Rheometer-Funktion / Abhängigkeit der scheinbaren Viskosität von der Scherrate

Fließverhalten von Tensidlösungen



Dieses Beispiel dokumentiert die Messung der Viskosität in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit an dem Haushalts-Spülmittel "Ecover".

Die Ergebnisse der Messung sind die dynamische und kinematische Viskosität sowie die Dichte der Probe. Das 2. Diagramm im Bericht zeigt die spezifische Anomalie der Substanz, die bis zu einer Scherung bis $\sim 10~[1/s]$ als newton'sch ist, sich dann jedoch relativ steil scherverflüssigt.

Die Diagramme zur Viskositäts- und Fließkurve führen vor Augen, wodurch sich das seifenhafte auszeichnet, dass ab einer gewissen Reibung *Glitschen* auftritt.

Das DiVA-Verfahren hat zahlreiche Vorteile, darunter, dass die Dichte mitgemessen wird (sie ist nicht nur eine weitere Kennzahl sondern in Viskositätsmessungen immer eine intern zur Berechnung notwendige Größe). Die vollständige Auswertung und die Freiheit der Messprogramme erlaubt es, sehr spezifische Effekte aufzudecken.



IMETER V.5.0 rev.46

automatic Report (FBCBDW16312B), imeter/MSB, Augsburg

ID N° 10881 - DiVA-Method: Rheological Measurement

Title: Geschirrspülmittel - nach Ruhepause, Blasenfrei

Remarks: "ECOVER"...
------ Results for **24,97°C** -------

Viscosity: $\eta_{(10.0/s)} = 4906 \pm 78 \text{ mPa·s}, v = 4750 \text{ cSt}$

Flow behavior index 0,9474 (30 shear rates: 0,0604 - 74,6/s)

Density: $\rho = 1,03350 \pm 0,00077 \text{ g/cm}^3$

Report

<u>Hinweis:</u> Die Aktivierung der Option "ERLÄUTERUNGSTEXTE", die für diese Berichtsausgabe eingestellt ist, bewirkt, dass der Bericht mit automatischen Kommentaren versehen wird. Die Option "BEARBEITUNGSHINWEISE" erzeugt Ausgaben für den Anwender/Prüfer, die auch auf nicht ausgegebene Informationen hinweisen. <u>Deaktivieren Sie bitte diesen Schalter bei Erstellung von Kundenberichten.</u> - Die Erklärungen sind formatiert wie dieser Text. Nachfolgend wird eine kurze Erklärung zum Prinzip der Messung gegeben:

1. MESSPRINZIP

Die 'DiVA'-Methode beruht auf Kraftmessungen mit einem geraden Kreiszylinder (=Messkörper), der sich konzentrisch in einer Röhre mit der Probe befindet. Dabei ist der Messkörper über die Aufhängung an einer Wägezelle angeschlossen. Die Röhre ist auf einer Plattform koaxial-konzentrisch zum Messkörper ausgerichtet. Wird die Plattform - also die Röhre - bewegt, so fließt Probe durch den ringförmigen Spalt

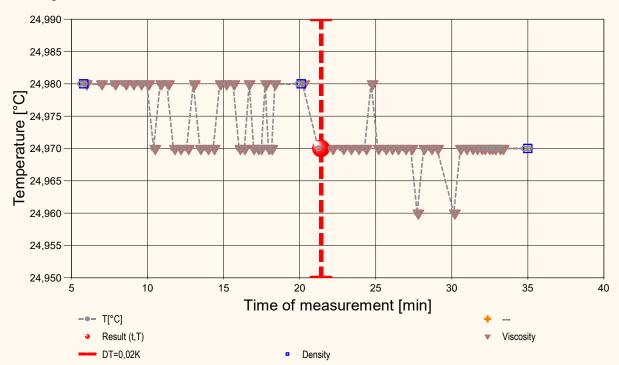
zwischen Messkörper und Röhre. Dadurch wirkt auf den Messkörper eine zusätzliche Kraft, die durch Strömung und Zähigkeit der Probe hervorgerufen wird. - Über die Beweggeschwindigkeit ergibt sich aus der Geometrie von Röhre und Messzylinder eine entsprechende Zwangsströmung durch den Ringspalt. Strömung, Kraft, Geschwindigkeit und geometrische Verhältnisse gehorchen der analogen Form des Hagen-Poieseuille'schen Gesetzes für Ringspalte und erlauben unter Berücksichtigung von Aufhängung, Auftriebseffekten und der Strömungskinetik eine ungewöhnlich exakte Berechnung der absoluten Viskosität für Newtonsche Fluide. Für nicht-Newtonschen Flüssigkeiten wird unter gleicher Berechnung die sog. scheinbare Viskosität erhalten. Über die Variation der Beweggeschwindigkeit ist die Rheometerfunktion angesprochen - d.h. die Messung der 'Viskosität' in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit. Dem hier durchmessenen Bereich 0,0604 bis 74,612 /s kommt technisch die Bedeutung von Oberflächenverlauf bis etwa Rühren, stärkerem Mischen zu.

