	-0,00184	14,2991	43,0800	0,0031	1,1%
71.	5,38E-04	2,979	24,822	0,8512	-0,00162	14,2991	43,0800	0,0039	1,3%
72.	7,96E-04	2,838	24,980	0,8512	-0,00169	14,2991	43,0800	0,0041	1,4%
73.	8,94E-04	2,718	25,133	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,0046	1,6%
74.	0,00124	2,961	24,726	0,8512	-0,00191	14,2991	43,0800	0,0049	1,7%
75.	9,28E-04	2,807	20,418	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,0049	1,7%
76.	0,00110	2,645	16,789	0,8512	-0,00125	14,2991	43,0800	0,0049	1,7%
77.	0,00163	2,554	13,626	0,8512	-0,00169	14,2991	43,0800	0,0057	1,9%
78.	0,00248	2,547	11,081	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,0068	2,3%
79.	0,00302	2,490	9,002	0,8512	-0,00162	14,2991	43,0800	0,0078	2,6%
80.	0,00565	2,434	7,336	0,8512	-0,00176	14,2991	43,0800	0,0097	3,3%
81.	0,00675	2,420	5,996	0,8512	-0,00228	14,2991	43,0800	0,011	3,7%
82.	0,0139	2,367	4,877	0,8512	-0,00169	14,2991	43,0800	0,013	4,4%
83.	0,0152	2,348	3,980	0,8512	-0,00110	14,2991	43,0800	0,016	5,5%
84.	0,0182	2,322	3,236	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,019	6,4%
85.	0,0387	2,311	2,649	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,023	7,9%
86.	0,0266	2,308	2,152	0,8512	-0,00140	14,2991	43,0800	0,029	10%
87.	0,0401	2,295	1,760	0,8512	-0,00154	14,2991	43,0800	0,034	11%

88.	0,117	2,282	1,443	0,8512	-0,00198	14,2991	43,0800	0,042	13%
89.	0,137	2,282	1,167	0,8512	-0,00132	14,2991	43,0800	0,052	18%
90.	0,270	2,276	0,953	0,8512	-0,00169	14,2991	43,0800	0,068	23%

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_{C} 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 [$\text{mPa}\cdot\text{s}$] und $\Sigma\sigma_{\text{rel}}$ relative Unsicherheit des Viskositätsmesswertes.

- 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. Als oszillierende Mikrobeschleunigungen mit Extremwerten bei bestimmten Scherraten (und Proben) kann der Resonanzeffekt auf Inhomogenitäten in der Probe hindeuten. 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

90 Messwerte; Zeitbereich 1 bis 65 min, Temperatur $\Delta T = 0,027 \text{ K}$ ($\vartheta = 25,015 \pm 0,006^\circ\text{C}$)

Resultat bei 24 min: $\rho_{25,02^\circ\text{C}} = 0,65540 \pm 0,000055 \text{ g/cm}^3$ bzw. $\pm 84 \text{ ppm}$ (298,17 K, 97,95 kPa)

Streuung: $\pm 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ absolute bzw. 20 ppm relative Standardabweichung

