



Messung der *Feststoffdichte*

an Pulvern, Granulaten, Pasten, Flüssigkeiten

oder auch *von kleinen Proben* und Artefakten

Die hydrostatische Dichtemessung kann mit IMETER nach unterschiedlichen Verfahren gestaltet werden. Die übliche Hardware des IMETER-Systems erlaubt – wie in diesem Beispiel vorgestellt – sogar die Dichtemessung an relativ kleinen Körpern. In diesem Fall, da eine relative Messunsicherheit um 0.1% erreicht wird, ist die sonst langwierige Temperierung nicht erforderlich und die Messung ist sehr schnell ausführbar. Das Probenvolumen beträgt weniger als 0.1 cm³!

So kann das Verfahren zu einer schnellen Materialidentifikation oder in der Qualitätskontrolle zur Prüfung auf Herstellungs- oder Verarbeitungsfehler an sehr kleinen Formteilen einfach und schnell ausgeführt werden.

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. Variabel 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° 16094 - Density of Solids

Title: **Messingröhrchen**

Remarks: Messung kleiner Volumen - Ein kleines Rohr aus Messing vom weniger als 0.1mL Volumen.

Result: $\rho_{22,9^{\circ}\text{C}} = 8,440 \pm 0,008 \text{ g/cm}^3$

Messing-Röhrchen measured in 'Diiodmethane' (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 Diiodmethane, 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 fünf 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 - Messing-Röhrchen

- Angaben für $\vartheta = 22,93 \pm 0,005^{\circ}\text{C}$, Luftdichte bei der Probenwägung $\rho_a = 1,10707 \pm 0,0011 \text{ kg/m}^3$ -

Dichte, spezifische Masse	ρ	8,440	$\pm 0,0077$	g/cm^3	0,91%
Probenvolumen	V	0,0761	$\pm 0,00081$	cm^3	1,1%
Masse der Probe	m	0,64222	$\pm 0,00020$	g	0,31%
Wägewert, Probengewicht	W	0,64222	$\pm 0,00020$	g	

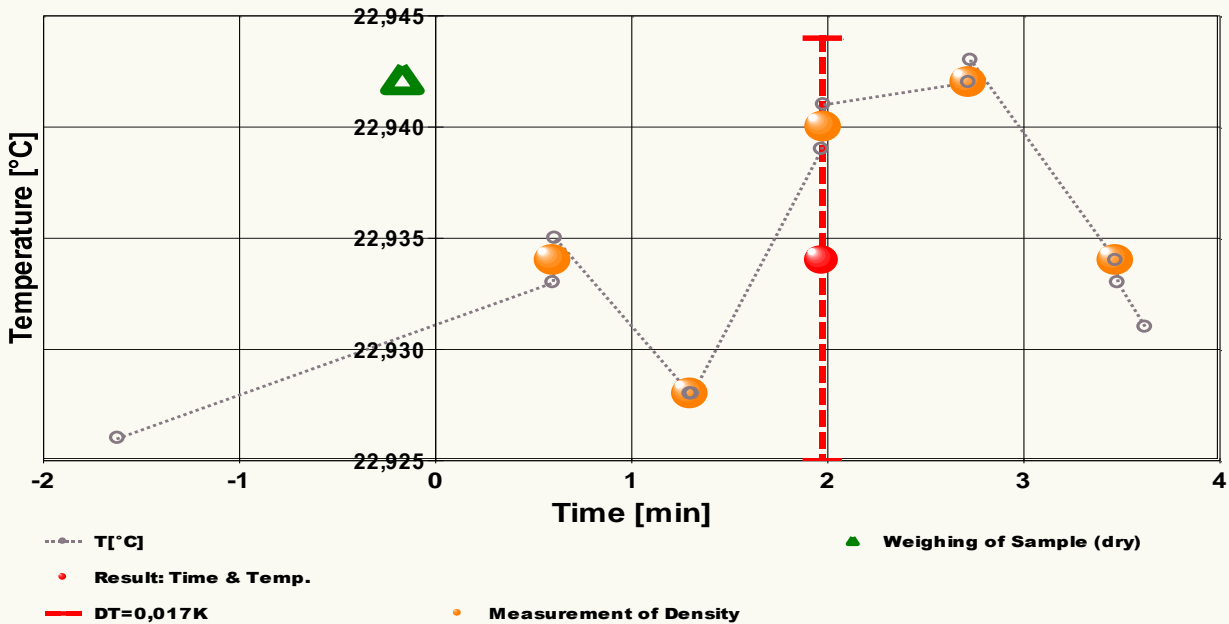
relative Dichte	Q_4^9	8,440	---	Q_{20}^9	8,455
spezifisches Volumen	v_s	0,1185	cm^3/g		
- Weitere Stoff- und Körpermaßeinheiten zu $\rho_a = 1.20 \text{ kg/m}^3$ und $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ -					
konventioneller Wägewart	W_k	0,64223	g		
Gewichtskraft	G	6,3002	mN		6,2981 p
Wichte, spez. Gewicht	γ	82,80	N/cm³		82,77 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 'Wägewart' wird der Gewichtswert angegeben, den die Waage unter der angegebenen Luftdichte anzeigt. Der Unterschied von Wägewart und Masse vergrößert sich mit der Luftdichte umso stärker, je mehr die Dichte der Probe von der Dichte des Justiergewichts der Waage abweicht. Hier besteht kein Unterschied von Masse und Wägewart, die Probe hat nahezu die Dichte des Justiergewichts. Für die Angabe des 'konventionellen Wägewartes', der 'Gewichtskraft' und der 'Wichte' $\gamma = Q \cdot g / 9.80665$ ('Pond': $1 \text{ p} = 9.80665 \text{ mN}$) 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 $4,879 \text{ oz/in}^3$. Im Folgenden erhalten Sie Beschreibungen zu den Einzelheiten der durchgeführten Messung.