Bei Stillstand wirkt auf den Messkörper die Auftriebskraft. - Die Dichte (spezifische Masse, Massekonzentration) gibt das Verhältnis von Masse zu Volumen an. Sie ist ebenfalls eine temperaturabhängige Stoffkonstante. Die Dichte wird in diesem Verfahren nach der Auftriebsmethode (hydrostatische Wägung) bestimmt: "Ein in einer Flüssigkeit untertauchender Körper (Messkörper) erscheint um so viel leichter, wie die seinem Volumen entsprechende Flüssigkeitsmenge wiegt." Damit aus der Auftriebskraft der Dichtewert definitiv berechnet werden kann, ist die Bestimmtheit des von Temperatur und Druck abhängenden Messkörpervolumens evident - entsprechendes gilt hinsichtlich der geometrischen Verhältnisse und der Geschwindigkeit für die Viskositätsmessung - * DiVA-Messungen sind rein metrologisch. Als Erfinder und Hersteller dieser neuen Methode versichert IMETER, dass Ergebnisse der DiVA-Messungen prinzipiell keine signifikanten Abweichungen zu Ergebnissen aus anerkannten Referenzverfahren aufweisen (Glaskapillarviskosimeter, Pyknometer). *

• 2. ÜBERSICHT

Die Viskosität wurde 60 mal gemessen, die Dichte drei mal. Messdauer 40 Minuten; Temperaturverlauf im gesamten Zeitraum ungefähr isotherm bei 24,97°C.

¬ Diagramm 1 -



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

3. VISKOSITÄTS - MESSUNG

Temperaturangabe der rheologischen Messung: 24,97 ±0,01 °C, Zeitbereich: 6,0 bis 33,4 Minuten. Die 60 *Viskositätsmesswerte* wurden mit 30 unterschiedlichen Scherraten (γ) ermittelt. Diese überdecken den Bereich von 0,06037 bis 74,612 s⁻¹ wobei die *scheinbare* Viskosität (η) Werte zwischen 2470 bis 5180 mPa·s erreicht.

Die Ergebnisangabe der Messung (4906 ±78 mPa·s) ist für y =10,0 s-1 angegeben; sie wird aus der folgenden Regressionsgleichung bestimmt: $\eta'_{24.97^{\circ}\text{C}} \text{ [mPa·s]} = f(\gamma'[1/\text{s}]) = 5044,1 + 1,4779 \cdot \gamma' - 1,8110 \cdot \gamma'^2 + 0,030152 \cdot \gamma'^3 - 1,6548 \cdot 10^{-4} \cdot \gamma'^4$