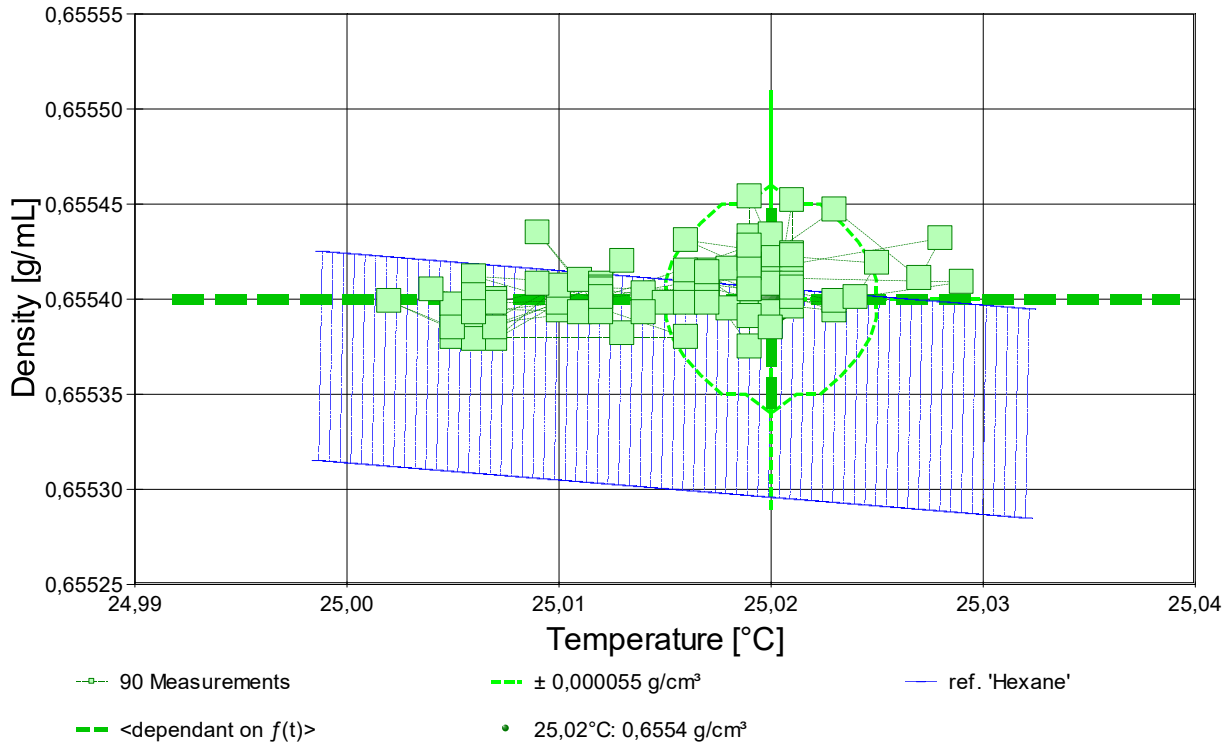
Berechnung: lineare Regressionsgleichung zeitabhängig.

Zeitgleichung durch Regression zwischen Minute 1 und 65:

$$\rho(t[\text{min}]) = 0,655390 + 4,767\text{E-}7 \cdot t \text{ mit } r^2 = 0,33, s^2 = 1,66\text{E-}10$$

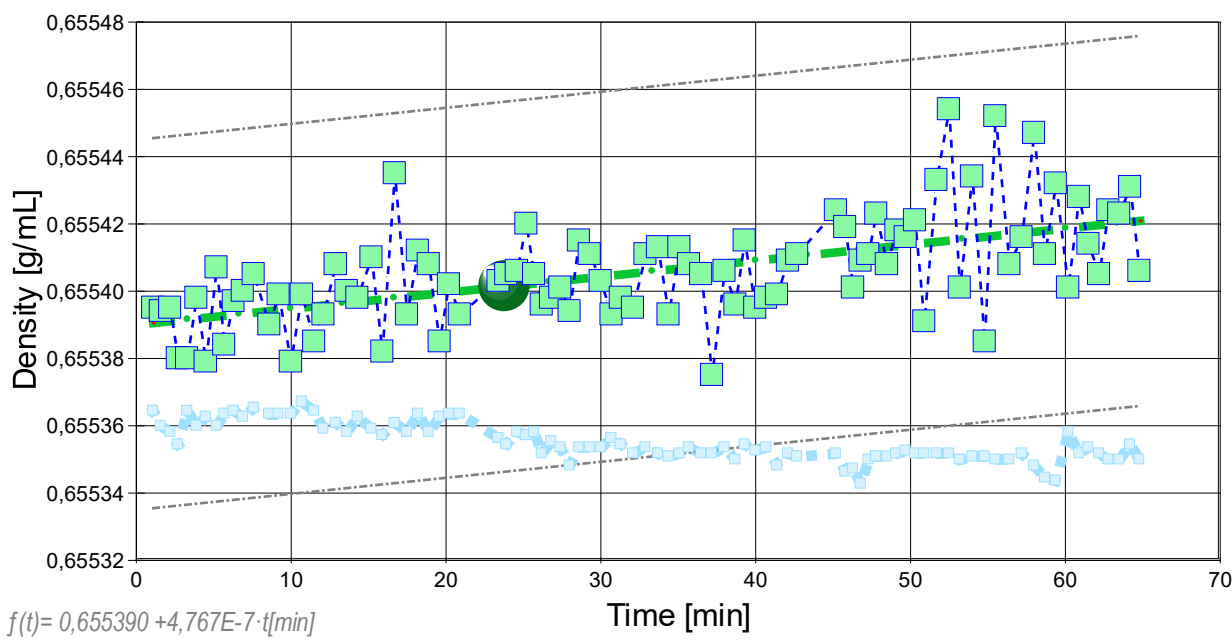
- Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Formeln stellen Vorschläge dar, wobei sich aus den Umständen der Messung ggf. andere Zusammenhänge ergeben können. Der Korrelationskoeffizient zeigt die Qualität der gegenseitigen Abhängigkeit an (wobei ' $r^2=0,33$ ' eine schlechte Korrelation anzeigt). 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 90 Dichtemesswerte als Quadratsymbol bei der jeweils beigemessenen Temperatur. Der Angabewert bei 25,02°C für die Hexane-Probe ist als Kugel abgebildet; der Bereich der Messunsicherheit wird durch gestrichelte Linien ausgewiesen. In Markierungsbreite der Messunsicherheit ist die Referenzfunktion von 'Hexane-' aus der Datenbank abgebildet.