❖ Fünf Dichtemesswerte

Gesamtdauer der Aufzeichnungen in der Messung vier Minuten; Temperaturänderung im Bereich von 22,926 bis 22,943°C.

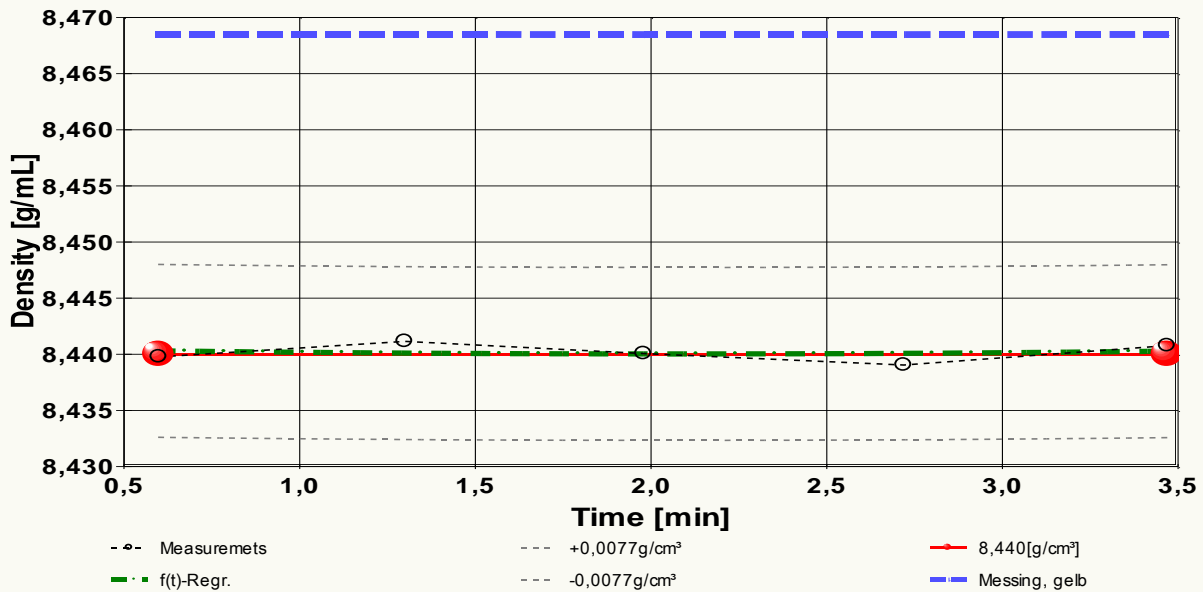
(1) Diagramm 'T(t)' - zur Temperatur im Verlauf der Messung:



