



-Studie - Dichtemessung an Toluol bei Temperaturänderung

Bei der hydrostatischen Dichtemessung ist das in der Flüssigkeit untertauchende Volumen entscheidend, denn dieses bewirkt die Auftriebskraft, die der Flüssigkeitsdichte entspricht. Ein Volumen, d.h. das Messkörpervolumen ist temperatur- (und druck-)abhängig. Indem nun das Messkörpervolumen zur Temperatur über die Wärmedehnung des Materials berechnet werden kann, ist ein Dichtemesskörper nicht mehr an eine kalibrierte Anwendungstemperatur gebunden. Wenn zudem die Probe quantitativ bekannt ist, d.h. deren ungefähre Dichte und Ausdehnungskoeffizient, ist es gleich, bei welcher Temperatur gemessen wird. Denn, so liefert die Messung, ob bei 25.00°C oder 22.12°C, ein gleichbedeutendes Resultat. Mit dem Unterschied, dass 25.00°C einzuregulieren und abzuwarten unnötig Zeit und Energie verbrauchen.

Die Messung wurde in einer massiven, röhrenförmigen Aluminiummesszelle für Kleinmengen durchgeführt. Der Temperaturfühler steckte in einer Bohrung im Zellenmantel. Es wurden nur 6mL Probe benötigt. Die Temperaturänderungen wurden einfach durch kurzes Eintauchen der Messzelle in ein entsprechend temperiertes Badgefäß erzeugt. Die Wärmeträgheit der Messzelle genügte, um eine für die Messung noch hinreichend langsame Temperaturänderung darzustellen.

Aus den Daten, des autogenen Berichts auf den folgenden Seiten, ergibt sich dass die Temperierung nicht immer erforderlich ist und dass sich die Temperatur auch relativ rasch ändern darf, ohne dass die Messaussage beeinträchtigt wird. So kann die Dichtemessung problemlos und exakt zum Monitoring von Prozessen mit dynamischer Wärmetönung eingesetzt werden. Die Temperatursprünge führen zu keiner Störung, die Größer als 5E-5g/cm³ ist. Zur Verunreinigung folgt nach dem Bericht noch ein Abschnitt, der diese Frage behandelt.

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 (können bzw. müssen). Variabel sind nicht nur die Messdaten - sondern auch Umstände und Abläufe und die Eigenschaften der Normale. Dazu passend verfügt **imeter** einerseits über eine Modellersprache, um Mess- bzw. Steuerungsverfahren zu gestalten („was soll der Fall sein“) und andererseits über analytische Fähigkeiten, um zu bewerten, was der Fall ist und um darüber in Berichten Rückkopplung zu geben. - **imeter** befreit sehr viel kostbare Arbeitszeit, indem nicht nur das Messen/Steuern/Regeln sondern auch die beurteilungsreife Darstellung automatisiert sind.

Die Formatierungsvorgaben des Berichts bestimmen Art und Umfang der Informationsdarstellung. - Anhand eines vollständigen Berichts wird der Anwender (der Kunde oder wir) in die Lage versetzt, Plausibilität und Validität einer Messung detailliert zu überprüfen.

*Der **imeter**-Prüfbericht auf den folgenden Seiten enthält also Elemente, wie automatische Erläuterungen, auf deren Ausgabe man in der Routine natürlich verzichtet (und die leider wortreich den Fluss der Informationen bzw. das Layout beeinträchtigen).*

Fluid Dichte & Dilatation

Titel: Temperaturvariationen
 Ergebnis: $\rho_{23,00^\circ\text{C}} = 0,86319\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $\kappa = 110\cdot 10^{-5}\text{K}^{-1}$

Bericht

Hinweis: Die Aktivierung der Option "ERLÄUTERUNGSTEXTE", die für diese Berichtsausgabe eingestellt ist, bewirkt, dass der Bericht selbst und erklärungsbedürftige Elemente darin mit Erläuterungen versehen werden, Bearbeitungshinweise für den Anwender werden zusätzlich ausgegeben, außerdem wird auf ggf. unterdrückte Informationen hingewiesen. Die zugehörigen Erklärungen sind formatiert wie dieser Text.