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



—■ IDN°14810, 90 Measurements
— Hexane, lin. equation $f(t)$

- Im Diagramm 7, " $\rho_f(t)^2$ ", sind die einzelnen Messwerte als Quadrate in zeitlicher Sequenz abgebildet. Die Darstellung zeigt die Dichtewerte entsprechend der chronologischen Abfolge der Visko-Scherraten

Tabelle 4: Daten der Dichtemessung

N° IDN°14810	t [min]	ϑ [°C]	ρ [g/cm³]	H [mm]	ω [s]	$\Delta\rho_\omega$ [g/cm³]	N Werte & Trend	F _A [mN]	F _{korr.} [mN], TSymb.
1.	1,1	25,005	0,65540	2,248	3,3	-4,6E-06	3 ₃₀ ↗	433,2411	0,0013 ‡
2.	1,6	25,010	0,65539	2,248	4,3	-3,1E-05	4 ₂₉ ↗	433,2417	0,0018 ‡
3.	2,2	25,012	0,65540	2,248	4,1	-2,0E-05	4 ₃₁ ↗	433,2410	0,0012 ‡
4.	2,7	25,016	0,65538	2,248	5,2	-1,3E-05	5 ₃₀ ↗	433,2416	0,0009 ‡
5.	3,3	25,005	0,65538	2,248	4,1	-1,1E-06	4 ₃₀ ↗	433,2416	0,0009 ‡
6.	3,9	25,010	0,65540	2,248	3,2	-1,4E-06	3 ₃₀ ↗	433,2407	0,0011 ‡
7.	4,5	25,007	0,65538	2,248	7,0	-1,6E-05	7 ₂₉ ↗	433,2415	0,0007 ‡
8.	5,2	25,010	0,65541	2,248	3,6	-3,4E-06	3 ₃₀ →	433,2397	0,0006 ‡
9.	5,7	25,006	0,65538	2,248	4,3	-9,4E-06	4 ₂₉ ↗	433,2420	0,0015 ‡
10.	6,3	25,005	0,65540	2,248	3,2	-1,6E-05	3 ₃₀ ↑	433,2420	0,0023 ‡
11.	6,9	25,007	0,65540	2,248	3,3	1,6E-05	3 ₂₈ ↗	433,2410	0,0015 ‡
12.	7,6	25,004	0,65541	2,248	3,3	1,5E-06	3 ₃₁ ↗	433,2392	0,0001 ‡
13.	8,6	25,006	0,65539	2,248	3,3	-9,7E-06	3 ₂₈ ↗	433,2409	0,0008 ‡
14.	9,2	25,006	0,65540	2,248	6,1	-1,8E-05	6 ₂₉ ↗	433,2416	0,0020 ‡
15.	10,0	25,006	0,65538	2,248	3,6	7,1E-06	3 ₃₀ ↗	433,2407	0,0000 ‡
16.	10,7	25,002	0,65540	2,248	4,2	-8,2E-06	4 ₃₁ ↗	433,2403	0,0007 ‡
17.	11,5	25,005	0,65539	2,248	3,2	-1,6E-05	3 ₃₁ →	433,2408	0,0004 ‡
18.	12,1	25,011	0,65539	2,248	3,3	-1,2E-05	3 ₃₀ ↗	433,2405	0,0006 ‡
19.	12,9	25,009	0,65541	2,248	5,3	-8,5E-06	5 ₃₀ ↗	433,2395	0,0005 ‡
20.	13,6	25,012	0,65540	2,248	4,3	-6,5E-08	4 ₃₀ ↗	433,2395	0,0001 ‡
21.	14,3	25,007	0,65540	2,248	7,0	-1,2E-05	7 ₃₀ ⇔	433,2441	0,0046 ‡
