

**IMETER Methode Nr.8 "Feststoffdichte":
mit der Besonderheit 'Kalibrierungsübertragung'**

Messung der Dichte einer Glasprobe (Borosilikatglas) bei Übertragung der Kalibrierung

In diesem Beispiel wird ein sehr sicheres Dichtemessverfahren angewendet: Vor der Probenmessung wird die Dichte der Flüssigkeit bestimmt. So wird der Maßstab (= die Flüssigkeitsdichte) bestimmt und Veränderungen etwa bei hygroskopischen Messflüssigkeiten durch Wasseraufnahme oder Verunreinigung (z.B. Ziehöl) stören praktisch nicht. Beispielsweise kann auch mit Flüssigkeitsgemischen gemessen werden. Die Flüssigkeit nimmt in diesem Verfahren nur die Überträgerfunktion ein, nämlich als *Transfermedium* der Volumen-Kalibrierung eines Flüssigkeitsdichte-Messkörpers, d.h. eines Volumennormals auf den Probekörper.

In diesem Dokument wird ein automatisch erzeugter IMETER-Prüfbericht vorgestellt. Die Ausführlichkeit ergibt sich aus der Forderung, dass alle Variablen einer Messung dargestellt werden sollen. Variablen sind ja nicht nur die Messdaten, sondern auch Umstände, Abläufe und die Eigenschaften der Normale. Daher verfügt IMETER zum einen über eine Modelliersprache, um Mess- bzw. Steuerungsverfahren zu gestalten („*was soll der Fall sein*“), zum anderen über analytische Fähigkeiten, um zu bewerten, *was der Fall* ist und um darüber in Berichten Rückkopplung zu geben.

IMETER spart sehr viel Arbeitszeit ein, indem nicht nur das Messen, Steuern und Regeln, sondern auch die beurteilungsreife Darstellung automatisiert ist!

Die Einstellungsvorgaben des Berichts bestimmen dabei Art und Umfang der Informationsdarstellung. Anhand eines vollständigen Berichts wird der Anwender in die Lage versetzt, Plausibilität und Validität einer Messung detailliert zu überprüfen.

ID N° 26 - Density of Solids

Title: **Messung Borosilikatglas**

Remarks:

zuvor Bestimmte FI-Dichte. -- Glasstücke mit Cu-Draht befestigt. rel. kleines Probenvolumen.

Result: $\rho_{23,4^{\circ}\text{C}} = 2,2299 \pm 0,0003 \text{ g/cm}^3$

Sample measured in 'Toluol' (calibration transfer)

Report

Messprinzip: Die Dichtebestimmung beruht auf der Messung von Masse und Volumen. Die Volumenbestimmung erfolgt dabei durch die hydrostatische Methode als Auftriebswägung. Diese basiert darauf, dass ein in einer Flüssigkeit untertauchender Körper um so viel leichter erscheint, wie die seinem Volumen entsprechende Flüssigkeitsmenge wiegt. Die Dichte der Flüssigkeit, hier Toluol, muss sehr genau bekannt sein. Sie ist der Maßstab. Die Bestimmung der Masse erfordert außerdem die Kenntnis des Volumens, damit der Luftauftrieb korrigiert werden kann. In dieser Messung wurde das Volumen drei Mal gemessen. Die Sicherheit der Ergebnisse wird aus der Analyse der Messunsicherheiten der Einflußgrößen hergeleitet. Zu den Faktoren gehören Spezifikationen und Zustand der Instrumentierung, die Bestimmtheit der Flüssigkeitsdichte und die in der Messung beobachtete Stabilität der Kraft- und Temperaturmessung. Angaben dazu finden Sie in jeweiligen Abschnitten dieses Prüfberichts.

• Ermittelte Probendaten - Messung Borosilikatglas

- Angaben für $\vartheta = 23,40 \pm 0,03^{\circ}\text{C}$, Luftdichte bei der Probenwägung $\rho_a = 1,112 \pm 0,0011 \text{ kg/m}^3$ -

Dichte, spezifische Masse	ρ	2,2299	$\pm 0,00033$	g/cm^3	0,15‰
Probenvolumen	V	3,4334	$\pm 0,00039$	cm^3	0,11‰
Masse der Probe	m	7,656	$\pm 0,00024$	g	31 ppm