- Vergleichsanalyse zu Toluol (Ref.1)

	Referenzwert	Messung	Abweichung absolut	relativ	Signifikanz
ρ	0,8641	0,8632	-0,0009g·cm ⁻³	1‰	21
$-\Delta\rho/\Delta T$	0,0009	0,0009	±0,0000g·cm ⁻³ ·K ⁻¹	---	@

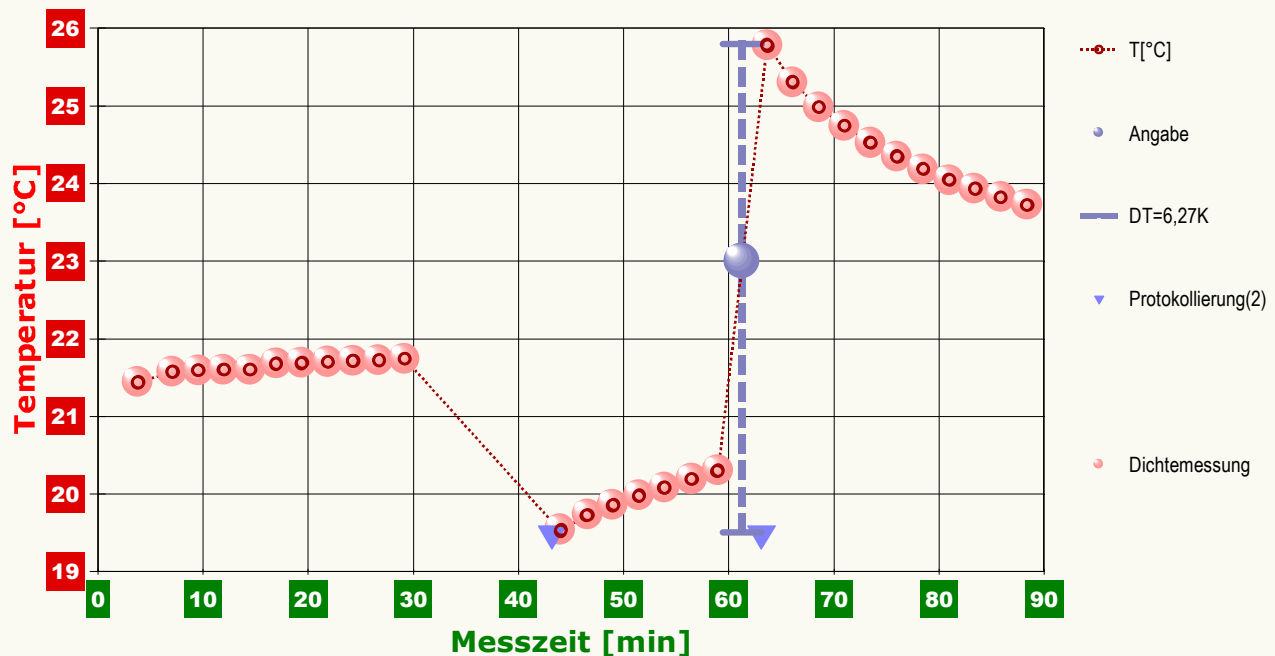
Referenz "Toluol (Ref.1)", Bezugstemperatur = 23,00°C. Zum Datenvergleich wurde das genauere Messergebnis auf die Präzision der Referenzangabe um eine Stelle gekappt. Die Datenbank liefert mit *m-Xylol*, 0,8625g·cm⁻³, einen ähnlichen, ggf. geeigneteren Wert, der Unterschied zum Messwert beträgt hier absolut 0,0007g·cm⁻³.

Der Ergebnisvergleich mit den Angaben, die in der Referenzdatenbank zu 'TOLUOL (REF.1)' gefunden werden, stellt die Werteübereinstimmung unabhängig von der Temperatur dar. Der Unterschied wird als absolute Differenz "Probenwert Minus Referenzwert" und als relative Abweichung angegeben. Das Symbol ρ steht für die Messgröße, $-\Delta\rho/\Delta T$ für den Temperaturkoeffizienten; mit "Signifikanz" wird ausgedrückt, um wieviele Male die absolute Unsicherheit größer ist, als der Unterschied von Mess- und Referenzwert. Das Zeichen "@" bringt zum Ausdruck, dass bei der jeweiligen Größe kein signifikanter Unterschied von Mess- und Referenzwert auftritt. Die Aussagefähigkeit der Signifikanz bei der Bewertung der Temperaturabhängigkeit hängt stark davon ab, dass ein hinreichend großes Temperaturintervall durchgemessen wird.

- 29 Dichtemesswerte

Gesamte Dauer 1,5 Stunden. Es lag eine unstetige Temperaturbewegung im Bereich von 19,54 bis 25,78°C vor.

Diagramm 'Temperaturprofil':



43,2' : Kühlung per Kalt-Wasserbad

63,1' : Temp auf 26°

Die zur Laufzeit der Messung vom Anwender eingegebenen Bemerkungen werden hier wiedergegeben, wobei am Anfang der Zeile der Eintragszeitpunkt als Minutenzahl angegeben ist.

Im Diagramm "Temperaturprofil", oben, wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der jeweils aufgezeichneten Temperatur gezeigt. Die Grafik hat informativen Charakter - sie dient der Rückkopplung und Zusammenfassung. -- Zur Bedeutung der eingezeichneten Symbole: Die Kreismarkierungen zeigen Temperaturmesswerte an (der Temperaturfühler kann je nach Einsatz die Proben- oder Regeltemperatur oder die Umgebungstemperatur im Messraum dokumentieren) , die kugelförmigen Marken stehen für Zeitpunkt und Temperaturzuordnung von Auftriebsmesswerten. Die Dreiecke zeigen jene Zeitpunkte an, zu welchen vom Prüfer die oben angegebenen Anmerkungen zu Protokoll gegeben wurden.