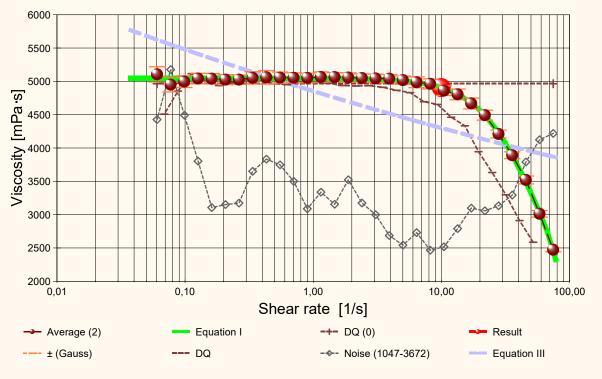
$$\eta'_{24,97^{\circ}\text{C}}$$
 [mPa·s] = $f(\dot{\gamma}[1/\text{s}]) = 5044,1 + 1,4779 \cdot \dot{\gamma} - 1,8110 \cdot \dot{\gamma}^2 + 0,030152 \cdot \dot{\gamma}^3 - 1,6548 \cdot 10^{-4} \cdot \dot{\gamma}^4$
Gleichung I, $r^2 = 0,9983$, $s_{\text{rel}} = \pm 0,601\%$

Die Regressionsgleichung steht für die Abbildung der Wertemenge. Der Ausdruck $\eta(x) = 5044.1 + 1,4779*x - 1,8110*x^2 + 0,030152*x^3 - 1,6548E-4*x^4$ kann z.B. hier heraus kopiert und z.B. in Excel eingefügt werden, um diese "Eigenschaft" (in den Grenzen der Scherraten) für Simulationen oder Diagramme zu verwenden. Wegen mitunter sehr großen Spannen der Viskositätswerte wird hier zur Qualitätsangabe der Regressionsgleichung die mittlere relative Standardabweichung der Messwerte zur Regressionsgleichung verwendet: $s_{rel.}$ =100% $\sqrt{s^2}$ / x (Wurzel der Varianz durch Mittelwert mal 100%) = 0,601%. Für den Angabewert entspricht diese Streuung ±29 mPa·s. Aus der Gleichung wird der Gradient, d.h. die Änderung der Viskosität mit einer Änderung der Schergeschwindigkeit um eine Einheit für den Ergebniswert angegeben. Er beträgt in Richtung zunehmender Deformation absolut 27 mPa s² bzw. relativ, wie angegeben, -0,56%.

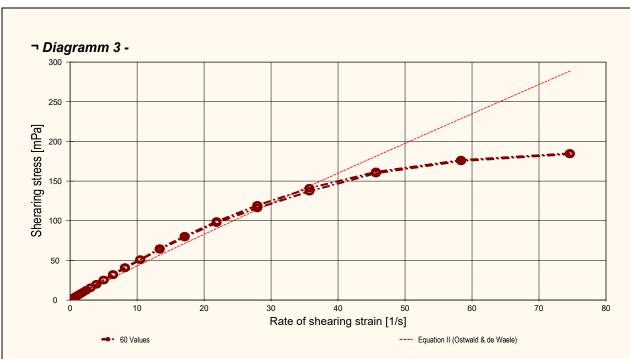
Der mittlere relative Fehler aus der Gauss'schen Fehlerfortpflanzung der geometrischen und sensorischen Unsicherheiten bzgl. Zylinder, Röhre, Geschwindigkeit und der jeweils gemessenen Kräfte beträgt 1,6 % und für den Angabewert damit 78 mPa·s.

Zum Angabewert bei 10,0 s⁻¹ beträgt der relative Gradient -0,56%. Hier liegt Strukturviskosität vor. Neben dem Fließindex wird dieser Umstand auch durch den Mittelwert der numerisch berechneten Differenzenquotienten von η' und γ bestätigt: $\Delta \eta'/\Delta \ln(\gamma) = -370$.

