

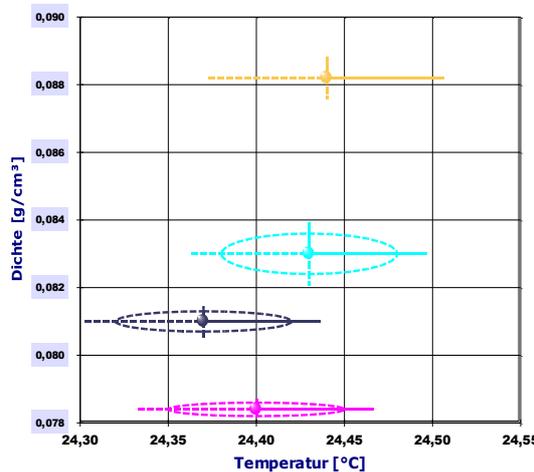
**Methode Nr.9**  
**IMETER M8 - "Feststoffdichte und Volumen"**

# Messung der Feststoffdichte: Einfache Messung an Schaumstoff (*EPS, Styropor®*)

In diesem Beispiel wird ein einfach handhabbares IMETER-Verfahren zur hydrostatischen Dichtemessung eingesetzt. Die Probe wird im Dialog mit dem Gerät auf einen Probenhalter gespießt und automatisch gewogen, in der Flüssigkeit mehrmals untergetaucht und wieder herausgehoben. So wird nebenbei noch erfahren, ob die Probe Flüssigkeit aufnimmt. Die einfache Handhabung eignet sich für schnell ausführbare Messungen im QS- bzw. Produktionsumfeld.

Der Anwender hat nichts Kompliziertes zu tun. Die Steuerung versteht die *Gesten* und misst im Hintergrund und quasi nebenbei allerhand Einflussgrößen, auch um die Messunsicherheit der Ergebnisse zu bestimmen.

*Diagramm: Vergleich verschiedener Messungen an härterem EPS, wobei die Proben von einem einzigen Formkörper stammten und an verschiedenen Stellen entnommen wurden. Sie zeigen, in welchem Ausmaß der Formkörper hinsichtlich seiner Dichte (und der lokalen mechanischen Festigkeit) inhomogen ist.*



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.



IMETER V.5.5 rev.26  
automatic Report (D834E5M16312B), IMETER / MSB Breitwieser, Augsburg

## ID N° 15856 - Density of Solids

Title: **Styropor, natur, weiss ("hart-steifes EPS")**

Remarks:

kompaktes Probenstück an Vorlastkörper aufgespießt. Test, ob eine Wasseraufnahme stattfindet.

Result:  $Q_{24,940^{\circ}\text{C}} = 0,030770 \pm 0,000004 \text{ g/cm}^3$   
Styropor-s measured in 'Wasser' (calibration transfer)