• Ergebnisse

Akquisitionsperiode der 29 Messwerte im Messablauf: 4 bis 88min, Temperatur $\Delta T = 7,24K$

Ergebniswert: $\rho = 0,86319 \pm 0,000042 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (296,15K, 100,30kPa)

Streuung: $\pm 1,77E-5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ absolute bzw. 21ppm relative Standardabweichung

Berechnung: lineare Regressionsgleichung, eindeutig temperaturabhängig

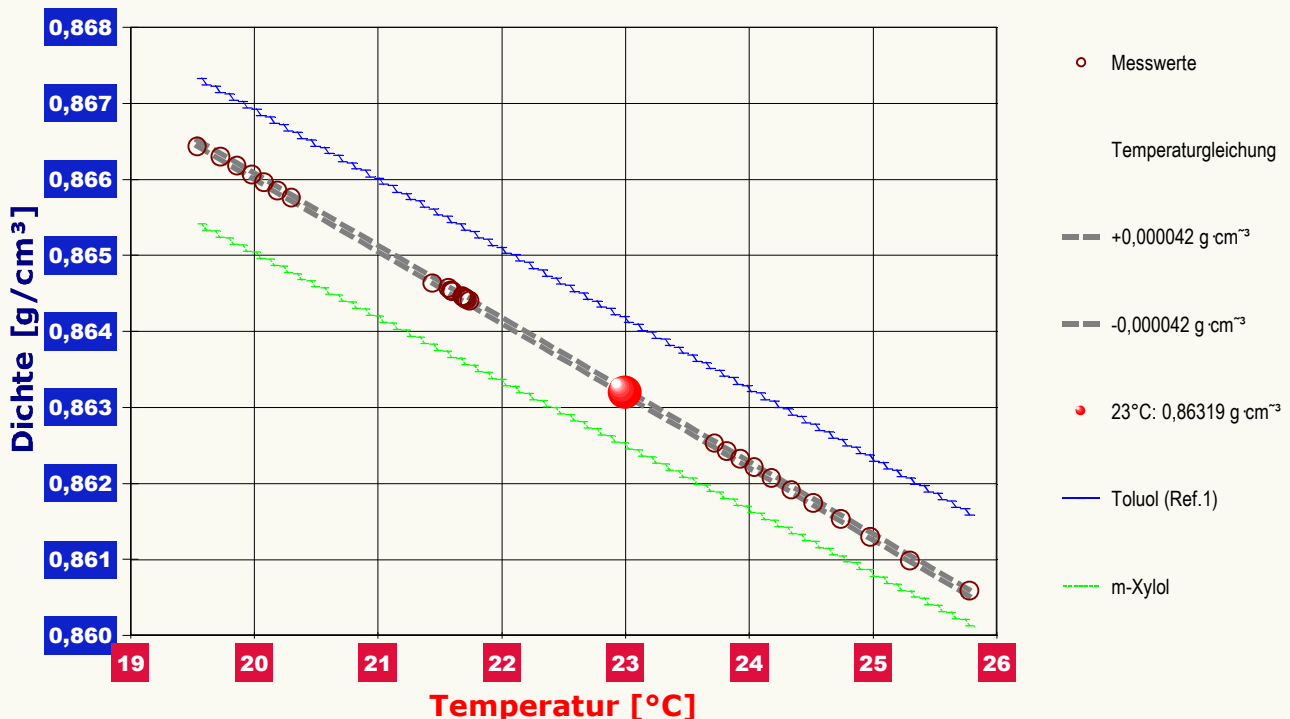
Der Temperaturkoeffizient der Dichte mit $95 \pm 2 [10^{-5}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}]$ entspricht konventionellen Werten im oberen Bereich, ebenso der Ausdehnungskoeffizient κ mit $110 \pm 2 [10^{-5}\cdot\text{K}^{-1}]$, die relative Änderung der Dichte mit der Temperatur beträgt 1,1‰ pro Grad.