¬ Diagramm 2 -



Das Diagramm 2, "Visko-kurve", zeigt die Viskositätswerte als kugelförmige Markierungen. Senkrechte gestrichelte Linien markieren den sie umgebenden Bereich der Fehlerfortpflanzung ('± (Gauss)'). Der numerische Differenzenquotient ('DQ'), der die Änderung der η'-Kurvensteigung mit der Schergeschwindigkeit zum Ausdruck bringt, ist mit Linien eingezeichnet und der Nullbezug ('DQ (0)') in in gleicher Markierungsart gezeichnet <ohne Ordinatenbezug skaliert>. Der Wertebereich umfasst -2200 bis 187 Einheiten. Mit rautenförmigen Marken wird eine verborgene Qualität der Messwerte dargestellt: 'Noise' bzw. "Rauigkeit". Sie ergibt sich aus den absoluten Differenzenqutotienten der einem Viskositätswert zu Grunde liegenden einzelnen Kraftmesswerte in der (stationären) Messkurve. Je größer dieser Wert ist, desto deutlicher sind Sprünge in der Messkraft aufgetreten. Hier betragen die Extremwerte (ordinal skaliert) 1050 und 3670μN/m (auch μJ/m² - in der Dimension einer Flächenenergie). Spitzenwerte zeigen somit eine Deformation an, bei der die Probe besonders "körnig" wirkt. -- Die zwei Regressionsgraphen nach Gleichung I und Gleichung III zeigen im Diagramm die mathematischen Näherungen an die Messwerte.



Die dynamische Viskosität ist definiert als das Verhältnis von Schubspannung zu Schergeschwindigkeit " $\eta = \tau / \gamma$ "; sie ist für newtonsche Fluide für alle Verhältnisse von τ und γ konstant. - Das Diagramm 3,"Fliesskurve2", 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 dem Potenzgesetz bzw. dem Fließgesetz nach W. Ostwald und de Waele in 'Fehlerbreite' eingezeichnet.

Konsistenz (4850 mPa·s) und Fließindex (0,9474) ergeben sich aus dem Ostwald & de Waele Fließgesetz konventionell aus der Gleichung von Schubspannung (τ) und Scherung (γ):

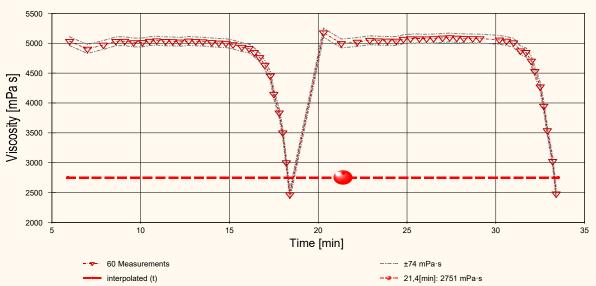
 τ [Pa] = 4,853 · γ • (0,9474) Gleichung II, r^2 = 0,9981

Es ergibt sich daraus die Gleichung III zur - im Vergleich mit Gleichung I - weniger präzisen Beschreibung der Viskosität als Funktion der Scherung:

 η' [mPa·s] = 4853 · γ • (-0.05256) Gleichung III, s_{rel.} = ±14,3%

<Bitte beachten: die automatisch erzeugten Texte und Gleichungen sind grundsätzlich mit Vorsicht zu betrachten. Die hier aufbereiteten Messdaten sind von einem Fachmann zu sichten und zu kommentieren.>

¬ Diagramm 4 -



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. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Bereich der Unsicherheit eingezeichnet.

• 3.1. Tabelle 1, Daten der Viskositätsmessung

Die gegebenen Zusammenhänge beruhen auf Ableitungen der ermittelten Messdaten - Tabelle 1 stellt dazu Eingangs- und Ergebnisdaten zur Verfügung.