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

(2) Diagramm 'roh(t)' - Dichtemesswerte in zeitlicher Reihenfolge:



Im Diagramm "roh(t)" sind die einzelnen Messwerte als Kreissymbole in zeitlicher Sequenz abgebildet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Unsicherheitsbereich in Form gestrichelter Linien eingezeichnet. Bei isothermen Bedingungen und längeren Messzyklen können Verläufe beobachtet werden, die die Stabilität der Probe oder der Messbedingungen zur Anzeige bringen.

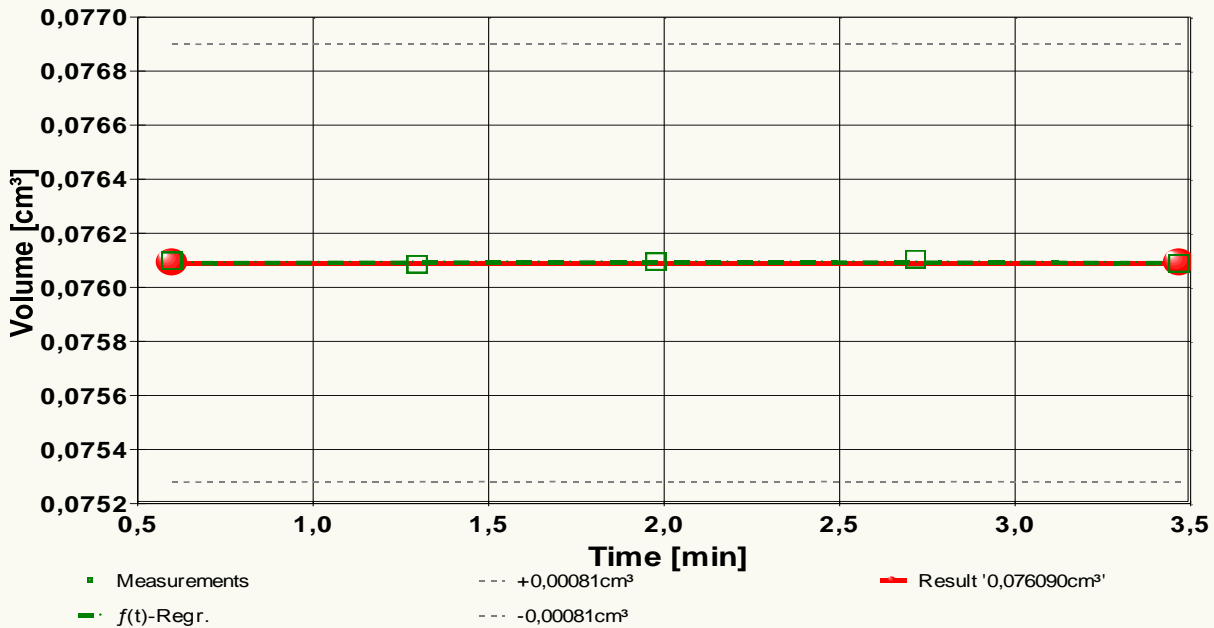
(3) Datentabelle - Zusammenstellung der Roh- und Ergebniswerte:

N°	t [min]	θ [°C]	ρ _{Fl} [g/cm³]	Q _{Probe} [g/cm³]	V _{Probe} [cm³]	Δt _{Akau.} [s]	ΔT [K]	ΔQ _{Probe} [g/cm³]	N
1.	0,6	22,934	3,31261	8,4398	0,07609	0,6	0,004	-8,3E-3	2
2.	1,3	22,928	3,31262	8,4412	0,07608	0,6	-0,002	-6,4E-3	2
3.	2,0	22,940	3,31259	8,4401	0,07609	0,6	0,000	-2,3E-3	2
4.	2,7	22,942	3,31259	8,4390	0,07610	0,6	0,002	-9,9E-4	2
5.	3,5	22,934	3,31261	8,4408	0,07608	0,6	0,004	-2,7E-3	2

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 Probedichte 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_{Akau.}, 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_{Akau.} 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.