## Report

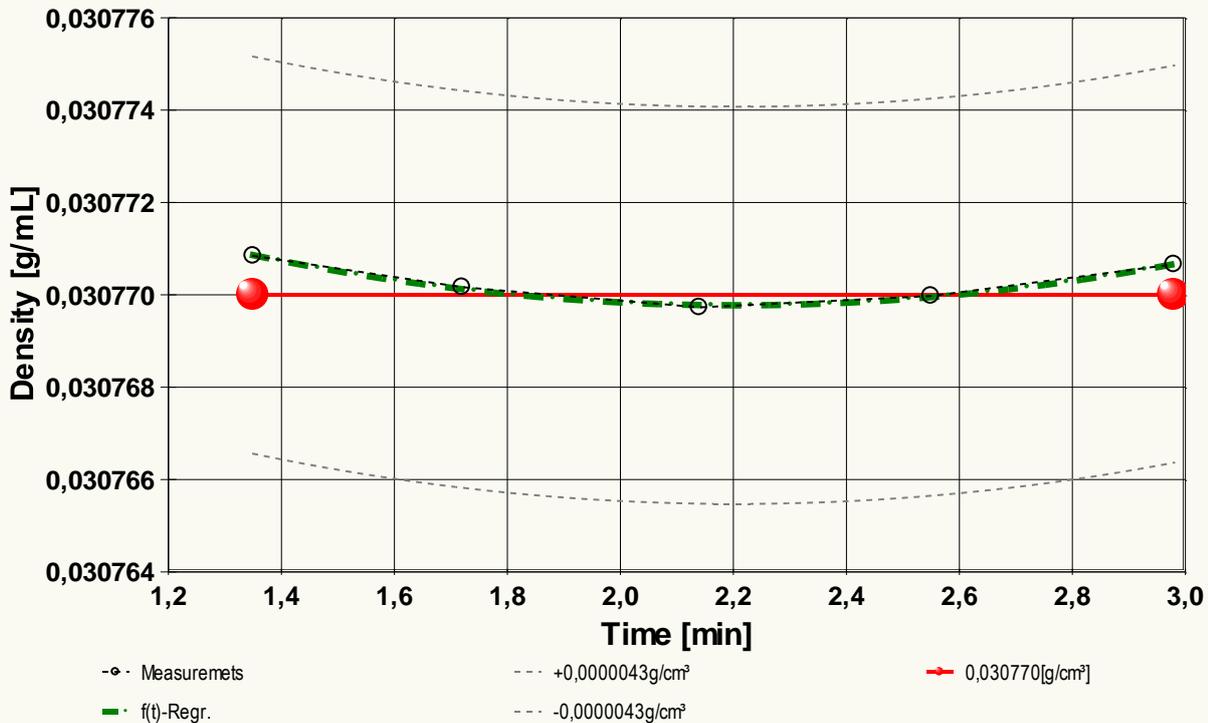
**Messprinzip:** Die Dichtebestimmung beruht auf der Messung von Masse und Volumen. Die Volumenbestimmung erfolgt dabei durch die hydrostatische Methode als Auftriebswägung. Diese basiert darauf, dass ein in einer Flüssigkeit untertauchender Körper um so viel leichter erscheint, wie die seinem Volumen entsprechende Flüssigkeitsmenge wiegt. Die Dichte der Flüssigkeit, hier Wasser, 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.



Das ausgegebene Messergebnis der Dichte wurde aus dem Mittelwert der fünf Einzelergebnisse gebildet. Die Standardabweichung  $\sigma_0$  beträgt  $4,7 \cdot 10^{-7} \text{ g/cm}^3$  und die Standardabweichung des Mittelwertes  $\sigma_{M0}$   $2,1 \cdot 10^{-7} \text{ g/cm}^3$ . Die empirische Streuung  $\sigma_e$  ist viel kleiner als die erweiterte Standardmessunsicherheit  $U_0$   $4,3 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$ .

**Bearbeitungshinweis:** Die viel geringere  $\sigma_0$  kann ein Hinweis darauf sein, dass eingehende Messunsicherheiten evtl. mit kleinerer Toleranz angegeben werden können.