N° <i>t</i>	T	η.	V _z	F _z .	T	V _{max.}	Ÿ	Re
1. 6,0	24,98	5030	0,0100	0,9598	0,304	0,0315	0,06048	1,9E-5
2. 7,0	24,98	4900	0,0128	1,1940	0,379	0,0402	0,07723	2,5E-5
3. 7,9	24,98	4970	0,0163	1,5476	0,491	0,0514	0,09874	3,1E-5
4. 8,6	24,98	5030	0,0209	2,0047	0,636	0,0658	0,1263	3,9E-5
5. 9,1	24,98	5040	0,0267	2,5621	0,813	0,0841	0,1614	5,0E-5
6. 9,6	24,98	5010	0,0342	3,2645	1,04	0,108	0,2066	6,4E-5
7. 10,1	24,98	5010	0,0436	4,1652	1,32	0,137	0,2635	8,2E-5
8. 10,5	24,97	5040	0,0557	5,3472	1,70	0,176	0,3368	1,0E-4
9. 10,9	24,98	5040	0,0713	6,8500	2,17	0,224	0,4308	1,3E-4
10. 11,4	24,98	5030	0,0911	8,7377	2,77	0,287	0,5507	1,7E-4
11. 11,8	24,97	5030	0,116	11,1568	3,54	0,367	0,7035	2,2E-4
12. 12,2	24,97	5020	0,149	14,2494	4,52	0,469	0,8997	2,8E-4
13. 12,7	24,97	5040	0,190	18,2605	5,79	0,599	1,149	3,6E-4
14. 13,1 15. 13,5	24,98 24,97	5030 5030	0,243 0,311	23,3073 29,7710	7,39 9,44	0,766 0,979	1,470	4,6E-4
15. 13,5 16. 14,0	24,97	5010	0,311	37,9576	12,0	1,25	1,879 2,401	5,8E-4 7,5E-4
17. 14,4	24,97	5010	0,508	48,4386	15,4	1,60	3,069	9,6E-4
18. 14,8	24,98	5002	0,649	61,8666	19,62	2,044	3,9231	1,23E-3
19. 15,2	24,98	4980	0,829	78,7089	25,0	2,61	5,014	1,6E-3
20. 15,7	24,98	4940	1,060	99,7213	31,6	3,34	6,409	2,0E-3
21. 16,1	24,97	4910	1,355	126,9218	40,3	4,27	8,192	2,6E-3
22. 16,4	24,97	4850	1,732	160,0060	50,8	5,46	10,47	3,4E-3
23. 16,7	24,98	4760	2,214	200,9519	63,7	6,97	13,38	4,4E-3
24. 17,0	24,97	4630	2,830	249,9571	79,3	8,91	17,11	5,8E-3
25. 17,3	24,97	4460	3,617	307,1849	97,4	11,4	21,87	7,7E-3
26. 17,5	24,97	4148	4,624	365,5534	115,9	14,56	27,953	0,0105
27. 17,8	24,98	3836	5,911	432,1123	137,1	18,62	35,730	0,0146
28. 18,0	24,97	3500	7,555	504,2724	160	23,8	45,67	0,02
29. 18,2	24,97	3000	9,657	552,5180	175	30,4	58,37	0,03
30. 18,4	24,98	2470	12,343	580,1513	184	38,9	74,61	0,047
31. 20,3	24,98	5180	0,0100	0,9853	0,313	0,0315	0,06037	1,8E-5
32. 21,3	24,97	5000	0,0128	1,2159	0,386	0,0402	0,07717	2,4E-5
33. 22,2	24,97	5020	0,0163	1,5636	0,496	0,0515	0,09879	3,1E-5
34. 22,9 35. 23,4	24,97 24,97	5050	0,0209 0,0267	2,0101	0,638 0,815	0,0658	0,1262	3,9E-5 5,0E-5
35. 23,4 36. 23,9	24,97 24,97	5040 5040	0,0267	2,5682 3,2795	1,04	0,0842 0,108	0,1615 0,2064	6,4E-5
37. 24,4	24,97	5040	0,0342	4,1844	1,04	0,100	0,2635	8,2E-5
38. 24,8	24,98	5070	0,0557	5,3835	1,71	0,176	0,3369	1,0E-4
39. 25,2	24,97	5080	0,0713	6,8957	2,19	0,224	0,4308	1,3E-4
40. 25,7	24,97	5080	0,0911	8,8119	2,80	0,287	0,5506	1,7E-4
41. 26,1	24,97	5080	0,116	11,2603	3,57	0,367	0,7036	2,2E-4
42. 26,5	24,97	5080	0,149	14,4076	4,57	0,469	0,8995	2,8E-4
43. 27,0	24,97	5090	0,190	18,4451	5,85	0,599	1,149	3,5E-4
44. 27,4	24,97	5100	0,243	23,6096	7,49	0,766	1,470	4,5E-4
45. 27,8	24,96	5090	0,311	30,1338	9,56	0,979	1,879	5,8E-4
46. 28,2	24,97	5080	0,397	38,4869	12,2	1,25	2,401	7,4E-4
47. 28,7	24,97	5080	0,508	49,1530	15,6	1,60	3,069	9,5E-4
48. 29,1	24,97	5078	0,649	62,8029	19,92	2,044	3,9226	1,21E-3
49. 30,2	24,96	5057	0,830	79,9480	25,36	2,613	5,0144	1,55E-3
50. 30,6	24,97	5040	1,060	101,7726	32,3	3,34	6,409	2,0E-3
51. 31,0	24,97	5010	1,355	129,3878	41,0	4,27	8,192	2,6E-3
52. 31,4 53. 31.7	24,97	4875	1,732	160,9335	51,05	5,456	10,471	3,36E-3
53. 31,7	24,97	4850	2,214	204,5750	64,9	6,97	13,39	4,3E-3
54. 32,0	24,97	4700	2,830	253,6912	80,5	8,91	17,11	5,7E-3
55. 32,2 56. 32,5	24,97 24,97	4530 4270	3,618 4,624	312,2606 376,5024	99,0 110	11,4 14,6	21,87 27,95	7,6E-3 0,01
56. 32,5 57. 32,7	24,97 24,97	3950	4,624 5,911	444,6346	119 141	18,6	27,95 35,73	0,01
57. 32,7 58. 32,9	24,97 24,97	3540	7,555	509,4560	162	23,8	45,67	0,014
59. 33,2	24,97	3020	9,656	556,2457	176	30,4	58,37	0,02
60. 33,4	24,97	2479	12,343	583,0809	184,9	38,88	74,612	0,0471
	,•.		-,0.0	,000	,•	,	,• . =	- , - · · ·