Temperaturgleichung zwischen 19,54 und 25,78 °C:

$$\rho(T) = 0,88501 - 94,856 \cdot T[^\circ\text{C}] / 1E5 \quad r^2 = 0,999907 \quad s^2 = 3,13E-10$$

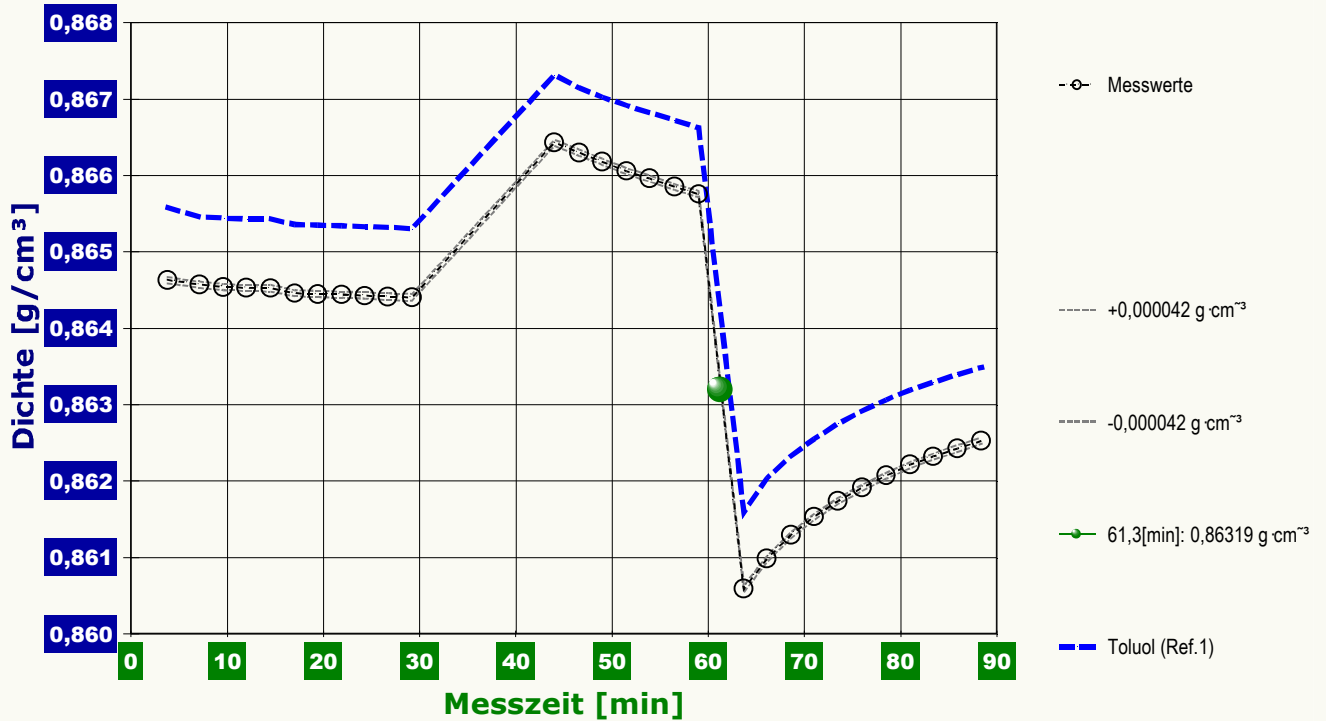
Das Ergebnis ρ der Dichtemessung wird mit der individuell berechneten Messunsicherheit angegeben (Einzelheiten dazu weiter unten) sowie die Temperatur in Kelvin und der anzugebende Druck (bei 50%r.H.) in Kilopascal. Dass die Messunsicherheit kleiner ist, als die Standardabweichung (Streuung), die im Bezug auf die Auswertemethode (lineare Regressionsgleichung) berechnet ist, bestätigt die Korrektheit der Messung. Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Zusammenhänge stellen Vorschläge dar, wobei aus den Daten evtl. auch andere Zusammenhänge gewonnen werden könnten. - Aus der Abwägung der Einflüsse werden formale Zusammenhänge für die Bewertung ermittelt und auch 'Qualitätsangaben' erzeugt. Üblicherweise kann der Temperaturkoeffizient der Dichte für die Probe im Bereich zwischen 44 und 100 $10^{-5}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ liegen. BEARBEITUNGSHINWEIS: Die Interpretation des Temperaturkoeffizienten erfolgt, um einen Eindruck von dieser, eher unbekanntem Größe zu geben. Der Vergleich zum 'Normal' wird über Mittelwert (72) und die Standardabweichung (± 28) der in der Referenzdatenbank gespeicherten Flüssigkeitsdaten hergestellt. Die Güte der angegebenen Gleichung wird durch den Korrelationskoeffizienten (r^2 , der 'hervorragend' ist) und die Varianz (s^2) der Messwerte gegen die Gleichung qualifiziert.

Diagramm 'Dichte-Temperaturverlauf':



Das Diagramm, "Dichte-Temperaturverlauf", oben, zeigt die 29 Dichtemesswerte als Kreissymbol in Temperaturabhängigkeit an. Es werden Messwerte bzw. der Angabewert mit einem Bereich der Unsicherheit in Form einer gestrichelten Linie eingefasst. Je nach Vorhandensein wird der Verlauf der Regressionsfunktion zu den Messwerten gezeigt, entsprechende Referenzwerte bzw. der Stoff mit der besten Übereinstimmung.