❖ Chronologische Entwicklung des Probenvolumens

(4) Diagramm 'abs. Volumen' - Volumen der Probe :



Die Darstellung "abs. Volumen" zeigt die einzelnen Messwerte zum jeweils berechneten Volumen der Probenmenge. Neben den als Quadrate eingetragenen Volumenwerten ist der Verlauf der Ausgleichsfunktion und der Messunsicherheit des Volumens durch gestrichelte Linien abgebildet. Der im Ergebnis ausgewiesene Ergebniswert zum Volumen ist als Kugel eingetragen.

Mittelwert und Standardabweichung der einzelnen Messwerte zu Körper- bzw. Probenvolumen ergeben:

$$\sigma_V = 8,56 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3, \sigma_{Vrel} = 1,0 \text{ ppm}, \sigma_{VM} = 4,3 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3.$$

Die erweiterte Messunsicherheit für das Probenvolumen beträgt $8,1 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3$ - den 108fachen Wert von σ_V .

❖ Zusammenfassung zur Messunsicherheit der Einzelwerte

Messunsicherheit der Dichte - aus der Fortpflanzung der Messunsicherheiten der Eingangsgrößen

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

i	X_i	x_i	$u(x_i)$	c_i		$c_i \cdot u(x_i) [\text{g/cm}^3]$	ν_i	
1	W_1	g	0,642220	$9,87 \cdot 10^{-5}$	-20,3	$1/\text{cm}^3$	$-2,01 \cdot 10^{-3}$	∞
2	W_2	g	0,39021	$8,23 \cdot 10^{-5}$	33,5	$1/\text{cm}^3$	$2,75 \cdot 10^{-3}$	4
3	ρ_a	g/cm^3	0,0011071	$1,10 \cdot 10^{-6}$	-1,55	---	$-1,70 \cdot 10^{-6}$	∞
4	ρ_{Fl}	g/cm^3	3,312608	$3,35 \cdot 10^{-5}$	2,55	---	$8,53 \cdot 10^{-5}$	6
Y	ρ_{Probe}	g/cm^3	8,440	$u(y) = \sqrt{(\sum c_i \cdot u(x_i))^2} =$		$3,41 \cdot 10^{-3}$	$\nu_{\text{eff}} = 9$	

Angabe der erweiterten Messunsicherheit U_ρ aus der kombinierten Standardmessunsicherheit (u_ρ $3,41 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$) mit dem Erweiterungsfaktor $k_{0,95} = 2,26$. Die Werte der Probendichte liegen in der Regel mit einer angenäherten Wahrscheinlichkeit von 95% im Überdeckungsintervall $\pm 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ bzw. im Bereich $\pm 0,91\%$ des Messwertes.

Die verwendeten Symbole entsprechen der Nomenklatur des 'GUM' (JCGM 100:2008). Die aufgeführten Eingangsgrößen werden als normalverteilt behandelt. Es bedeuten W_1 das Symbol für die Zufallsvariable X_1 des Wägewerts der Probe; ihr Wert beträgt x_1 g mit der beigeordneten Standardunsicherheit $u_1(x)$. Der Sensitivitätskoeffizient c_1 wird aus der partiellen Ableitung der Modellgleichung (Gl.1) nach X_1 mit der Variablen x_1 berechnet. Die Wurzel der summierten Varianzen u_{c_i} liefert die kombinierte Standardmessunsicherheit der Feststoffdichte ($Y_{\rho_{\text{Probe}}}$). W_2 steht für die Auftriebswägungen in der Flüssigkeit. Für die Berechnung von x_2 wird der Mittelwert der Wägungen eingesetzt. Die Standardunsicherheit $u_2(x)$ wird aus der Messunsicherheit der Waage und Unsicherheit der bei der Auftriebswägung aufgezeichneten Schwankungen der Auftriebskraft bestimmt. Die Anzahl der separaten Auftriebswägungen legt die Angabe der Freiheitsgrade ν_2 fest (Anzahl - 1 = 4). 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 $k_{0,99}$ wird der Faktor 3,25 erhalten; Dichtewerte liegen mit nahe 99%iger Wahrscheinlichkeit im Überdeckungsintervall $\pm 0,011 \text{ g/cm}^3$.