Tabellensymbole: t Zeitpunkt [min], t Temperatur [°C], t Messwert Viskosität [mPa·s], t Beweg- bzw. Relativgeschwindigkeit zwischen Messkörper und Röhre [mm/s], t Schubspannung [Pa], t

Tabelle 1 listet die wesentlichen Kennzahlen zu den einzelnen Messungen auf. Die zentrale Messgröße ist in der Spalte F_z angegeben; sie ist die 'reinviskose' 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 Ringspaltes (F_c) , die viskose Reibung (rekursiv) des/der Aufhängungsdrähte/Stäbe des Zylinders im Medium (F_{hn}) sowie ein konstanter Beitrag F_0 , der durch eine vorgegebene Fließgrenze, Benetzungskraft, Konvektion (...) begründet sein muss .

Die Korrektur der stationären Kraft ergibt sich damit aus $\mathbf{F}_z = \mathbf{F}_w - \mathbf{F}_\rho - \mathbf{F}_{h\rho} - \mathbf{F}_{\rho} - \mathbf{F}_{h\rho} - \mathbf{F}_{\rho}$. Die Korrekturen können in einem erweiterten Berichtsformat (zuschaltbar) in allen Einzelheiten ausgegeben werden.

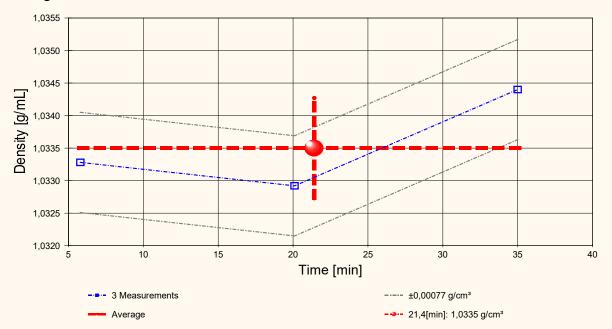
Die Schubspannung τ entspricht der rein durch die Viskosität des Mediums je Quadratmeter der Zylindermantelfläche ausgeübten Kraft. v_{max} ist die Maximalgeschwindigkeit des Newton'schen Fluids im Ringspalt relativ zum Zylinder. Sie ergibt sich aus der Beweggeschwindigkeit und dem geometrischen Aufbau. Die mittlere Geschwindigkeit (nicht in der Tabelle ausgegeben; $v_m = v_z \cdot ra^2/(ra^2 - ri^2)$, mit ra Röhrenradius und ri Zylinderradius) wird für die Berechnung der Reynoldszahl benötigt. Re = $\rho \cdot v_m \cdot d \cdot \eta$, mit der charakteristischen Länge d, die (wie bei Rohrströmungen) für den Ringspalt aus dem hydrodynamischen Radius mit d = 2(ra-ri) berechnet wird. Die Scherrate, Schergeschwindigkeit oder Deformation γ , die für die Berechnung verwendet werden, ist berechnet als Geschwindigkeitsgradient unmittelbar an der Zylinderoberfläche.