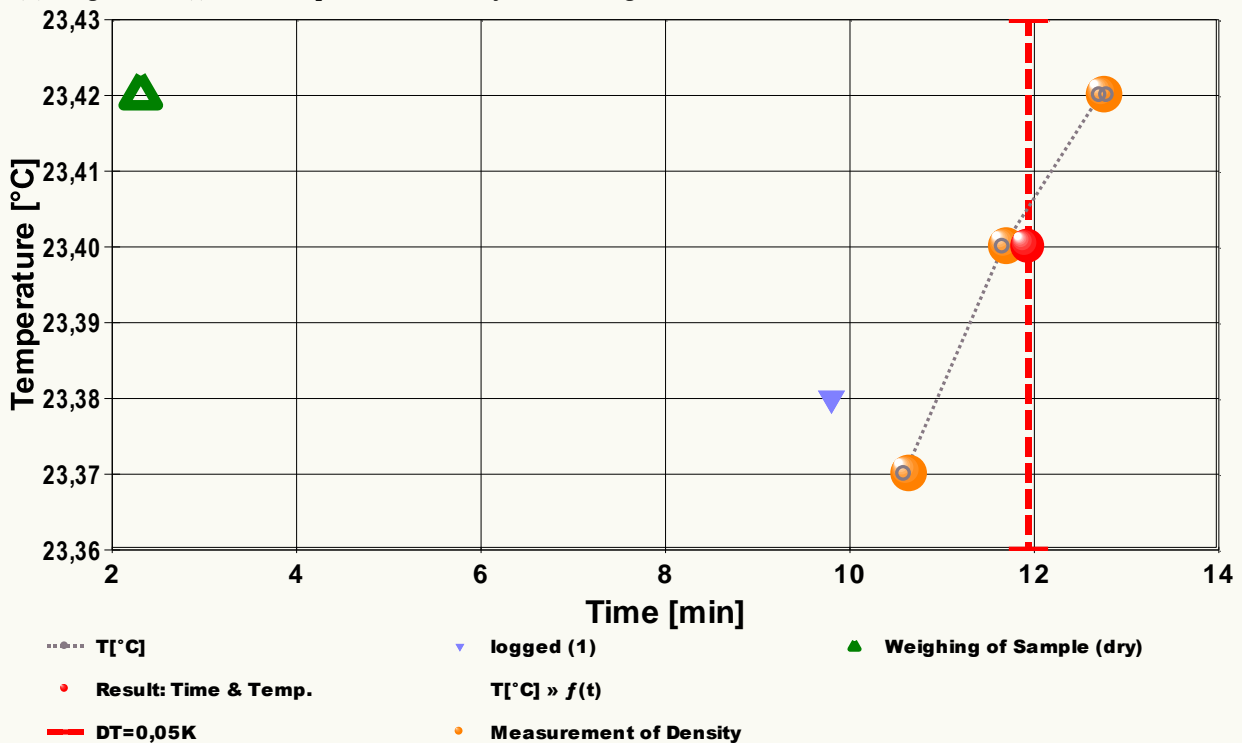
Wägewert, Probengewicht	W	7,6532	± 0,00024	g
relative Dichte	ρ_4^g	2,2299	---	ρ_{20}^g 2,2339
spezifisches Volumen	v_s	0,44845	cm³/g	
- Weitere Stoff- und Körpermaßeinheiten zu $\rho_a = 1.20 \text{ kg/m}^3$ und $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ -				
konventioneller Wägewert	W_k	7,6530	g	
Gewichtskraft	G	75,076	mN	75,051 p
Wichte, spez. Gewicht	γ	21,875	N/cm³	21,868 p/cm ³

Die Aufstellung gibt Materialeigenschaften zusammen mit individuellen Probandaten aus. Die Messunsicherheiten sind mit dem Erweiterungsfaktor $k=2$ angegeben (Details dazu finden Sie bitte weiter unten in diesem Prüfbericht). Die Dichte entspricht nur dann einer Reinstoff-spezifischen Masse, wenn in der Messung tatsächlich die Reindichte gemessen werden konnte, andernfalls ist das Ergebnis eine Rohdichte bzw. scheinbare Dichte sowie eine scheinbare Masse. Mit dem 'Wägewert' wird der Gewichtswert angegeben, den die Waage unter der angegebenen Luftdichte anzeigt. Der Unterschied von Wägewert und Masse vergrößert sich mit der Luftdichte umso stärker, je mehr die Dichte der Probe von der Dichte des Justiergewichts der Waage abweicht. Die Masse dieser Probe ist also um 2,8 mg größer als der Wägewert angibt; materialbezogen beträgt der Unterschied bei der vorliegenden Luftdichte rund 0,4‰. Für die Angabe des 'konventionellen Wägewertes', der 'Gewichtskraft' und der 'Wichte' $\gamma = \rho \cdot g / 9.80665$ ('Pond': 1 p = 9.80665 mN) wurde die Probenmasse mit der Standardluftdichte und -fallbeschleunigung umgerechnet. Das spezifische Volumen ist die reziproke Dichte ('wie viele Milliliter ergeben ein Gramm (Masse)). Die Dichte in der Einheit 'Unces per cubic Inch' (Unzen pro Kubikzoll) beträgt 1,2889 oz/in³. Im Folgenden erhalten Sie Beschreibungen zu den Einzelheiten der durchgeführten Messung.

• Drei Dichtemesswerte

Gesamtdauer der Aufzeichnungen in der Messung zehn Minuten; Temperaturzunahme von 23,37 auf 23,42°C.