22.	15,2	25,011	0,65541	2,248	3,3	-2,4E-06	3 ₂₉ ↗	433,2426	0,0038 ‡
23.	15,9	25,013	0,65538	2,248	3,3	-1,8E-05	3 ₃₂ ↗	433,2406	0,0001 ‡
24.	16,7	25,009	0,65543	2,248	4,2	-2,2E-05	4 ₃₀ →	433,2408	0,0034 ‡
25.	17,5	25,012	0,65539	2,248	3,2	5,1E-06	3 ₃₀ ↑	433,2400	0,0002 ‡
26.	18,2	25,006	0,65541	2,248	3,2	1,3E-05	3 ₃₁ ↗	433,2385	-0,0002 ‡
27.	18,9	25,012	0,65541	2,248	3,2	1,4E-05	3 ₂₉ →	433,2404	0,0014 ‡
28.	19,6	25,007	0,65539	2,248	3,2	-1,1E-05	3 ₃₀ ↗	433,2417	0,0013 ‡
29.	20,2	25,006	0,65540	2,248	3,5	-6,3E-06	3 ₃₁ ↑	433,2410	0,0016 ‡
30.	20,9	25,006	0,65539	2,248	4,1	-3,2E-06	4 ₃₀ ↗	433,2403	0,0004 ‡
31.	23,4	25,014	0,65540	2,248	3,3	5,3E-06	3 ₃₀ ↗	433,2406	0,0013 ‡
32.	23,9	25,016	0,65540	2,248	3,6	8,6E-06	3 ₃₀ ↗	433,2404	0,0012 ‡
33.	24,6	25,012	0,65541	2,248	3,5	1,0E-05	3 ₃₀ ↗	433,2393	0,0002 ‡
34.	25,2	25,013	0,65542	2,248	3,2	3,4E-06	3 ₃₁ ↗	433,2397	0,0014 ‡
35.	25,7	25,012	0,65540	2,248	4,1	-1,7E-05	4 ₂₉ ↗	433,2404	0,0012 ‡
36.	26,2	25,019	0,65540	2,248	5,3	-6,4E-06	5 ₃₁ ↗	433,2408	0,0011 ‡
37.	26,8	25,015	0,65540	2,248	6,2	-2,1E-05	6 ₃₀ ↗	433,2417	0,0021 ‡
38.	27,4	25,017	0,65540	2,248	3,2	4,2E-07	3 ₂₉ ↑	433,2410	0,0016 ‡
39.	28,0	25,023	0,65539	2,248	3,2	-3,0E-06	3 ₂₉ ↗	433,2407	0,0009 ‡
40.	28,6	25,017	0,65541	2,248	3,3	-5,3E-06	3 ₃₁ ↓	433,2390	0,0004 ‡
41.	29,3	25,017	0,65541	2,248	4,1	-1,7E-05	4 ₃₀ ↗	433,2397	0,0009 ‡
42.	30,0	25,017	0,65540	2,248	3,3	-1,5E-05	3 ₃₀ ↗	433,2396	0,0003 ‡
43.	30,7	25,014	0,65539	2,248	4,4	5,6E-06	4 ₃₁ ↗	433,2414	0,0015 ‡
44.	31,3	25,016	0,65540	2,248	3,2	-8,3E-06	3 ₃₁ ↗	433,2402	0,0006 ‡
45.	32,1	25,019	0,65539	2,248	3,3	-1,2E-05	3 ₃₁ ↗	433,2404	0,0006 ‡
46.	32,9	25,017	0,65541	2,248	5,0	1,1E-05	5 ₃₀ →	433,2387	0,0000 ‡
47.	33,7	25,019	0,65541	2,248	3,3	1,0E-05	3 ₂₈ ↗	433,2396	0,0009 ‡
48.	34,4	25,020	0,65539	2,248	3,3	-3,1E-06	3 ₃₁ ↗	433,2404	0,0005 ‡
49.	35,1	25,019	0,65541	2,248	3,5	8,5E-06	3 ₃₀ ↑	433,2400	0,0013 ‡
50.	35,7	25,017	0,65541	2,248	4,0	-4,8E-06	4 ₃₁ ↗	433,2405	0,0015 ‡