Messunsicherheit der Masse - gemäß der Grundgleichung:

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

i	X_i	x_i	$u(x_i)$	c_i		$c_i \cdot u(x_i) [\text{g}]$	ν_i	
1	W_1	g	0,64222	$9,87 \cdot 10^{-5}$	1,00	---	$9,87 \cdot 10^{-5}$	-
2	ρ_a	g/cm^3	0,0011071	$1,10 \cdot 10^{-6}$	$-4,19 \cdot 10^{-3}$	cm^3	$-4,61 \cdot 10^{-9}$	-
3	ρ_{cal}	g/cm^3	8,000	$8 \cdot 10^{-3}$	$1,11 \cdot 10^{-5}$	cm^3	$8,89 \cdot 10^{-8}$	-
4	ρ_{Probe}	g/cm^3	8,440	$3,41 \cdot 10^{-3}$	$-9,98 \cdot 10^{-6}$	cm^3	$-3,40 \cdot 10^{-8}$	-
Y	m_{Probe}	g	0,64222	$u(y) = \sqrt{(\sum c_i \cdot u(x_i))^2} =$		$9,87 \cdot 10^{-5}$	$\nu_{\text{eff}} =$	-

Angabe der erweiterten Messunsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$. Die Masse der Probe m_{Probe} wird zu $0,64222 \pm 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ g}$ bestimmt. Die relative Messunsicherheit beträgt 0,31‰.

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

$$u(V_{\text{Probe}}) = \sqrt{(u(m_{\text{Probe}}) / \rho_{\text{Probe}})^2 + (-m_{\text{Probe}} \cdot u(\rho_{\text{Probe}}) / \rho_{\text{Probe}}^2)^2} = 0,00040 \text{ cm}^3 \quad (\text{Gl.3})$$

Die erweiterte Messunsicherheit des Probenvolumens wird mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ angegeben, sie beträgt $0,00081 \text{ cm}^3$ bzw. relativ $1,1\%$.

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

❖ Zur Dichte der Messflüssigkeit

Messflüssigkeit 'Diiodmethane': experimentell zuvor bestimmt in Messung IDN°16093. Durch die so erfolgte Übertragung, sind die hier gemessenen Werte der Probendichte an das Dichtemessnormal Ref.N°7044 von der Flüssigkeitsdichtebestimmung angeschlossen. Die Flüssigkeitsdichte ρ_{Fl} wurde gemäß folgender Bestimmungsgleichung zur jeweiligen Temperatur ϑ berechnet:

$$\rho_{\text{Fl}} = f(\vartheta[\text{°C}]) = (3.3748 - 270.96 \cdot \vartheta / 1\text{E}5) - 0,00005 \quad (\text{Gl.4})$$

Beiträge zur Unsicherheit der Flüssigkeitsdichte $u(\rho_{\text{Fl}})$ wurden aus 7 Einzelmesswerten der Flüssigkeitsdichte bezogen ($u(\rho_{\text{L,Equ.}}) = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$) sowie aus der Messunsicherheit der Temperatur ($u(\rho_{\text{L,Temp.}}) = 1,06 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$) bestimmt und belaufen sich damit auf $3,35 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$.