Diagramm 'zeitliche Entwicklung':



Im Diagramm, "zeitliche Entwicklung", oben, sind die einzelnen Messwerte als Kreissymbole in zeitlicher Sequenz abgebildet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Unsicherheitsbereich eingezeichnet.

•Datentabelle

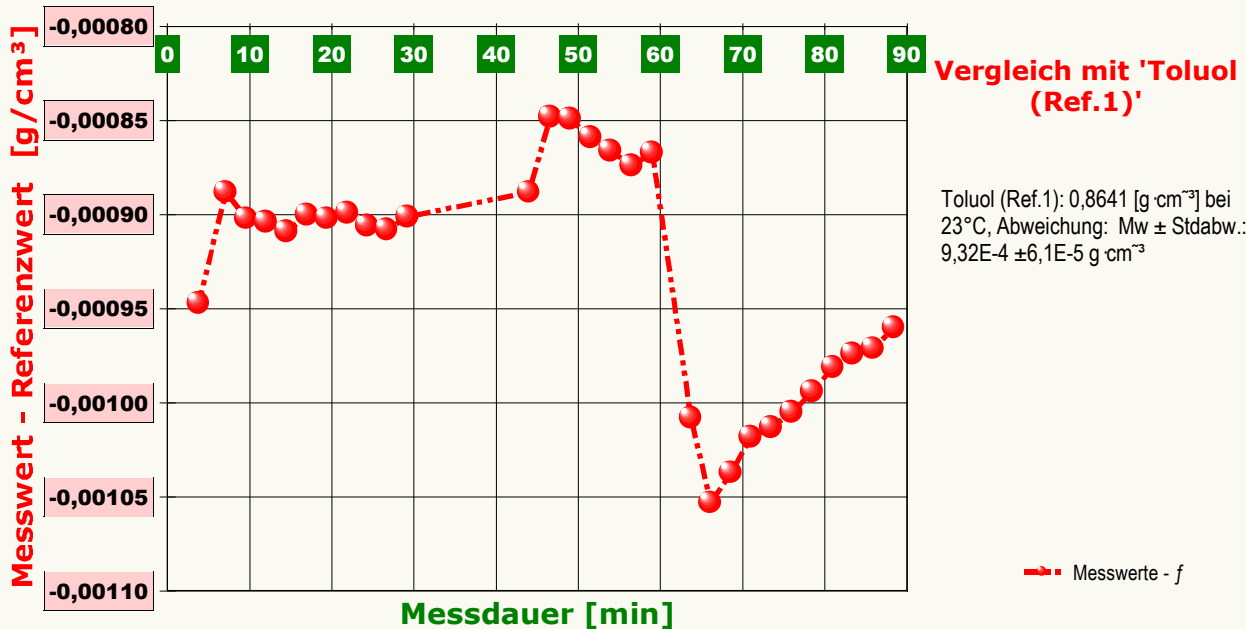
Die nachfolgende Aufstellung gibt die Daten zu den Einzelergebnissen an.

N°	t[<i>min</i>]	T[°C]	ρ [<i>g·cm⁻³</i>]	$\Delta\rho$ [<i>g·cm⁻³</i>]	W [<i>g</i>]	ΔW [<i>g</i>]	Δt [<i>s</i>]	\bar{N}
1.	3,8	21,44	0,864633	0,000001	38,6645	-	1,2	2
2.	7,1	21,57	0,864574	0,000000	38,6655	-	1,2	2
3.	9,6	21,59	0,864542	0,000000	38,6661	-	1,2	2
4.	12,0	21,60	0,864530	0,000005	38,6663	-0,0001	2,3	3
5.	14,5	21,60	0,864525	0,000000	38,6664	-	1,2	2
6.	17,0	21,68	0,864460	0,000000	38,6676	-	2,2	2
7.	19,4	21,69	0,864449	0,000001	38,6678	-	1,2	2
8.	21,9	21,70	0,864443	0,000000	38,6679	-	1,2	2
9.	24,3	21,71	0,864427	-0,000010	38,6682	0,0002	2,4	3
10.	26,7	21,72	0,864416	0,000000	38,6684	-	1,2	2
11.	29,2	21,74	0,864404	0,000000	38,6686	-	1,2	2
12.	44,0	19,54	0,866433	0,000001	38,6315	-	1,2	2
13.	46,6	19,73	0,866299	0,000005	38,6339	-0,0001	4,5	4
14.	49,0	19,86	0,866179	0,000001	38,6361	-	1,2	2
15.	51,5	19,98	0,866059	0,000001	38,6383	-	1,2	2
16.	53,9	20,08	0,865961	0,000000	38,6401	-	2,2	2
17.	56,5	20,19	0,865852	0,000000	38,6421	-	1,2	2
18.	59,0	20,30	0,865759	0,000000	38,6438	-	1,3	2
19.	63,7	25,78	0,860586	0,000000	38,7386	-	1,2	2
20.	66,1	25,30	0,860983	0,000000	38,7314	-	1,2	2
21.	68,6	24,98	0,861293	0,000000	38,7257	-	1,2	2
22.	71,0	24,74	0,861532	0,000000	38,7213	-	1,3	2
23.	73,5	24,52	0,861740	0,000005	38,7175	-0,0001	2,5	3
24.	76,0	24,34	0,861913	-0,000001	38,7143	-	1,3	2
25.	78,5	24,18	0,862071	-0,000001	38,7114	-	1,3	2
26.	81,0	24,04	0,862213	0,000005	38,7088	-0,0001	2,6	3
27.	83,4	23,93	0,862321	0,000000	38,7068	-	1,3	2
28.	85,9	23,82	0,862425	0,000000	38,7049	-	1,3	2
29.	88,4	23,72	0,862528	0,000000	38,7030	-	1,3	2