51.	36,5	25,019	0,65540	2,248	3,2	-2,0E-05	3 ₃₀ ↗	433,2401	0,0009 ‡
52.	37,2	25,019	0,65537	2,248	7,7	-2,5E-05	8 ₂₉ ⇔	433,2404	-0,0005 ‡
53.	38,0	25,017	0,65541	2,248	3,5	-1,7E-05	3 ₃₀ ↗	433,2405	0,0014 ‡
54.	38,7	25,021	0,65540	2,248	3,2	5,2E-06	3 ₃₀ ⇔	433,2402	0,0005 ‡
55.	39,3	25,016	0,65541	2,248	3,4	3,5E-06	3 ₃₀ ↑	433,2400	0,0014 ‡
56.	40,0	25,018	0,65539	2,248	4,0	1,4E-05	4 ₂₉ ↗	433,2403	0,0005 ‡
57.	40,7	25,017	0,65540	2,248	4,4	-4,5E-06	4 ₃₁ ↗	433,2415	0,0019 ‡
58.	41,4	25,023	0,65540	2,248	3,3	-1,5E-05	3 ₃₀ →	433,2396	0,0002 ‡
59.	42,1	25,019	0,65541	2,248	3,2	-2,5E-05	3 ₃₁ ⇔	433,2404	0,0015 ‡
60.	42,7	25,020	0,65541	2,248	4,4	-8,3E-06	4 ₃₀ ↗	433,2400	0,0012 ‡
61.	45,2	25,019	0,65542	2,248	4,1	-8,7E-06	4 ₃₁ ↗	433,2387	0,0007 ‡
62.	45,8	25,025	0,65542	2,248	3,3	2,6E-10	3 ₃₀ ↗	433,2397	0,0014 ‡
63.	46,3	25,024	0,65540	2,248	4,3	-2,2E-05	4 ₂₉ ↗	433,2403	0,0009 ‡
64.	46,8	25,029	0,65541	2,248	3,3	-8,5E-06	3 ₂₉ ↗	433,2395	0,0006 ‡
65.	47,3	25,021	0,65541	2,248	3,2	8,4E-06	3 ₃₀ ↘	433,2395	0,0007 ‡
66.	47,8	25,020	0,65542	2,248	3,2	1,2E-05	3 ₂₉ ↗	433,2393	0,0012 ‡
67.	48,5	25,020	0,65541	2,248	6,1	-8,7E-06	6 ₃₀ ↗	433,2389	0,0000 ‡
68.	49,1	25,019	0,65542	2,248	3,5	4,9E-06	3 ₃₁ →	433,2391	0,0007 ‡
69.	49,7	25,018	0,65542	2,248	3,2	3,2E-06	3 ₂₉ →	433,2392	0,0007 ‡
70.	50,3	25,019	0,65542	2,248	3,2	-1,3E-05	3 ₃₀ ⇔	433,2405	0,0023 ‡
71.	50,9	25,019	0,65539	2,248	4,3	-3,3E-05	4 ₃₁ ↗	433,2405	0,0005 ‡
72.	51,7	25,019	0,65543	2,248	3,3	2,5E-05	3 ₃₁ ↗	433,2377	0,0002 ‡
73.	52,5	25,019	0,65545	2,248	3,5	-8,0E-06	3 ₃₀ ⇔	433,2410	0,0048 ‡
74.	53,2	25,021	0,65540	2,248	5,0	8,5E-06	5 ₃₀ ↑	433,2400	0,0006 ‡
75.	54,0	25,020	0,65543	2,248	3,3	-2,0E-06	3 ₂₉ ↗	433,2386	0,0012 ‡
76.	54,8	25,020	0,65538	2,248	4,3	-1,5E-05	4 ₃₀ ⇔	433,2393	-0,0010 ‡
77.	55,5	25,021	0,65545	2,248	4,1	-7,9E-06	4 ₃₀ ↗	433,2414	0,0051 ‡
78.	56,4	25,021	0,65541	2,248	5,4	-1,7E-05	5 ₃₀ ⇔	433,2393	0,0003 ‡
79.	57,2	25,019	0,65542	2,248	3,2	5,1E-06	3 ₃₁ ↑	433,2400	0,0015 ‡
80.	58,0	25,023	0,65545	2,248	3,2	-2,9E-07	3 ₂₉ →	433,2388	0,0022 ‡
81.	58,7	25,027	0,65541	2,248	3,3	-6,8E-06	3 ₃₁ ↗	433,2394	0,0006 ‡
82.	59,4	25,028	0,65543	2,248	3,2	-3,8E-06	3 ₃₁ ↗	433,2385	0,0010 ‡
83.	60,2	25,012	0,65540	2,248	3,3	-1,1E-05	3 ₃₀ ↑	433,2410	0,0016 ‡
84.	60,9	25,019	0,65543	2,248	3,3	1,6E-06	3 ₃₁ ↗	433,2394	0,0016 ‡
85.	61,5	25,017	0,65541	2,248	3,3	-6,5E-08	3 ₃₀ →	433,2395	0,0009 ‡
86.	62,2	25,019	0,65540	2,248	3,3	-6,7E-06	3 ₃₀ ↗	433,2399	0,0007 ‡
87.	62,8	25,021	0,65542	2,248	3,3	8,2E-06	3 ₃₁ ↓	433,2390	0,0010 ‡
88.	63,5	25,021	0,65542	2,248	3,3	-1,9E-05	3 ₃₀ ↗	433,2396	0,0015 ‡
89.	64,2	25,016	0,65543	2,248	3,5	-1,5E-05	3 ₃₀ ↗	433,2394	0,0018 ‡
90.	64,8	25,021	0,65541	2,248	5,9	-1,0E-05	6 ₃₀ ↗	433,2395	0,0004 ‡