4. DICHTE-MESSUNG

Akquisitionsperiode der 3 Messwerte im Messablauf: 6 bis 35 min, Temperatur ΔT =0,01 K (T=24,98 ±0,01°C)

Ergebnis: 1,0335 ±0,00077g/cm³ als Mittelwert. Der Bereich der Messunsicherheit von ±0,00019 wird überschritten!

¬ Diagramm 5 -



Im Diagramm 5, "rho-f(t)", sind die einzelnen Messwerte als Quadrate in zeitlicher Sequenz abgebildet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Unsicherheitsbereich eingezeichnet.

• 4.1. Tabelle 2, Dichtemessung

N°	t	Τ	ρ	Н	ω	∆ _{rel.}	N	F _A	F _{korr.}
1.	5,8	24,98	1,0333	6,100	2,9	1,2%	10	186,188	0,042 ‡
2.	20,1	24,98	1,0329	6,100	3,2	1,2%	11	186,216	0,060 ‡
3.	35,0	24,97	1,0344	6,100	2,0	0,78%	6	186,204	0,088 ‡

Tabellensymbole: t Zeitpunkt [min], t Temperatur [°C], t Dichte [g/cm³], t Positionshöhe der Messkörperunterkannte über der Nullhöhe beim Dichtemesswert [mm], t Beobachtungsdauer der Auftriebsmessung [s], t relative Dichteänderung pro Minute in der Beobachtungszeit [g·cm³-min¹], t Anzahl Auftriebsmesswerte, t gemessener Roh-Wert der Auftriebskraft [mN], t t gemessene Referenzkraft mit berechneter Korrektur für die Auftriebskraft der Messkörperaufhängung [mN].

Die 'Nullhöhe' ist i.d.R. der Gefäßboden, falls nicht ein Podest für den Messkörper in der Röhre eingesetzt wurde. Die zu **F**_{korr.} nachgestellten Zeichen "o⁺† oder ‡' symbolisieren die jeweils angewandten Mess- und Korrekturverfahren ("o'' für Dichtemesswerte ohne Meniskuseliminierverfahren, '‡' für Werte mit unmittelbarer und "t' für solche mit in Folgemessungen übernommener Fliminierung")

unmittelbarer und '†' für solche mit in Folgemessungen übernommener Eliminierung')

Bearbeitungshinweise: Der Roh-Wert der Auftriebskraft F_A [mN] ist in der Original-Messwertetabelle der Dokumentation angegeben (Die Rohdatentabelle enthält auch die anderen Werte, die der automatischen Interpretation zugrunde liegen).

5. ANGABEN ZUR KONFIGURATION

Messkörper: Name *12 /16 DiVA-Std*, IDN° 382, Spaltweite 2,005 mm. **Auswertungsverfahren:** Standard. Konfigurationstyp DiVA-A (N°1).

Messkörperdaten: Messzylindermasse 21,8282 \pm 0,0002 g, ~volumen 2,7594 \pm 0,0005 cm³, ~durchmesser 11,99 \pm 0,002 mm, ~länge 23,5 \pm 0,01 mm, ~kub. Ausdehnungskoeffizient 48·10⁻⁶K⁻¹. Messzylinder**suspension**: Querschnitt 0,07069 mm², Umfang 0,9425 mm, Aufhängungsart: IMETER-Patentverfahren (*drift- und fehlerfreie Dichtemessung*).