**(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:**

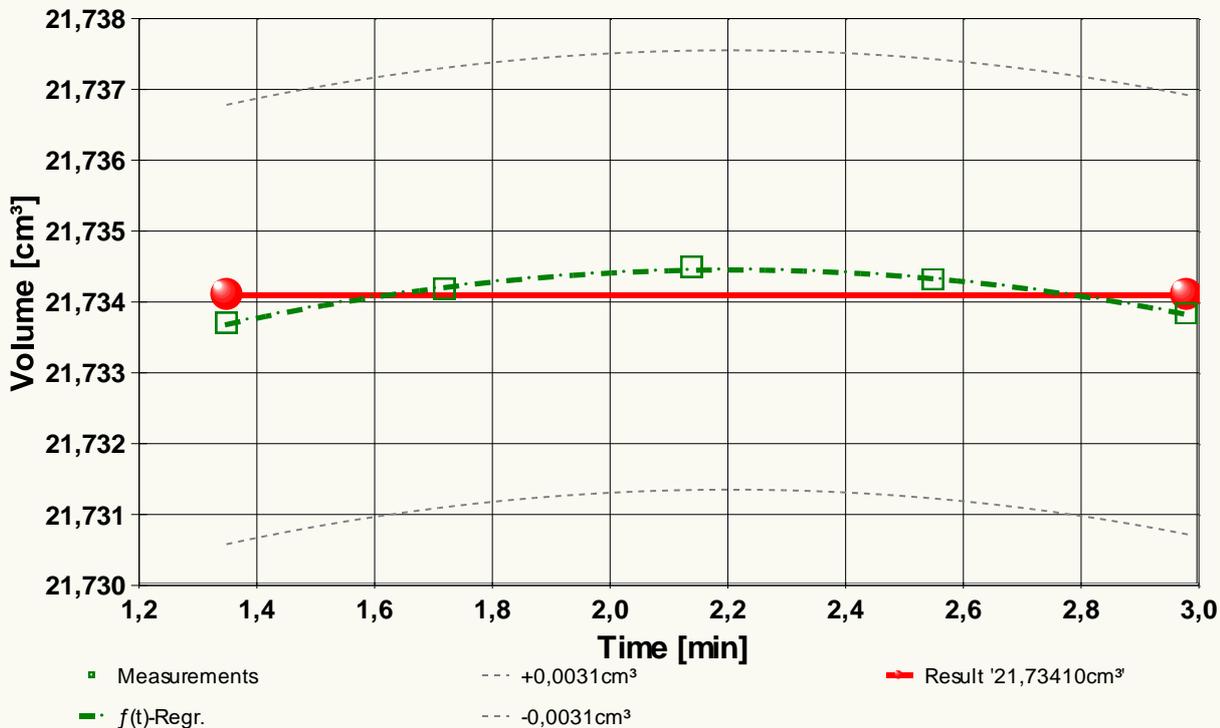
N°	t	θ	ρ <sub>Fl</sub>	Q <sub>Probe</sub>	V <sub>Probe</sub>	Δt <sub>Akqu.</sub>	ΔT	ΔQ <sub>Probe</sub>	N
[min]	[°C]	[g/cm³]	[g/cm³]	[cm³]	[s]	[K]	[g/cm³]		
1.	1,2	24,924	0,99746	0,0307708	21,7337	7,2	0,024	1,1E-5	11
2.	1,6	24,960	0,99745	0,0307702	21,7342	6,6	0,010	9,3E-6	11
3.	2,0	24,961	0,99745	0,0307697	21,7345	7,2	0,001	9,7E-6	11
4.	2,4	24,960	0,99745	0,0307700	21,7343	6,6	0,000	9,4E-6	11
5.	2,9	24,955	0,99745	0,0307707	21,7338	6,6	-0,005	8,6E-6	11

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<sub>Fl</sub>**, die zugehörige Dichte von " in g/cm³, die den Maßstab der Messung darstellt. Die dazu ermittelte Probendichte **Q<sub>Probe</sub>** 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<sub>Akqu.</sub>**, die in Sekunden angegeben ist. Im selben Zeitraum kann sich die Temperatur ändern (Angabe **ΔT** in Temperaturgraden) und auch die Dichte der Probe **ΔQ<sub>Probe</sub>** (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<sub>Akqu.</sub>** 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.

**Bearbeitungshinweis:** Die Tabelle kann zur Weiterbearbeitung per "paste und copy" sehr einfach z.B. nach Excel transferiert werden. Ebenso die Daten, die in ungekürzter Präzision hinter den Diagrammen stehen. Sie können aus dem Diagrammfenster geordnet und als Zahlenwerte (und/oder als Bild) einfügbar in die Zwischenablage übernommen werden.

• 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:

$$\sigma_V = 2,98 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3, \sigma_{Vrel.} = 0,97\text{‰}, \sigma_{VM} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3.$$

Die erweiterte Messunsicherheit für das Probenvolumen beträgt  $3,1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$  - den neunfachen Wert von  $\sigma_V$ .

• Zusammenfassung zur Messunsicherheit der Einzelwerte

Messunsicherheit der Dichte - aus der Fortpflanzung der Messunsicherheiten der Eingangsgrößen

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

i	$X_j$	$x_j$	$u(x_j)$	$c_j$		$c_j \cdot u(x_j) [\text{g/cm}^3]$	$\nu_j$	
1	$W_1$	g	0,644200	$4,09 \cdot 10^{-5}$	0,0446	$1/\text{cm}^3$	$1,83 \cdot 10^{-6}$	$\infty$
2	$W_2$	g	-21,0129	$3,36 \cdot 10^{-4}$	$1,37 \cdot 10^{-3}$	$1/\text{cm}^3$	$4,60 \cdot 10^{-7}$	4
3	$\rho_a$	$\text{g/cm}^3$	0,0011358	$1,10 \cdot 10^{-6}$	0,97	---	$1,07 \cdot 10^{-6}$	$\infty$
4	$\rho_{Fl}$	$\text{g/cm}^3$	0,997452	$1,20 \cdot 10^{-5}$	0,0297	---	$3,58 \cdot 10^{-7}$	9
Y	$\rho_{Probe}$	$\text{g/cm}^3$	0,030772	$u(y) = \sqrt{(\sum c_j \cdot u(x_j))^2} =$		$2,20 \cdot 10^{-6}$	$\nu_{eff}$	$> 100$