In der Tabelle gibt die Spalte 't' den Zeitpunkt des Messwertes, 'T', die Temperatur und 'p' den Dichtewert an. - In der Aufstellung werden auch

diagnostische Daten ausgegeben: In der Kolonne 'Δρ' wird ggf. die Änderung der Dichte während der Akquisitionszeit des Messwertes wiedergegeben; mit 'Δt' wird die Messdauer der jeweiligen Beobachtung bezeichnet. Mit 'W' wird der Wäge-Endwert wiedergegeben - in der Dokumentation entspricht er dem Wert 'W2' an welchem für 'W2' Korrekturen (Meniskus) vorgenommen werden. Die Rubrik 'ΔW_i' gibt die zuvor eingetretene Änderung des Wägewertes wieder. Mit 'N' wird die Zahl der dabei aufgezeichneten Wägewerte angegeben. BEARBEITUNGSHINWEIS: Je nach 'Dokumentationszweck' kann die Stabilisier- oder Beobachtungsdauer, das Abklingen dynamischer Veränderungen anzeigen (Wärmeaustausch), die Stabilität des Messwertes dokumentieren, bzw. Störungen anzeigen. Im Normalfall, jedoch, deutet eine längere Spanne mit entsprechendem Δρ Probleme an, etwa, dass ein Wandkontakt auftritt, dass Strömungen wirken oder der Temperaturgradient zu groß ist und sich der Auftrieb spürbar ändert.

Diagramm 'Abweichung der Einzelwerte':



Das Chart, "Abweichung der Einzelwerte", zeigt die temperaturkompensierte Abweichungen der einzelnen Messwerte zum Referenzwert in der zeitlichen Sequenz der Messung. So können Trends, die bei Temperaturänderung sonst kaum sichtbar werden oder auch Unterschiede in der Wärmedehnung erkannt werden. - Das Diagramm löst den Wertebereich vollständig auf, dies führt mitunter dazu, dass auch Unterschiede weit unterhalb der Bestimmtheit von Ergebnis- oder Referenzwerten angezeigt werden. Die urteilende Betrachtung mag dabei die Y-Skalierung in Relation zur Messunsicherheit in die Erwägung miteinbeziehen.

• Messkörper

Eingesetzter Messkörper 'Zylinder1101', Masse 55,5446g, Volumen^(25°C) 19,53462±0,00005cm³, kubischer Ausdehnungskoeffizient 67,5·10⁻⁶K⁻¹, Kompressionsmodul 0GPa <oder nicht gesetzt>. Die Druckangabe, die zur Vervollständigung des Ergebnisses oben angegeben ist, wird aus der Luftdichte bei der Angabetemperatur ermittelt (ρ_L(r.H.50%) = 100kPa) und aus dem hydrostatische Druck (ρ_H=0,30kPa) der auf den Messkörper in der Eintauchtiefe von 35mm im Mittel wirkt.

• Messunsicherheit

Die Messauflösung der Wägeeinheit (0,1mg) erlaubt mit dem Messkörper und bei der Fluidichte die maximale Auflösung zu 0,000006g/cm³ (7,0ppm), die für die Messung angegebene Messunsicherheit der Wägung (±0,5mg) bedeutet messkörperbezogen ±3,0·10⁻⁵g/cm³. Die Fehlerfortpflanzung der Messkörperdaten ergibt eine Unsicherheit von ±5,9·10⁻⁶g/cm³. Entscheidend ist jedoch die Unsicherheit durch die Temperaturmessung: Bezogen auf die Dichte und Wärmedehnung von Toluol (Ref. 1), wie in dieser Messung bestimmt, erlaubt die Messauflösung des Temperatursensors (0,01K) die Auflösung der Dichte zu ±9,5·10⁻⁶g/cm³ anzugeben. Die einschränkend vorgegebene Unsicherheit der Temperaturmessung (±0,03K) bedeutet demnach eine Unsicherheit von ±2,8·10⁻⁵g/cm³. Insgesamt wird somit die Messunsicherheit der Dichtemessung zu ±4,2·10⁻⁵ g/cm³ bestimmt.