(1) Diagramm 'T(t)' - zur Temperatur im Verlauf der Messung:

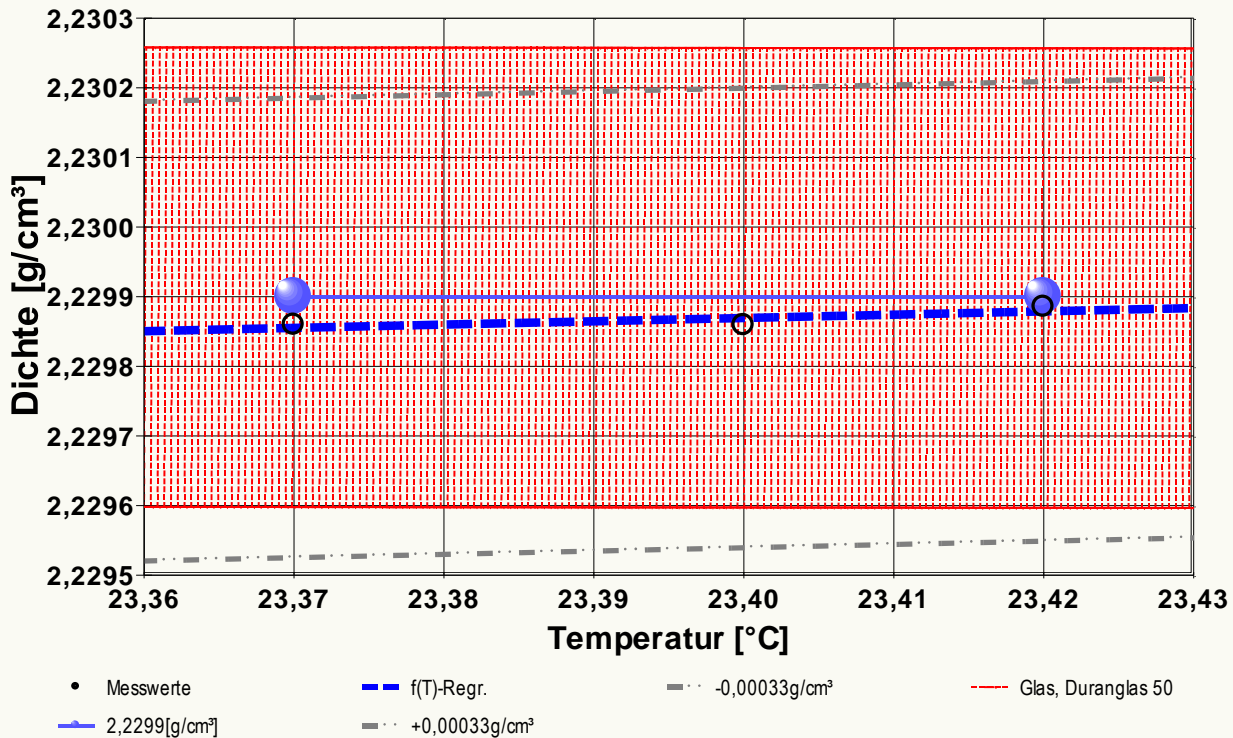


9,8' : Temperatur nicht so stabil!

Im Diagramm "T(t)" wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der dabei gemessenen Temperatur gezeigt. Bedeutung der eingezeichneten Symbole: Die Kreismarkierungen zeigen die Temperaturmessungen an, die kugelförmigen Marken stehen für Zeitpunkt und Temperaturzuordnung von Auftriebsmesswerten. Ein Dreieck-Symbol am Anfang stellt den Zeitpunkt der Wägung der Probe dar. Zeitpunkt und Temperatur der Ergebnisangabe werden durch eine Kugel markiert. Die Temperaturspanne in der Messung wird durch die senkrechte gestrichelte Bake angezeigt. Das Dreieck (Spitze nach unten) zeigt den Zeitpunkt, zu dem vom Prüfer die oben angegebene Anmerkung in das Protokoll eingetragen wurde. Die zur Laufzeit der Messung vom Anwender/Prüfer eingegebenen Bemerkungen werden hier wiedergegeben, wobei am Anfang der Zeile der Eintragszeitpunkt als Minutenzahl angegeben ist.

Das ausgegebene Messergebnis der Dichte wurde aus dem Mittelwert der drei Einzelergebnisse gebildet. Die Standardabweichung σ_o beträgt $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ und die Standardabweichung des Mittelwertes σ_{Mo} $8,7 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$. Die empirische Streuung σ_o ist sehr viel kleiner als die erweiterte Standardmessunsicherheit U_o $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3$.

(2) Diagramm 'rho(T)' - Dichtemesswerte in Abhängigkeit von der Temperatur:



Das Diagramm "rho(T)" zeigt die drei Dichtemesswerte als Kreissymbole in Temperaturabhängigkeit an. Es werden Messwerte mit dem Bereich der Messunsicherheit in Form einer gestrichelten Linie eingefasst. Der Verlauf der Referenzfunktion zum besten Vergleichswert bzw. der Stoff mit der besten Übereinstimmung nach Datenbankeintrag ist als schraffierter Bereich in Breite der Unsicherheit eingezeichnet.