Angabe der erweiterten Messunsicherheit  $U_o$  aus der kombinierten Standardmessunsicherheit ( $u_o$   $2,20 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$ ) mit dem Erweiterungsfaktor  $k_{95} = 1,96$ . Die Werte der Probendichte liegen in der Regel mit einer angenäherten Wahrscheinlichkeit von 95% im Überdeckungsintervall  $\pm 4,3 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$  bzw. im Bereich  $\pm 0,14\text{‰}$  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  $u_c$  liefert die kombinierte Standardmessunsicherheit der Feststoffdichte ( $Y \rho_{Probe}$ ).  $W_2$  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  $\nu_2$  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  $\rho_a$  steht für die Luftdichte; ihr zugehöriger Größenwert  $x_3$  und  $u_3(x)$  wurde zur Messung angegeben. Das Symbol  $\rho_{Fl}$  steht für die Dichte der Messflüssigkeit. Der für  $\rho_{Fl}$  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 ( $\nu_{eff}$ ) 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 2,58 erhalten; Dichtewerte liegen mit nahe 99%iger Wahrscheinlichkeit im Überdeckungsintervall  $\pm 5,7 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$ .

**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>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub></i>	<i>u(x<sub>i</sub>)</i>	<i>c<sub>i</sub></i>		<i>c<sub>i</sub> · u(x<sub>i</sub>) [g]</i>	<i>v<sub>i</sub></i>		
1	<i>W<sub>1</sub></i>	g	0,64420	4,09 · 10 <sup>-5</sup>	1,04	---	4,25 · 10 <sup>-5</sup>	-	
2	<i>ρ<sub>a</sub></i>	g/cm <sup>3</sup>	0,0011358	1,10 · 10 <sup>-6</sup>	22,5	cm <sup>3</sup>	2,47 · 10 <sup>-5</sup>	-	
3	<i>ρ<sub>cal</sub></i>	g/cm <sup>3</sup>	8,000	8 · 10 <sup>-3</sup>	1,19 · 10 <sup>-5</sup>	cm <sup>3</sup>	9,50 · 10 <sup>-8</sup>	-	
4	<i>ρ<sub>Probe</sub></i>	g/cm <sup>3</sup>	0,030772	2,20 · 10 <sup>-6</sup>	-0,833	cm <sup>3</sup>	-1,83 · 10 <sup>-6</sup>	-	
<i>Y</i>		<i>m<sub>Probe</sub></i>	g	0,66879	<i>u(y) = √(∑(c<sub>i</sub> · u(x<sub>i</sub>))<sup>2</sup>) =</i>		4,92 · 10 <sup>-5</sup>	<i>v<sub>eff</sub></i>	-

Angabe der erweiterten Messunsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$ . Die Masse der Probe  $m_{\text{Probe}}$  wird zu  $0,66879 \pm 9,8 \cdot 10^{-5}$  g bestimmt. Die relative Messunsicherheit beträgt 0,15%.

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

**Messunsicherheit des Volumens** - über das Verhältnis:  $V_{\text{Probe}} = m_{\text{Probe}} / \rho_{\text{Probe}}$

$$u(V_{\text{Probe}}) = \sqrt{(u(m_{\text{Probe}}) / \rho_{\text{Probe}})^2 + (-m_{\text{Probe}} \cdot u(\rho_{\text{Probe}}) / \rho_{\text{Probe}}^2)^2} = 0,0016 \text{ cm}^3 \quad (\text{Gl.3})$$

Die erweiterte Messunsicherheit des Probenvolumens wird mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  angegeben, sie beträgt  $0,0031 \text{ cm}^3$  bzw. relativ 0,14%.