• Technisches Verfahren

Anwendung der Korrekturmethode; Berichtigung der Auftriebsmesswerte durch die Aufhängungs- bzw. Meniskusangabe von 0,3mg im Datenblatt.

Anhand des dokumentierten Verfahrens, des Temperaturgangs, der Ausgabe der Tabelle, der Messkörperdaten sowie der evaluierten Unsicherheiten (insbesondere derer, die erst durch den Temperaturgang des Messgegenstand offenbar werden) werden in diesem Bericht Informationen ausgegeben, die die Überprüfung der Einzelwerte und Schlussfolgerungen ermöglichen. Ergebnisse in prinzipiell höherer Qualität zu erhalten, ist schlicht undenkbar.

• Meldungen

Vorsicht, der statische Korrekturbetrag (Meniskusangabe) wird als Konstante und ohne Fehlerbudget behandelt. Bei längeren Messungen, wie in diesem Fall, wird die Gültigkeit oder Stabilität der Korrektur fraglich. Die Methode der Meniskuseliminierung

einzusetzen, ist für gleichermaßen lange währende Messungen unbedingt anzuerempfehlen.

'Meldungen': treten Sonderfälle auf, die sich mit der Auswertung herausstellen, werden diese von der Software detektiert und hier zur Rückkopplung ausgegeben. Die Hinweise dienen zur Abstimmung und Korrektur der Abläufe und Angaben bzw. können bei der Bewertung und Einordnung der Ergebnisse helfen.

• Datenbankvergleiche

1. Cyclohexylamin ²	0,8627 (25°C)	0,1%
2. m-Xylol ¹	0,8625	0,1%
3. Toluol ¹	0,86402	0,1%
4. Toluol (Ref.2) ¹	0,86404	0,1%
5. Toluol (Ref.1) ¹	0,8641	0,1%
6. Toluol (DS2) ¹	0,86420	0,1%
7. Mesitylen ²	0,8614 (25°C)	0,2%
8. Ethylbenzol ²	0,8654 (25°C)	0,3%
9. Isopentyl acetat ²	0,8666 (25°C)	0,4%
10. Cumol ²	0,8597 (25°C)	0,4%
11. p-Xylol ¹	0,8594	0,4%
12. Piperidin ²	0,8578 (25°C)	0,6%
13. Isobutyl acetat ²	0,8695 (25°C)	0,7%
14. Dimethoxymethan ²	0,8538 (25°C)	1,1%

1: Für 23,00°C berechneter Referenzwert, 2: Tabellierter Referenzwert.
(Auswahl nur aus Referenzdaten, Stand 11.05.06)

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. BEARBEITUNGSHINWEIS: Die Herkunft bzw. Richtigkeit der jeweiligen Referenzdaten sowie ggf. Zusatzinformationen kann über den Vermerk zur Substanz in der Referenzdatenbank geprüft werden.

Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen: Datenbankvorschläge anzeigen, Erläuterungstexte, Detaillierte Ergebnisse, Allgemeine Angaben, Vergleichsanalyse, Bearbeitungshinweise, formatierte Tabellen, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Berichtseinstellungen.

Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen: Audit-Trail, Authentifizierungen werden nicht angezeigt.

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 und so verifizierbar 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 papiere 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 29, Datenbank imeter-Beispiele) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. nachfolgende ausgegebene Informationen enthalten, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'bauhaus'), verschieden detaillierte Begleitinformationen, wie die Angaben zur Ausführung der Messung, den Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittelüberwachung.

Programm

Für diese Messung wurde das Messprogramm "DichteZylinder3" ausgeführt. Eine detaillierte Ablaufdokumentation wurde nicht aufgezeichnet. Auf ein zusätzliches Protokoll wurde auch verzichtet. Abbruch durch Benutzer bei '20. PAUSE: 5'

Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (BP221S) wurde 8,9 Stunden vor dieser Messung von Michael Breituwieser bei einem 1-Tage Intervall der Prüfmittelüberwachung justiert. Die letzte vollständige Überprüfung/Justierung der Positioniervorrichtung von **imeter** (ID081007074) erfolgte am 21.10.01. Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1mg, Messunsicherheit^{*)} 0,5mg, Dichte der Justiermasse^{*)} 8 g/cm³, Luftdichte^{*)} 1,20kg/m³, Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,80769m/sec² für die Fallbeschleunigung^{*)}.

^{*)}: Die gekennzeichneten Angaben der Systemdaten können nachträglich angepasst werden - etwa um individuelle Messunsicherheiten der Fühler wirksam werden zu lassen. Änderungen auch an diesen Daten werden im Audit-Log protokolliert und können zurückgenommen werden.