Behälter/Röhre: Durchmesser 16 ±0,001 mm, ~kub. Ausdehnungskoeffizient 30·10⁻⁶K⁻¹.

Bezugstemperatur für Abmessungen und Ausdehnungskoeffizienten 25°C.

Kinetische Energie- Korrektur F_{ζ} , Faktor Zeta: $\zeta = 1$.

Individuelle Werte: Eine Korrekturkraft (F_{Θ}) wird nicht verwendet. Höhe der Flüssigkeitssäule über der Nulllage: 48,7 mm, max. Bewegstrecke in der Phase: 25,2 mm.

Messunsicherheiten des Ergebnisses: Die Unsicherheit der Viskositätsangabe ist als Mittelwert der Messunsicherheiten der Einzelmessungen angegeben (±78 mPa·s); die Messunsicherheit der Dichte (±0,00077 g/cm³) stammt - ausnahmsweise! - von der Standardabweichung der Regressionsfunktion.

Die Messunsicherheit des einzelnen Viskositätsmesswertes wird aus 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 (σ_{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 als Wurzel der Quadratsumme der Einzelfehler berechnet.

Wägewerte sind - wenn nicht anders ausgezeichnet - konventionelle Wägewerte (OIML); Temperaturangaben beziehen sich auf die Skala der ITS-90. Standardabweichungen: Verschiedentlich werden Regressionsfunktionen mit Standardabweichungen (s) bzw. Varianzen (s²) qualifiziert. Diese Streuungsangabe wird berechnet aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu dem berechneten Funktionswert (der dem Einzelwert entsprechen soll) dividiert durch die Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet, werden für ±(Mess-)Unsicherheiten stets einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben, d.h. die Überdeckung betrifft 67% der (empirischen) Werte.

Form und Informationsfülle des Prüfberichts ist dadurch bedingt, dass Messdaten durch die zahlreichen Freiheitsgrade sehr vielgestaltig auftreten können. Die Variablen der Messung müssen vollständig dargestellt werden können, um verifizierbar zu sein. Vollständigkeit ist Voraussetzung für die Überprüfbarkeit und Haltbarkeit der Resultate sowie abgeleiteter Schlussfolgerungen. Nicht zuletzt erfordern einschlägige Bestimmungen (GxP, FDA fr.11/21 etc.) zusammen mit schlicht zeitökonomischen Erwägungen diesen hiermit Großteils erledigten Aufwand. [Prüfberichte, wie dieser, werden dynamisch aus Metadaten erzeugt und benötigen daher sehr wenig Speicherplatz in der Datenbank]. Bei Routinemessungen und/oder für die evtl. parallel noch papieren geführte Ablage sollten die Prüfberichte zur Ressourcenschonung durch entsprechende Einstellungen der Formatier- und Ausgabeoptionen auf das Wesentliche gekürzt werden. Das ganze 'File', inklusive der zu Grunde liegenden Rohdaten, ist stets über die ID (hier Nummer 10881, Datenbank imeterData26) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. enthalten nachfolgend ausgegebene Informationen, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'standard-i2'), verschieden detaillierte Begleitinformationen, wie die Angaben zur Ausführung der Messung, den Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittellüber

Programm

Data created by execution of the IMPro "DiVA-A", type 5/0. Messprogramm Abbruch von Benutzer (Zeile 10.)

Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZ224-CW) wurde am Vortag dieser Messung von XPMUser justiert. *IMETER ID16405542*: Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit^{*)} 0,2 mg, Dichte der Justiermasse^{*)} 8,000 g/cm³, Luftdichte^{*)} 1,119015 kg/m³; Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,80769 m/sec² für die Fallbeschleunigung^{*)}. Die Messauflösung der Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit^{*)} 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 5.6.32, LizenzN° *3037-4759*, Windows 5.1- Betriebssystem auf PC Ser.N° unknown! .

Lie gekennzeichneten Angaben der Systemdaten können nachträglich angepasst werden - etwa um individuelle Messunsicherheiten durch den Messaufbau wirksam werden zu lassen. Änderungen auch an diesen Daten werden im Audit-Log protokolliert und können zurückgenommen werden.

Report created by M. Breitwieser