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

### • Zur Dichte der Messflüssigkeit

Messflüssigkeit 'Wasser': experimentell vor- und nachbestimmt in Messung IDN°15853 und 15859. Durch die so erfolgte Übertragung, sind die hier gemessenen Werte der Probedichte an das Dichtemessnormal Ref.N°35 von der Flüssigkeitsdichtebestimmung angeschlossen. Die Flüssigkeitsdichte  $\rho_{\text{Fl}}$  wurde gemäß folgender Bestimmungsgleichung zur jeweiligen Temperatur  $\vartheta$  berechnet:

$$\rho_{\text{Fl}} = f(\vartheta[\text{°C}]) = ((6.5592063E-05 \cdot \vartheta^5 - 1.1225639E-02 \cdot \vartheta^4 + 1.0026530 \cdot \vartheta^3 - 90.968893 \cdot \vartheta^2 + 679.48991 \cdot \vartheta + 9998425.9) / 1E7) + 0,00039 \quad (\text{Gl.4})$$

Beiträge zur Unsicherheit der Flüssigkeitsdichte  $u(\rho_{\text{Fl}})$  wurden aus 10 Einzelmesswerten der Flüssigkeitsdichte bezogen ( $u(\rho_{\text{L,Equ}}) = 7,27 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$ ) sowie aus der Messunsicherheit der Temperatur ( $u(\rho_{\text{L,Temp}}) = 9,58 \cdot 10^{-6} \text{ g/cm}^3$ ) bestimmt und belaufen sich damit auf  $1,20 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ .

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. BEARBEITUNGSHINWEISE: Die Unsicherheit der Flüssigkeitsdichte wird durch die Präzision der Temperaturangabe wesentlich mitbestimmt. Neben der vom System vorgegebenen Messunsicherheit der Temperatur (0,0051 K) wird die während der Messung registrierte Schwankung (9,77E-3 K) berücksichtigt. Zusätzlich wird eine durch den Prüfer (oder das IMPRO) explizit gesetzter Temperatur Schwankungsbereich von  $\pm 0,05 \text{ K}$  zur Gesamtunsicherheit verarbeitet.

### • Probenhandhabung und Messtechnik

Die Gewichtsbestimmung der Probe zu 0,6442 g erfolgte auf dem System am Beginn des Messablaufs; die Messunsicherheit wurde aus den Umständen der Wägung zu  $40,9 \mu\text{g}$  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  $4 \text{ mg}$  ausgewiesen. Die Unsicherheit des Korrekturwertes trägt mit  $\pm 0,25 \text{ mg}$  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. **Bearbeitungshinweis:** Da verschiedene Handhabungen, Arbeitsmodi, Probenhalterungen sowie unterschiedliche Quellen und Ausprägungen von Messunsicherheiten auftreten, ist die Rückkopplung über Abläufe und eingesetzte Technik für die Prüfung und Programmentwicklung unabdingbar. Das Wägeresultat wurde aus 38 Gewichtsablesungen über 0,75 s gemittelt, die dabei registrierte Schwankung liefert den Unsicherheitsbeitrag  $0,00004 \text{ g}$  zur kombinierten Messunsicherheit zu  $u(W_1)$ . Die Unsicherheit der Meniskus- bzw. Suspensionsauftriebskorrektur ist als Standardabweichung der Variationsbreite bzw. Schwankung zu beziffern (Alle Unsicherheiten sind normalerweise auf dem 'Wahrscheinlichkeitsniveau' der einfachen Standardabweichung anzugeben!). Nachfolgend sind die Unsicherheitsbeiträge aus Zustands- und Eigenschaftsdaten der Waage zusammengefasst - Messunsicherheit des Probengewichts  $u(W_1)$ :  $\Rightarrow$  Unsicherheitsbeiträge der Probenwägung mit Verteilungsfaktoren: registrierte Schwankung bei der Ablesung  $u(W_{\Delta W}) = 40 \mu\text{g}$ , Linearität der Anzeige  $u(W_{\Delta_{\text{Lin}}}) = 0,59 \mu\text{g} / \sqrt{3}$ , Justier/Kalibrierreferenz, OIML E2,  $u(W_{\Delta_{\text{mcal}}}) = 2,3 \mu\text{g} / 2$ , Temperaturunterschied bei Wägung und Justierung,  $1 \text{ ppm pro K}$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{Tcal}}}) = 0,32 \mu\text{g} / \sqrt{3}$ , Zeit seit letzter Justierung,  $50 \mu\text{g/Tag}$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{tcal}}}) = 15 \mu\text{g} / \sqrt{3}$ . - und entsprechende Messunsicherheitsbeiträge bei der Auftriebswägung als Rückkopplung zu  $u(W_2)$   $\Rightarrow$  Unsicherheitsbeiträge der Auftriebswägung, kurz:  $u(W_{\Delta_{\text{Rep}}}) = 50 \mu\text{g} / \sqrt{3}$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{Zero}}}) = 0,10 \text{ mg} / \sqrt{3}$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{W}}}) = 0,48 \text{ mg} / \sqrt{5}$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{Lin}}}) = 19 \mu\text{g} / \sqrt{3}$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{mcal}}}) = 71 \text{ ng} / 2$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{Tcal}}}) = 11 \mu\text{g} / \sqrt{3}$ ,  $u(W_{\Delta_{\text{tcal}}}) = 15 \mu\text{g} / \sqrt{3}$ .