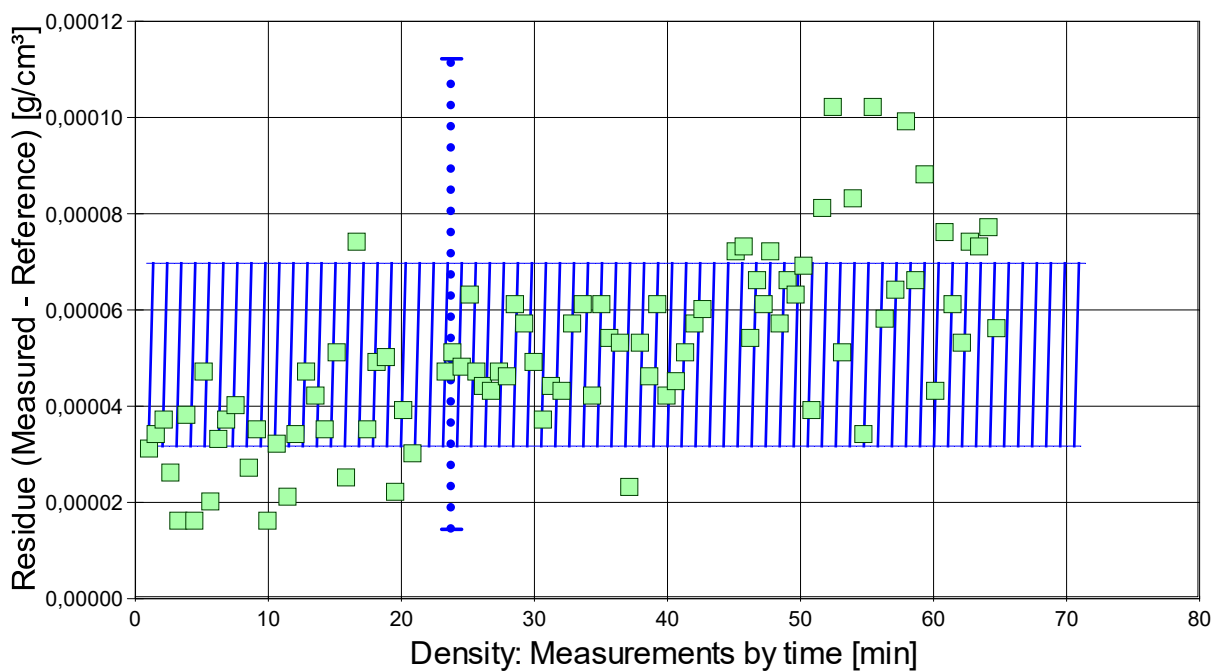
Tabellensymbole: *t* Zeitpunkt [min], *θ* Temperatur [°C], *ρ* Dichte [g/cm³], *H* Positionshöhe der Messkörperunterkante über der Nullhöhe beim Dichtemesswert [mm], *ω* Beobachtungsdauer der aufgezeichneten Auftriebsmessung [s], $\Delta\rho_\omega$ Dichteänderung in der Beobachtungszeit [g/cm³], *N* Anzahl Auftriebsmesswerte ggf. mit Wägewertezahl und Trend anzeigenden Symbolen, *F_A* Gewicht des Messkörpers in der Probe (Roh-wert der Auftriebskraft) [mN], *F_{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 *Hexane* wird in den Diagrammen unten dargestellt. Die Abbildung der Differenzwerte entspricht der zeitlichen Abfolge der Messwerte. .