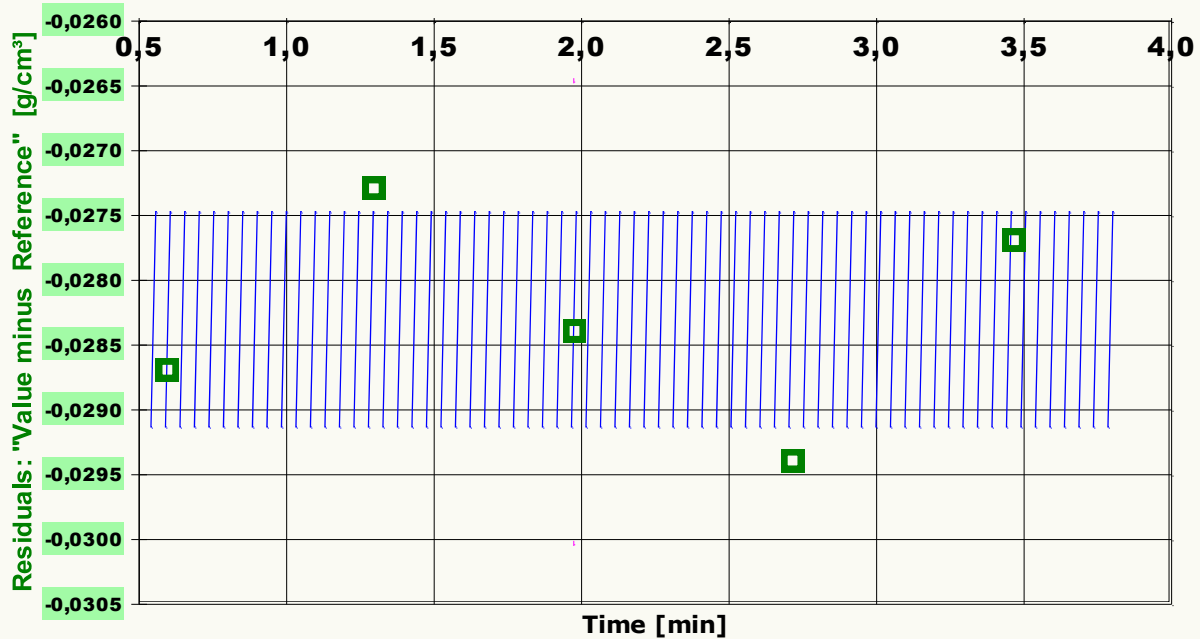
Die Übertragung der Kalibrierung ermöglicht durch den exakt ausgemessenen Flüssigkeitsdichtemesskörper ein maximales Sicherheitsniveau des Maßstabs zu erreichen - die Flüssigkeit ist beliebig. Probenmessungen und die Bestimmung der Messflüssigkeitsdichte erfolgen (normalerweise) im gleichen Flüssigkeitsgefäß und zeimahr 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 $0,64222 \text{ g}$ erfolgte auf dem System am Beginn des Messablaufs; die Messunsicherheit wurde aus den Umständen der Wägung zu $98,7 \mu\text{g}$ bestimmt. Der Auftrieb der Probe wurde unmittelbar und ohne weitere Hilfsmittel wie Behälter oder Probenträger gemessen - der Prüfkörper wurde direkt mit einer Suspension verbunden. Ein Korrekturwert zur Berücksichtigung von Meniskuskraft und Suspensionsauftrieb ist im Datenblatt mit dem Betrag $0,45 \text{ mg}$ ausgewiesen. Die Unsicherheit des Korrekturwertes trägt mit $\pm 0,03 \text{ mg}$ Gewicht zur Unsicherheit des Probenauftriebs bei.

Jedem messtechnischen Größenwert ist ein Unsicherheitsbetrag zugeordnet. Die Unsicherheitsbeiträge sind voneinander 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. Nachfolgend sind die Unsicherheitsbeiträge aus Zustands- und Eigenschaftsdaten der Waage zusammengefasst - Messunsicherheit des Probengewichts $u(W_1)$: \Rightarrow Unsicherheitsbeiträge der Probenwägung mit Verteilungsfaktoren: Nullpunkt der Anzeige $u(W\delta_{\text{zero}}) = 0,10 \text{ mg} / \sqrt{3}$, registrierte Schwankung bei der Ablesung $u(W\Delta_W) = 80 \mu\text{g}$, Linearität der Anzeige $u(W\delta_{\text{Lin.}}) = 0,58 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, Justier/Kalibrierreferenz, OIML E2, $u(W\delta_{\text{mcal.}}) = 2,3 \mu\text{g} / 2$, Temperaturunterschied bei Wägung und Justierung, 1 ppm pro K , $u(W\Delta_{\text{Tcal.}}) = 0,32 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, Zeit seit letzter Justierung, $50 \mu\text{g/Tag}$, $u(W\Delta_{\text{cal.}}) = 0,31 \mu\text{g} / \sqrt{3}$. - und entsprechende Messunsicherheitsbeiträge bei der Auftriebswägung als Rückkopplung zu $u(W_2)$ \Rightarrow Unsicherheitsbeiträge der Auftriebswägung, kurz: $u(W\delta_{\text{Rep.}}) = 50 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, $u(W\delta_{\text{zero}}) = 0,10 \text{ mg} / \sqrt{3}$, $u(W\Delta_W) = 92 \mu\text{g} / \sqrt{5}$, $u(W\delta_{\text{Lin.}}) = 0,35 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, $u(W\delta_{\text{mcal.}}) = 3,8 \mu\text{g} / 2$, $u(W\Delta_{\text{Tcal.}}) = 0,2 \mu\text{g} / \sqrt{3}$, $u(W\Delta_{\text{cal.}}) = 0,31 \mu\text{g} / \sqrt{3}$.