<0000000029>

„Abweichung 0.1%“

In der Messung wurde eine Anweichung festgestellt. Auf „Knopfdruck“ kann diese auch quantifiziert werden. Für den Fall, dass die Probe mit einem gesättigten Kohlenwasserstoff, wie Hexan, verunreinigt ist, ergibt sich ...



Fluid Dichte, Dilatation & Reinheit

Ergebnis: $\rho_{23,00^\circ\text{C}} = 0,86319\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $\kappa = 100\cdot 10^{-5}\text{K}^{-1}$
 $\sim c [\text{m}/\text{m}] = 99,663\% \text{ Toluol (Ref.1)}$

• Reinheit

	% m/m	% V/V
Toluol (Ref.1)	99,663	99,558
Hexan	0,337	0,442

Die Gehaltsbestimmung basiert auf vorliegenden Datenbankeinträgen und der Angabe zum $\phi_{1/2}$ -Koeffizient:

Toluol (Ref.1), ID101309.3: $\rho_1 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 0.8669 - 0.9159\text{E-}3 \cdot (\zeta - 20) - 0.368\text{E-}6 \cdot (\zeta - 20)^2$

Präzision: vier gültige Nachkommastellen.

Ref.Anmerkungen: 'Aus S V Gupta, "Practical Density-Measurement ...", S.143: eigentlich: "0,8669*(1-0,9159E-3*(x-20)+0,368E-6*(x-20)^2)" kann aber nicht sein!'

Hexan, ID1058.1: $\rho_2 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 0.6563 - 8.848\text{E-}4 \cdot (\zeta - 25)$

Präzision: vier gültige Dezimalen.

$\phi_{1/2}$ -Koeffizient: nicht gesetzt bzw. Angabe für ideales Verhalten der Mischungsdichte.

Die Berechnung der Reinheit bzw. des Gehalts beruht auf der Beziehung: $\rho_{\text{Ges}} = (m_1 + m_2) / (m_1/\rho_1 + m_2/\rho_2)$. Dabei ist ρ_{Ges} der hier gemessene Dichtewert, dessen Verhältnis in der Summe der Massen ($m_1 + m_2$) und der Volumen ($V = m/\rho$) analysiert wird. Für ρ_1 wird die Dichte der Referenz 'Toluol (Ref.1)' eingesetzt. Der $\phi_{1/2}$ -Koeffizient, der bei relativ hoher Reinheit von "1" kaum verschieden ist und aus ermittelten Dichtewerten der Komponentenmischung dargestellt wird (er ist Konzentrations- und Temperaturabhängig), ist der Zahlenwert, der mit ρ_1 multipliziert wird und Schwund ($\phi_{1/2} > 1$) oder Expansion ($\phi_{1/2} < 1$) durch die Wirkung der Mischung auf die Gesamtdichte ausdrückt. Der Wert '1', wie angegeben, ist für ideale Mischungen, Emulsionen und Schäume annehmbar sowie in der Regel bei geringfügigen Beimengungen.

Der automatische Bericht zeigt und interpretiert eine Datenlage – als Folge dessen, was in einer Messung geschieht und offenbart, wie Probe und Umstände interagieren. – Die Messung ist ein Vorgang dessen Ablauf und Randbedingungen in einem Messprogramm formuliert sind. Ein Unterschied zum klassischen Messen besteht darin, dass es nicht um Messwerte geht, sondern, was Messwerte zeigen sollen. (z.B. Identität, Ähnlichkeit, Reinheit, Temperatur-, Zeit-, Konzentrationseinflüsse...) Darum ging es immer schon; nur jetzt tut dies - imeter - ein Automat. Dass die Messtechnik extrem genau und unbeschränkt ist, hilft, – und auch die Ergebnisanzeige in Echtzeit.

imeter

intelligent, integriert,
automatisiert -
physikalische Messtechnik
verfeinert, kombiniert und
zusammengefasst -
ein besseres Messgerät für

- ◆ Flüssigkeitsdichte
- ◆ Festkörperdichte
- ◆ Oberflächenspannung
- ◆ Viskosität
- ◆ Sedimentation
- ◆ Konsistenz u.A.

Kreative Freiräume
einfache Handhabung
Überlegene Technik



Weitere Beispiele zur Dichtemessung (Weblink):

http://www.imeter.de/interim/2_DichteFL#Beispiele

Allgemeine Infos über die Dichte (Weblink):

http://www.imeter.de/interim/2_DichteFL_A.htm

Übersicht zu imeter (PDF-Dokument):

<http://www.imeter.de/download/imeter-kompakt.pdf>

Wir setzen imeter auch gerne für Messungen & Auftragsuntersuchungen ein. Warum probieren Sie es nicht einfach aus?

©2006 imeter/MSB Breitwieser MessSysteme

Verantwortung: Michael Breitwieser,

Morellstrasse 6, D-86159 Augsburg

Tel. (+49)0821/706450, Fax 0821/7473489

<http://www.imeter.de>