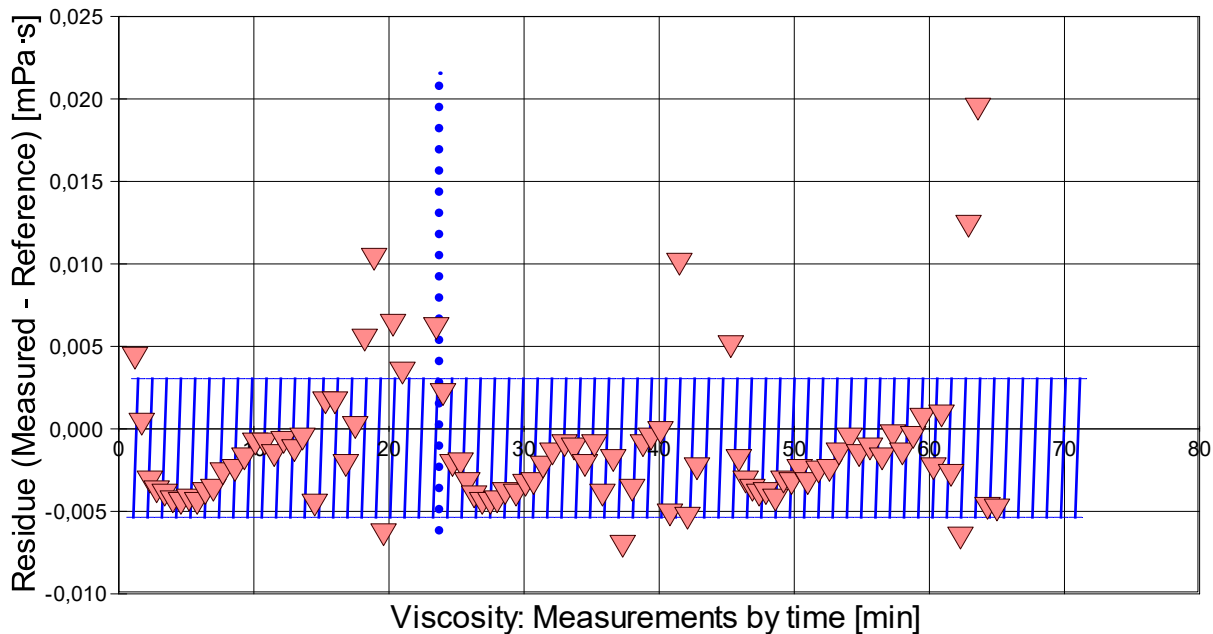
- **VORSICHT** Die Bedeutung des automatischen Vergleichs mit jeweiligen Referenzwerten ist völlig von der Richtigkeit und Präzision der hinterlegten Stoffdaten abhängig. - *Diagramm 7. Referenzabweichung der Dichtemesswerte - 'rho-Residuen'*



Reference values for 'Hexane' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=0.677556 -86.889 \cdot T/1\text{E}5 -0.074370 \cdot T^2/1\text{E}5$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $5,07\text{E}-05 \pm 1,9\text{E}-05 \text{ g/cm}^3$, relative: +77 ppm at a spread of 29 ppm

- Das Chart N°8, "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 8. Referenzabweichung der Viskositätsmesswerte - 'eta-Residuen'



Reference values for 'Hexane' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=0.2949 \cdot \text{EXP}(-5.8734+11.0471/((T+273.15)/298.15))-7.3844/((T+273.15)/298.15)^2 + 2.2107/((T+273.15)/298.15)^3$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $-0,00116 \pm 0,0042 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, relative: -0,40% at a spread of 1,4%

- Das Chart N°9, "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.