(3) Datentabelle - Zusammenstellung der Roh- und Ergebniswerte:

N°	t	θ	ρ _{Fl}	Q _{Probe}	V _{Probe}	Δt _{Akqu.}	ΔT	ΔQ _{Probe}	N
[min]	[°C]	[g/cm³]	[g/cm³]	[cm³]	[s]	[K]	[g/cm³]		
1.	10,6	23,37	0,86363	2,22986	3,43338	3,0	0,00	4,6E-13	4
2.	11,7	23,40	0,86360	2,22986	3,43338	3,0	0,00	-2,1E-13	4
3.	12,7	23,42	0,86358	2,22989	3,43334	3,6	0,00	4,3E-14	4

Die Tabelle listet die wesentlichen Daten in zeitlicher Abfolge nummeriert auf. Von links nach rechts: Zeit gibt den Zeitpunkt des Messwertes ab Beginn des Ablaufs in Minuten an, θ die Temperatur in Celsiusgraden und ρ_{Fl} die zugehörige Dichte von " in g/cm³, die den Maßstab der Messung darstellt. Die dazu ermittelte Probendichte Q_{Probe} ist ebenfalls in der Einheit g/cm³ gegeben. V ist das Volumen der Probe bei der Temperatur in cm³, die aus dem Auftrieb gemäß der Flüssigkeitsdichte berechnet ist. Die Auftriebskraft kann sich durch verschiedene Effekte verändern, insbesondere durch Temperaturangleichung (Konvektion, Volumen Anpassung), Quellung oder Auflösung. Die Beobachtungsdauer - als Stabilitätskriterium des Messwertes - erstreckt sich über die Zeitspanne Δt_{Akqu.}, die in Sekunden angegeben ist. Im selben Zeitraum kann sich die Temperatur ändern (Angabe ΔT in Temperaturgraden) und auch die Dichte der Probe ΔQ_{Probe} (wobei die evtl. vorliegende Änderung der Flüssigkeitsdichte hier nicht ausgegeben wird). Temperatur, Dichte und Volumenangaben der ersten Spalten stellen jeweils die Werte am Ende der 'Beobachtungsdauer' dar. N gibt die Anzahl der aufgenommenen Messwerte zur Auftriebskraft an. Dichte und Volumen werden um eine Dezimale genauer ausgegeben, um Trends anzuzeigen. Die Δ-Angaben zu Temperatur und Dichte über die registrierte Beobachtungsdauer Δt_{Akqu.} wird in der Fortpflanzung der Messunsicherheit verwendet - sie helfen auch, eventuelle Störungen beim Messablauf aufzufinden. Ein rel. großer Zeitraum ist bei einem Gleichgewichtsverfahren der Auftriebsbestimmung ein Hinweis auf Probleme, wie Luftbläschen, Wandkontakt oder (meistens) Konvektionsströmungen bzw. Wärmeaustauscheffekte.

• Zusammenfassung zur Messunsicherheit der Einzelwerte

Messunsicherheit der Dichte - aus der Fortpflanzung der Messunsicherheiten der Eingangsgrößen

nach dem Modell: $Q_{Probe} = (W_2 \cdot \rho_a - W_1 \cdot \rho_{Fl}) / (W_2 - W_1)$ (Gl.1)

i	X _j	x _j	u(x _j)	c _j	c _j · u(x _j) [g/cm³]	v _j		
1	W ₁	g	7,65320	1,20 · 10 ⁻⁴	-0,461	1/cm³	-5,53 · 10 ⁻⁵	∞
2	W ₂	g	4,6915	1,27 · 10 ⁻⁴	0,753	1/cm³	9,59 · 10 ⁻⁵	2
3	ρ _a	g/cm³	0,0011120	1,10 · 10 ⁻⁶	-1,58	---	-1,74 · 10 ⁻⁶	∞
4	ρ _{Fl}	g/cm³	0,863605	1,83 · 10 ⁻⁵	2,58	---	4,72 · 10 ⁻⁵	2
Y	Q _{Probe}	g/cm³	2,2299	$u(y) = \sqrt{(\sum c_j \cdot u(x_j))^2} =$		1,20 · 10 ⁻⁴	v _{eff} = 4	

Angabe der erweiterten Messunsicherheit U_o aus der kombinierten Standardmessunsicherheit (u_o 1,20 · 10⁻⁴ g/cm³) mit dem Erweiterungsfaktor k₉₅ = 2,77. Die Werte der Probendichte liegen in der Regel mit einer angenäherten Wahrscheinlichkeit von 95% im Überdeckungsintervall ±3,3 · 10⁻⁴ g/cm³ bzw. im Bereich ±0,15% des Messwertes.

Die verwendeten Symbole entsprechen der Nomenklatur des 'GUM' (JCGM 100:2008). Die aufgeführten Eingangsgrößen werden als normalverteilt behandelt. Es bedeuten W₁ das Symbol für die Zufallsvariable X₁ des Wägewerts der Probe; ihr Wert beträgt x₁ g mit der beigeordneten Standardunsicherheit u₁(x). Der Sensitivitätskoeffizient c₁ wird aus der partiellen Ableitung der Modellgleichung (Gl.1) nach X₁ mit der Variablen x₁ berechnet. Die Wurzel der summierten Varianzen u_c liefert die kombinierte Standardmessunsicherheit der Feststoffdichte (Y Q_{Probe}). W₂ steht für die Auftriebswägungen in der Flüssigkeit. Für die Berechnung von x₂ wird der

Mittelwert der Wägungen eingesetzt. Die Standardunsicherheit $u_2(x)$ wird aus der Messunsicherheit der Waage und Unsicherheit der bei der Auftriebswägung aufgetragenen Schwankungen der Auftriebskraft bestimmt. Die Anzahl der separaten Auftriebswägungen legt die Angabe der Freiheitsgrade ν_2 fest (Anzahl - 1 = 2). Die Eingangswerte x_1 und $u_1(x)$ für das Probengewicht W_1 wurden im Messablauf bestimmt; weitere Einzelheiten sind in den folgenden Abschnitten angegeben. Das Zeichen ρ_a steht für die Luftdichte; ihr zugehöriger Größenwert x_3 und $u_3(x)$ wurde zur Messung angegeben. Das Symbol ρ_{Fl} steht für die Dichte der Messflüssigkeit. Der für ρ_{Fl} in x_4 eingesetzte Wert ist der Mittelwert der Flüssigkeitsdichteangaben, wobei $u_4(x)$ aus der Unsicherheit der Referenzgleichung stammt bzw. empirisch aus zuvor und/oder danach durchgeführten Messungen der Fluidichte übernommen wurde. Die Zahl der effektiven Freiheitsgrade (ν_{eff}) wird nach der Welch-Satterthwaite-Formel berechnet und angegeben. Sie hat dementsprechend Auswirkung auf den Wert des Erweiterungsfaktors k zur Intervallangabe der Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95% und 99%. Ergänzung hierzu: Für k_{99} wird der Faktor 4,60 erhalten; Dichtewerte liegen mit nahe 99%iger Wahrscheinlichkeit im Überdeckungsintervall $\pm 5,5 \cdot 10^{-4}$ g/cm³.

Messunsicherheit der Masse - gemäß der Grundgleichung:

$$m_{Probe} = W_1 \cdot (1 - \rho_a / \rho_{cal}) / (1 - \rho_a / \rho_{Probe}) \quad (Gl.2)$$

i	X_i	x_i	$u(x_i)$	c_i		$c_i \cdot u(x_i)$ [g]	ν_i	
1	W_1	g	7,6532	$1,20 \cdot 10^{-4}$	1,00	---	$1,20 \cdot 10^{-4}$	-
2	ρ_a	g/cm ³	0,0011120	$1,10 \cdot 10^{-6}$	2,48	cm ³	$2,73 \cdot 10^{-6}$	-
3	ρ_{cal}	g/cm ³	8,000	$8 \cdot 10^{-3}$	$1,33 \cdot 10^{-4}$	cm ³	$1,06 \cdot 10^{-6}$	-
4	ρ_{Probe}	g/cm ³	2,2299	$1,20 \cdot 10^{-4}$	$-1,71 \cdot 10^{-3}$	cm ³	$-2,06 \cdot 10^{-7}$	-
Y	m_{Probe}	g	7,6560	$u(y) = \sqrt{(\sum c_i \cdot u(x_i))^2} =$		$1,20 \cdot 10^{-4}$	ν_{eff}	-

Angabe der erweiterten Messunsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$. Die Masse der Probe m_{Probe} wird zu $7,6560 \pm 2,4 \cdot 10^{-4}$ g bestimmt. Die relative Messunsicherheit beträgt 31 ppm.

Die Standardmessunsicherheit von ρ_{Probe} ist die kombinierte Standardmessunsicherheit der Dichtemessung im vorigen Abschnitt. Das Symbol ρ_{cal} steht für die Dichte des Kalibriergewichtes der Waage.

Messunsicherheit des Volumens - über das Verhältnis:

$$V_{Probe} = m_{Probe} / \rho_{Probe}$$

$$u(V_{Probe}) = \sqrt{(u(m_{Probe}) / \rho_{Probe})^2 + (-m_{Probe} \cdot u(\rho_{Probe}) / \rho_{Probe}^2)^2} = 0,00019 \text{ cm}^3 \quad (Gl.3)$$

Die erweiterte Messunsicherheit des Probenvolumens wird mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ angegeben, sie beträgt $0,00039 \text{ cm}^3$ bzw. relativ $0,11\%$.

Die Standardmessunsicherheit der Probenmasse $u(m_{Probe})$ ist die kombinierte Standardmessunsicherheit der Massebestimmung im vorigen Abschnitt.

• Zur Dichte der Messflüssigkeit

Messflüssigkeit 'Toluol': experimentell zuvor bestimmt in Messung IDN°25. Durch die so erfolgte Übertragung, sind die hier gemessenen Werte der Probedichte an das Dichtemessnormal Ref.N°112 von der Flüssigkeitsdichtebestimmung angeschlossen. Die Flüssigkeitsdichte ρ_{Fl} wurde gemäß folgender Bestimmungsgleichung zur jeweiligen Temperatur ϑ berechnet:

$$\rho_{Fl} = f(\vartheta[^\circ\text{C}]) = (0,86690 - 9,612E-4 \cdot (\vartheta - 20)) - 0,00003 \quad (Gl.4)$$

Beiträge zur Unsicherheit der Flüssigkeitsdichte $u(\rho_{Fl})$ wurden aus 3 Einzelmesswerten der Flüssigkeitsdichte bezogen ($u(\rho_{L,Equ}) = 7,51 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$) sowie aus der Messunsicherheit der Temperatur ($u(\rho_{L,Temp.}) = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$) bestimmt und belaufen sich damit auf $1,83 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$.

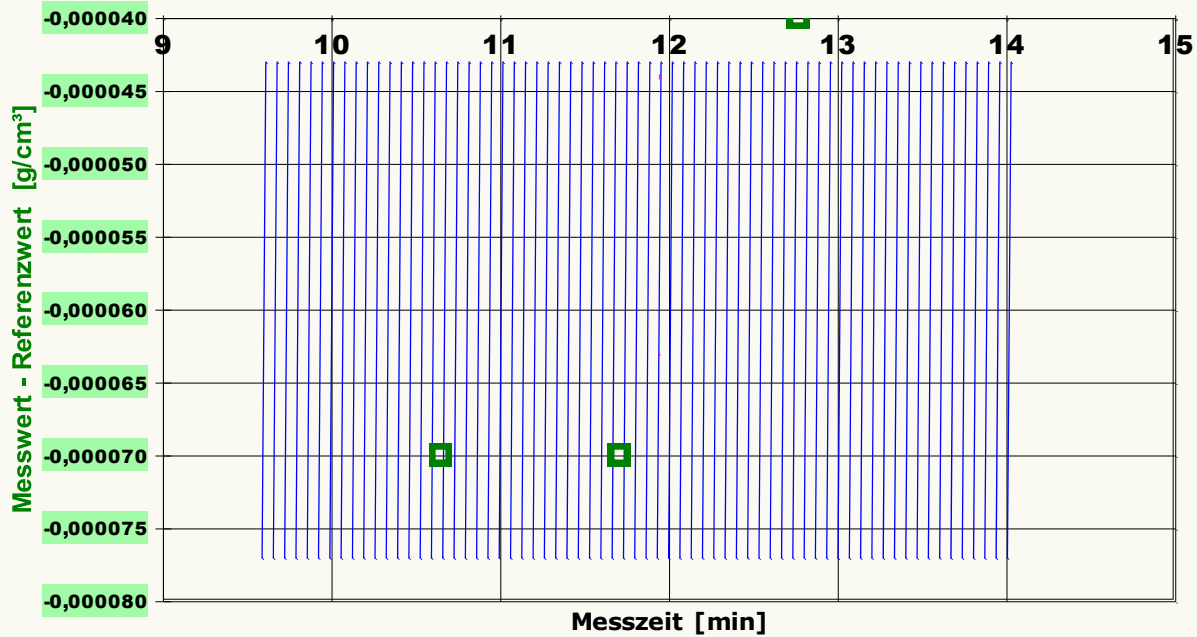
Die Übertragung der Kalibrierung ermöglicht durch den exakt ausgemessenen Flüssigkeitsdichtemesskörper ein maximales Sicherheitsniveau des Maßstabs zu erreichen - die Flüssigkeit ist beliebig. Probenmessungen und die Bestimmung der Messflüssigkeitsdichte erfolgen (normalerweise) im gleichen Flüssigkeitsgefäß und zeitnah unter vergleichbaren Umgebungsbedingungen. Die Bestimmungsgleichung der Originalflüssigkeit wird wiedergegeben, dabei wird über die angehängte Konstante der 'Offset' zwischen Soll- und Istwert herausgestellt.

• Probenhandhabung und Messtechnik

Die Gewichtsbestimmung der Probe zu $7,6532 \text{ g}$ erfolgte auf dem System am Beginn des Messablaufs; die Messunsicherheit wurde aus den Umständen der Wägung zu $66 \mu\text{g}$ bestimmt. Einsatz einer variablen Prüfkörperaufhängung. Für die Probenbefestigung werden $0,1581 \pm 0,0001 \text{ g}$ Gewicht berücksichtigt. Zur Auftriebskorrektur durch das Volumen des Probenhalters werden seine Dichte $8,894 \pm 0,001 \text{ g/cm}^3$ und sein kubischer Ausdehnungskoeffizient $48 \pm 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ mit der Bezugstemperatur 25°C herangezogen. Ein Korrekturwert zur Berücksichtigung von Meniskuskraft und Suspensionsauftrieb ist im Datenblatt mit dem Betrag $0,5 \text{ mg}$ ausgewiesen. Die Unsicherheit der Korrekturwertes trägt mit $\pm 0,05 \text{ mg}$ zur Unsicherheit der Auftriebskraft bei.

Jedem messtechnischen Größenwert ist ein Unsicherheitsbetrag zugeordnet. Die Unsicherheitsbeiträge sind von einander unabhängig und wirken sich über die Fortpflanzung der Messunsicherheit (in $u(W_1)$ und $u(W_2)$) in der Unsicherheit der Ergebnisse dieser Messung direkt aus. Der Unsicherheit aus dem Prüfmittel Waage - Beiträge zur Messunsicherheit des Probengewichts $u(W_1)$ aus dem Zustand und den Eigenschaften der Waage \Rightarrow Unsicherheitsbeiträge der Probenwägung mit Verteilungsfaktoren: Reproduzierbarkeit $u(W_{Rep.}) = 50 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, Nullpunkt der Anzeige $u(W_{\Delta zero}) = 0,10 \text{ mg} / \sqrt{3}$, Linearität der Anzeige $u(W_{\Delta Lin.}) = 7 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, Justier/Kalibrierreferenz, OIML E2, $u(W_{\Delta met.}) = 0,2 \mu\text{g} / 2$, Temperaturunterschied bei Wägung und Justierung, 1 ppm pro K, $u(W_{\Delta T_{cal.}}) = 3,8 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, Zeit seit letzter Justierung, $50 \mu\text{g/Tag}$, $u(W_{\Delta cal.}) = 22 \mu\text{g} / \sqrt{3}$. - und entsprechende Messunsicherheitsbeiträge bei der Auftriebswägung als Rückkopplung zu $u(W_2) \Rightarrow$ Unsicherheitsbeiträge der Auftriebswägung, kurz: $u(W_{\Delta Rep.}) = 50 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, $u(W_{\Delta zero}) = 0,10 \text{ mg} / \sqrt{3}$, $u(W_{\Delta Lin.}) = 4,3 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, $u(W_{\Delta met.}) = 0,32 \mu\text{g} / 2$, $u(W_{\Delta T_{cal.}}) = 2,3 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, $u(W_{\Delta cal.}) = 22 \mu\text{g} / \sqrt{3}$.

(4) Diagramm 'Messwerteabweichung' - Darstellung der berechneten Residuen:



Reference values for 'Glas, Duranglas 50' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=2.23-2.14\text{E-}5 \cdot (T - 20)$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $-6,00\text{E-}5 \pm 1,7\text{E-}5 \text{ g/cm}^3$, relative: -27 ppm at a spread of 7,6 ppm

Im Diagramm "Messwerteabweichung" wird die (temperaturkompensierte) Abweichung der einzelnen Messwerte zum Referenzwert in zeitlicher Reihe angezeigt. Bei einem gesetzmäßigen Verlauf dieser Residuen wird eine entsprechende lineare oder quadratische Regressionsgleichung ausgegeben.

Im Diagramm wird der Vergleich mit den Daten der nächstliegenden Referenz angezeigt, da für 'das Probenmaterial' kein Eintrag in der Datenbank existiert.

• **Meldungen**

Richtige Kalibriermessung? Daten zweier Flüssigkeitsdichtemessungen stehen zur Verfügung Wasser (älter, nicht gewählt) und Toluol, neuer.

Die Tabelle unten zeigt die besten Treffer in der Datenbank und deren prozentuale Abweichung zum Dichtemesswert. Einige der Referenzeinträge sind mit Zusatzinformationen versehen. Bei Mineralien werden oft die Mohs-Härte 'MH', Strichfarbe 'SF', metallischer/nichtmetallischer Glanz 'mG/nmG' und andere Angaben ausgegeben. .

• **Vergleichstabelle**

--- REFERENZ	g/cm ³	ABWEICHUNG	INFO
1. Glas, Duranglas 50 ¹	2,23	---	
2. CONTURAX® Pro ¹	2,2300	+45 ppm	@Schott AG (Datenblatt 2013)
3. DURAN® ¹	2,2300	+45 ppm	@Schott AG (Datenblatt 2013)
4. SCHOTT 8687 ¹	2,2500	+0,9%	@Schott AG (Datenblatt 2013)
5. Glas, Quarz ¹	2,2	-1,3%	
6. Quarzglas ¹	2,20	-1,3%	fused silica, Kieselglas
7. Heulandit ²	2,17	-2,7%	theo., p:2.2-2.3, SF weiss, nmG, MH 3.5-4
8. PTFE, Teflon ²	2,17	-2,7%	
9. NaCl (Kochsalz) ¹	2,161	-3,1%	Wikipedia NaCl bei 25°C, Ausdehnungskoeff. Kuchling
10. FEP/PFA ²	2,15	-3,6%	

¹Wert für 23,4°C berechnet, ²tabellierter Referenzwert. Stoffdaten nur aus dem Referenzdatenbestand

Die Liste wird in fallender Reihenfolge der Übereinstimmung aus den besten Treffern in den Einträgen der Referenzdatenbank generiert. Die Vergleichsdaten werden in der Präzision der jeweiligen Eintragsangabe formatiert und die relative Abweichung zum Angabewert der Messung angegeben.

Temperaturangaben beziehen sich auf die Skala der ITS-90. **Standardabweichungen:** Verschiedentlich werden Regressionsfunktionen mit Standardabweichungen bzw. Varianzen qualifiziert. Diese Angaben werden berechnet aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu jeweils berechneten Funktionswerten dividiert durch die Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet, werden für ±(Standardmess-)Unsicherheiten einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben, d.h. die Überdeckung betrifft 67% normalverteilter 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 cfr.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 26, Datenbank imeter-Beispiele) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. enthalten

nachfolgend ausgegebene Informationen, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'standard-il'), verschieden detaillierte Begleitinformationen, wie die Angaben zur Ausführung der Messung, den Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittelüberwachung.

Programm

Data created during execution of the IMPro "DichteFKStd", type 9/34. Der Versuch wurde programmgemäß ausgeführt.

Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (BP221S) wurde 10,7 Stunden vor dieser Messung von Michael Breitwieser justiert.

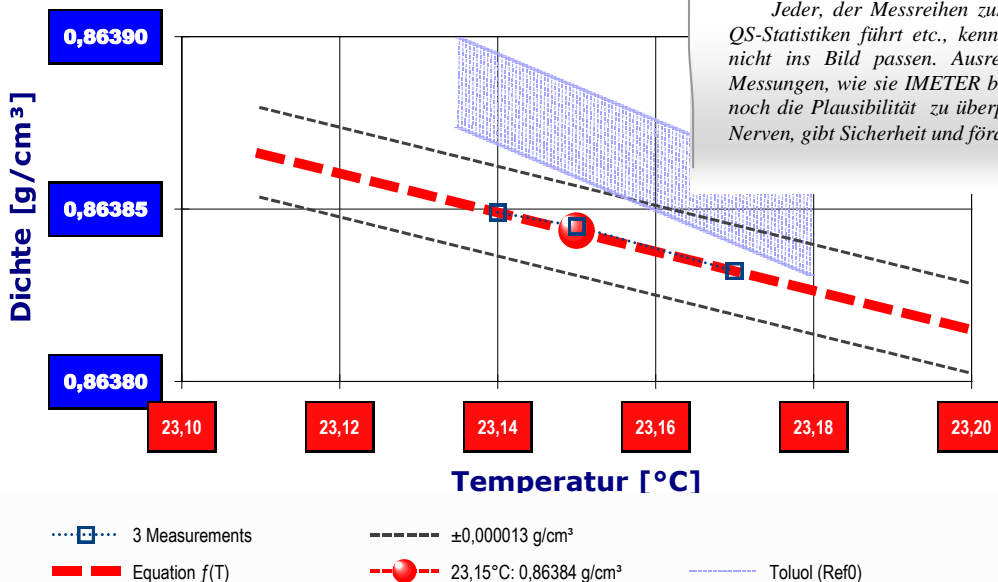
IMETER ID081007074: Technische Daten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse ρ_{cal} 8,000 g/cm³, Luftdichte ρ_a 1,112 kg/m³; Schwerebeschleunigung g 9,80769 m/sec².

Report created by IMETER



„Der automatische Bericht präsentiert die Datenlage und führt eine (Vor-)Interpretation aus. Die Tabellendaten sind in Spalten Tab-separiert und können somit sehr einfach z.B. in Excel weiteranalysiert werden.

Jeder, der Messreihen zusammenfasst, forscht, auswertet, QS-Statistiken führt etc., kennt den Fall, dass manche Werte nicht ins Bild passen. Ausreißer? Die Dokumentation von Messungen, wie sie IMETER bietet, erlaubt es, sehr viel später noch die Plausibilität zu überprüfen. Das spart Zeit, Geld und Nerven, gibt Sicherheit und fördert Entdeckungen.



Im Diagramm ist das Ergebnis der Dichtebestimmung an der verwendeten Messflüssigkeit abgebildet. Auf dieses wird in der Ermittlung der Messunsicherheit Bezug genommen wird - von hier kommen zwei Freiheitsgrade, die Unsicherheit $u(\rho_{Fl})$ und der Offset (-0.0003 g/cm³).



Messtechnik - nachhaltig zusammengefasst

Intelligenter messen.

- ◆ [Feststoff- und Flüssigkeitsdichte](#), Ausdehnungskoeffs.
- ◆ [Grenz-, Oberflächenspannung und ~Energie](#)
- ◆ [Viskosität, Rheologie, Konsistenz, Textur](#)
- ◆ [\(Aus-\)Härtungszeit, Porosität, Sorptivität](#) u.v.a.
- ◆ [freie und spezifische Automationen](#)

©2017 IMETER/MSB Breitwieser MessSysteme

Verantwortung: Michael Breitwieser,

Morellstrasse 4, D-86159 Augsburg

Tel. (+49/0)821/706450, Fax (0)821/7473489

www.imeter.de

IMETER - Dienstleistungen:
www.imeter.de/adienstleistungen.html

Probieren Sie's einfach!