Die Probe wurde fünfmal aus der Flüssigkeit herausgezogen und gewogen. So kann die Gewichtsveränderung gegenüber dem Startgewicht angegeben werden:

N°	t [min]	W <sub>t</sub> [g]	ΔW [g]	V <sub>Fl</sub> [mL]
1.	1,52	1,4194	0,7752	0,7772
2.	1,96	1,3971	0,7529	0,7548
3.	2,36	1,4245	0,7803	0,7822
4.	2,77	1,3813	0,7371	0,7390
5.	3,19	1,3822	0,7380	0,7399

Die Tabelle gibt zum Zeitpunkt t das Gewicht der Probe W<sub>t</sub>, die Gewichtsänderung ΔW und diese als Flüssigkeitsvolumen V<sub>Fl</sub> aus.

In diesem Bericht werden nicht alle verfügbaren Diagramme ausgegeben. Sie können die Ausgabe der Grafiken durch Aktivierung der entsprechenden "Checkboxes" (unter der Registerkarte "Optionen") bewirken.

**Nicht angezeigte Charts bzw. Auswertungskapitel:** Diagramm 2 "rho(T)", würde die fünf Dichtemesswerte in Temperaturabhängigkeit anzeigen. Je nach den gewählten Messumständen bzw. Einstellungen können Temperaturabhängigkeit mit Referenzvergleichen abgebildet sein. Mit dem Diagramm 5 "Drho" zeigen Sie die im Verlauf ggf. eingetretene Dichte- bzw. Volumenänderung in einer normalisierten Form an und den dazugehörigen Auswertungstext.

**Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen:** Erläuterungstexte, detaillierte Ergebnisse, allgemeine Angaben, alternative Einheiten, Zusatzinformationen, Bearbeitungshinweise, formatierte Tabellen, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Berichtseinstellungen, Authentifizierungen, sensorische Zusatzdaten + IFG-Ereignisse.

**Beschränkte Informationsausgabe durch regierte Optionen:** Datenbankvorschläge anzeigen, Vergleichsanalyse, Audit-Trail werden nicht angezeigt.

**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 Formatierung und Ausgabeoptionen auf das Wesentliche gekürzt werden. Das ganze 'File', inklusive der zu Grunde liegenden Rohdaten, ist stets über die ID (hier Nummer 15856, Datenbank imeterData34) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. enthalten nachfolgend ausgegebene Informationen, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'formal-i1'), 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 "Lance\_Method1", type 9/34. IMPro finished as projected.

## Prüfmittel

Die Wägeeinheit (WZA224) wurde 7,2 Stunden vor dieser Messung justiert.

**IMETER ID23903733: Technische Daten:** Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität)<sup>\*)</sup> 0,2 mg, Dichte der Justiermasse  $\rho_{cal}$ <sup>\*)</sup> 8,000 g/cm<sup>3</sup>, Luftdichte  $\rho_a$ <sup>\*)</sup> 1,1358 kg/m<sup>3</sup>; Schwerebeschleunigung  $g$ <sup>\*)</sup> 9,80769 m/sec<sup>2</sup>. Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001[K], Messunsicherheit ±0,0051[K], R° 100,0018[Ohm], AutoCal 30[min] (BN°3, -10/150°C, 4S, FS15, Offset: -0,0214). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit<sup>\*)</sup> 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.1.10, LizenzN° \*3037-4759\*, Windows 6.2- Betriebssystem auf PC Ser.N°6995684 (C, SSD).

<sup>\*)</sup>: **Bearbeitungshinweis:** Die 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. - **Deaktivieren Sie bitte die Ausgabe der Bearbeitungshinweise bei der Erstellung von Prüfberichten!**



Report created by Jacqui Hänig

Besonders zu beachten: Die Unsicherheit der Luftdichte ist bereits ein wesentlicher Faktor in der Messunsicherheit der Ergebnisse.

„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.