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



Reference values for 'Messing, gelb' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=8.47-5.158\text{E-}4 \cdot (T - 20)$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $-0,0283 \pm 8,3\text{E-}4 \text{ g/cm}^3$, relative: $-3,4\%$ at a spread of 98 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 'Messing-Röhrchen' kein Eintrag in der Datenbank existiert.

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. Bei Metallen und Legierungen werden ggf. kurze Zusatzinformationen mitgeliefert, wie 'M' = E-Modul [kp/mm²], 'Ts' Schmelztemperatur [°C], 'wLF' Wärmeleitfähigkeit [cal/cm s K], 'k' linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient [1E-6/K], 'sW' spezifische Wärme [cal/K g], 'eLF' elektrische Leitfähigkeit [m/Ohm mm²], 'RkT' Temperaturkoeff. des elektrischen Widerstands [1/K]..

Vergleichstabelle

--- REFERENZ	g/cm³	ABWEICHUNG	INFO
1. Messing, gelb ¹	8,47	+3,3%	
2. Manganin ¹	8,4	-4,9%	
3. Messing ¹	8,5	+0,7%	*M 9000. Ts 910. wLF 0,22. k 19. sW 0,093. eLF 16. RkT ...
4. Niob ¹	8,57	+1,5%	*M 16000. Ts 2415. wLF -. k 7. sW 0,0065. eLF 7,7. RkT ...
5. Monelmetall ¹	8,58	+1,6%	*M 15900. Ts 1320-1350. wLF 0,06. k 14. sW 0,12. eLF 1,...
6. Beryllium-Kupfer 25 ¹	8,23	-2,5%	
7. Messing, weiss ¹	8,2	-2,9%	
8. 36% Ni-Stahl ¹	8,13	-3,7%	*M 14500. Ts 1450. wLF 0,025. k 0,9. sW 0,123. eLF -. R...
9. Stahl, Nickel ¹	8,13	-3,7%	
10. Zinnober ²	8,1	-4,0%	SF rot, nmG aber auch auch mG, MH 2 - 6,5

¹Wert für 22,934°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 \pm (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 16094, Datenbank imeterData34) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. enthalten nachfolgend ausgegebene Informationen, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'standard-i1'), verschieden detaillierte Begleitinformationen, wie die Angaben zur Ausführung der Messung, den Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittelüberwachung.

Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZA224) wurde 0,2 Stunden vor dieser Messung von J. Hänig justiert.

IMETER ID23903733: Technische Daten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse ρ_{cal} 8,000 g/cm³, Luftdichte ρ_a vgl. Tabelle unten; Schwerebeschleunigung g 9,80769 m/sec². Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001[K], Messunsicherheit $\pm 0,0051$ [K], R^0 100,0018[Ohm], AutoCal 30[min] (BN^o2, -25/150°C, 4S, FS15, Offset: -0,0226). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.1.10, LizenzN^o *3037-4759*, Windows 6.2- Betriebssystem auf PC Ser.N^o6995684 (C, SSD).

meteorologische Angaben, Luftdichte:

Time [min]	ϕ [%]	T_a [°C]	p_a [kPa]	ρ_{air} [kg/m ³]
0,2	46,775	26,50	95,8106	1,10707

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 Ablesungen wurden automatisch durch das i-SIF ausgeführt.

Nachträgliche Anmerkung(en):

Kommentar: < **Kleinvolumige Proben => geringere Messauflösung aber schnelle Messung, Temperierung unkritisch.**

"Kommentare" sind freie Texte, die der Operator zur Dokumentation der Messung hinzufügt.

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.



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!