• 6. ANGABEN ZUR KONFIGURATION

- a). **Messkörper:** Name *MK_ESA1a*, b). IdentN° 7022, c). Spaltweite 0,851 mm.
 - d). **Mess- und Auswertungsverfahren:** Axio-Rheometrie. e). Konfigurationstyp DiVA-A ⁽¹⁺⁺⁾.
 - f). **Messkörperdaten:** Messzylindermasse $48,1349 \pm 0,0003 \text{ g}$, ~volumen $6,054 \pm 0,0005 \text{ cm}^3$, ~durchmesser $14,2991 \pm 0,001 \text{ mm}$, ~länge $43,08 \pm 0,001 \text{ mm}$, ~kub. Ausdehnungskoeffizient $53,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. g). **Messzylindersuspension:** Querschnitt $0,0201 \text{ mm}^2$, Umfang $0,502 \text{ mm}$, h). **Aufhängungsart:** IMETER-Patentverfahren (*drift- und fehlerfreie Dichtemessung*).
 - i). **Behälter/Röhre:** Durchmesser $16,0015 \pm 0,0005 \text{ mm}$, ~kub. Ausdehnungskoeffizient $20 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
 - j). **Bezugstemperatur:** für Abmessungen und Ausdehnungskoeffizienten 25°C .
 - k). **Kinetische Energie:** Faktor Zeta: $\zeta = 1,37$.
- Individuelle Werte:** l). Offset-Korrektur: $F_\theta = 0,0015 \text{ mN}$. m). Höhe der Flüssigkeitssäule über der Nulllage: $74,1 \text{ mm}$, max. Bewegungstrecke in der Phase: $31,1 \text{ mm}$.

ⁿ⁾ **Messunsicherheiten des Ergebnisses:** Die Unsicherheit der Viskositätsangabe wurde aus dem Mittelwert der relativen Messunsicherheiten der Einzelmessungen zu 4,4% bestimmt; die ^{o)} Messunsicherheit der Dichte $\pm 0,000055 \text{ g/cm}^3$ 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 Messkörperradius, 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_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 \pm (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. Automatic self-repetition of the IMPro - the 1. Repetition. IMPro finished as projected.

(the digital twin of process IDN°14810 provides on demand reports with more details, audit-log protocol and structured raw data)

Prüfmittel

Die Wägeeinheit (WZA224) wurde 3,5 Stunden vor dieser Messung von Labor justiert.

IMETER ID23903733: Technische Daten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse $\rho_{\text{cal}} 8,000 \text{ g/cm}^3$, Luftdichte ρ_{air} vgl. Tabelle unten; Schwerebeschleunigung $g 9,80769 \text{ m/s}^2$. Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001[K], Messunsicherheit $\pm 0,01$ [K], $R^\circ 100,0018$ [Ohm], AutoCal 60[min] (BN° 3, -10/100°C, 4S, FS15, Offset: -0,0361). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.0.53, LizenzN° *3037-4759*, W. 6.2- Betriebssystem auf PC Ser.N°6995684 (C, SSD).

Meteorologische Angaben, Luftdichte:

Time [min]	ϕ [%]	T_a [°C]	p_a [kPa]	ρ_{air} [kg/m ³]
0,8	50,02	21,66	97,615	1,14806
23,1	50,93	21,74	97,631	1,1478
45,0	50,23	21,76	97,63	1,14777

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.

Kommentar/Bewertung/Interpretation:

Sehr gute newtonische Eigenschaften, sogar bei Reynoldszahl über 400 mit reproduzierbaren Messkurven. Jedoch gekappte "Schwingung" in der Stationärkraft bei den beiden höchsten Raten führt zu einem scheinbarem Visko-Anstieg. Grund: Messkurven bzw. Messröhre zu kurz für Kraft-Einschwingvorgang bei höheren Scherungen (>300/s). - Besser längere Messwege für höhere Scher-Geschwindigkeiten zur Turbulenzbeseitigung anwenden (oder Spaltweite und Messkörperumfang anpassen).

Der (nicht signifikante) Dichteanstieg entgegen der schleichenden (nicht signifikanten) Temperaturzunahme ist nicht normal - wiederholt jedoch öfter auftretende derartige Beobachtungen. Der minimale Yield Stress (10 μPa) sollte nicht vorhanden sein, praktisch kann er vernachlässigt werden. --- Eine auf den geprüften Stoff fokussierte Messdatenauswertung würde die fehlerbehafteten Werte bei niedrigen Raten ausblenden (<10/s); die Messkraft ist in Relation zur Kraftauflösung und Unsicherheit zu klein.

Hexan / Cyclohexan - linear / zyklisch, 2 Wasserstoffatome - aber die Viskosität von Cyclohexan ist bemerkenswerte 3x größer.

"Nachtägliche Anmerkungen" sind Anmerkungen; die nach Abschluss des Messablaufs angefügt wurden: