



©2006 imeter/MSB Breitwieser
MessSysteme
Tel. (+49)0821/706450
<http://www.imeter.de>
imeter Anwendungen

Messung der *Feststoffdichte* an Pulvern, Granulaten, Pasten, Flüssigkeiten

Dichte von NaCl (Natriumchlorid)

Der Maßstab bei der hydrostatischen Festkörperdichtemessung ist die Dichte der Flüssigkeit, um damit die exakt gemessene Auftriebskraft auf das Probenvolumen zurückzuführen. In diesem Beispiel wird die Messung von feinkristallinem Material (Kochsalz) beschreiben. Zur Erhöhung der Sicherheit wird das alternierende Messverfahren für die Gewährleistung des Maßstabs und die Meniskuseliminierung für sicherste Messwerte eingesetzt. Am Ende des Beispiels wird die Messung zur Reinheits- bzw. Gehaltsbestimmung erweitert. Ein Problem ist, wenn der Prüfstoff in der praktischen Standardflüssigkeit „Wasser“ löslich ist, oder angegriffen wird. In diesem Fall kann entsprechend ein nicht-Lösemittel als Messfluid gewählt werden. Nur gibt es kaum Flüssigkeiten deren Dichten über Temperaturbereiche im ppm-Maßstab glaubwürdig ermittelt sind. Außerdem – Salzkristalle, ein Pulver, in einer Festkörperdichtemessung? Als Flüssigkeit wurde Chloroform (technische Qualität) eingesetzt. Es benetzt gut und die relativ hohe Dichte verbessert die Messauflösung. Das Salz löst sich darin nicht (und wenn, es würde bei der zyklischen Flüssigkeitsdichtemessung, nachher, aufgefallen sein). Praktisch wird so vorgegangen: Eine *Schale*, in die hernach das Salz gegeben wird, wird leer in die Messflüssigkeit eingesetzt und zwar zur Dichtemessung¹. Dann wird in den Behälter eine Menge Salz genau eingewogen, das Gewicht im Datenformular angegeben, die Schale in die Messzelle eingesetzt und wie zuvor automatisch nach Temperaturangleichung, die Dichte des Salzes bestimmt. Im Ergebnis wird die Schale, d.h. Masse und Volumen des vormaligen *Messkörper* eliminiert². Später wird die (leere, saubere) Schale wieder als Dichtemesskörper verwendet und die Flüssigkeit gemessen. Dann kann die nächste Feststoffprobe untersucht werden³. Das Vorgehen ist wenig aufwendig, denn die Handgriffe und Eingaben sind einfach, kaum der Rede wert, Daten suchen oder rechnen braucht man nichts und jedweder Fehler fällt sofort auf; sei er systematischer Natur⁴ oder von zufälligem Charakter⁵. Und wenn zufällig das Gewicht der Probe falsch angegeben wurde kann dies jederzeit (auch während der Messung) korrigiert werden – oder es wird ein Messablauf (Messprogramm) eingesetzt, innerhalb dem das

Diesem Anwendungsbeispiel ist der zur Messung automatisch erzeugte **imeter**-Prüfbericht beigefügt. Die relative Ausführlichkeit ergibt sich aus der Forderung, dass die Variablen einer Messung dargestellt werden sollen und müssen (GxP). Variabel sind nicht nur die Messdaten selbst und deren Umstände sowie die Eigenschaften der Normale, sondern auch Abläufe und Handhabungen. Dazu 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 kostbare Arbeitszeit, indem es nicht nur das Messen/Steuern/Regeln, sondern auch die beurteilungsreife Darstellung und Dokumentation weitgehend automatisiert.

Die Formatierungsvorgaben des Berichts bestimmen Art und Umfang der Informationsdarstellung. – Der Anwender (der Kunde oder wir) können jederzeit in die Lage versetzt werden, die Plausibilität und Validität einer Messung detailliert zu überprüfen.

*Der **imeter**-Prüfbericht auf den folgenden Seiten enthält keine Erläuterungen (Prüfmittelüberwachung, alternative Einheiten u.a.) Bitte finden Sie Erläuterungen und zuschaltbare Features in einigen anderen, der in dieser Reihe gezeigten Beispiele.*

¹ Die „Schale“ war *Probe* in einer sorgfältigen Festkörperdichte- und Dilatationsmessung und wurde dadurch ein valider Dichtemesskörper für Flüssigkeiten. Es hätte natürlich auch ein normaler Dichtemesskörper verwendet werden können – aber, wozu der Aufwand!

² Nach analogem Schema der Eliminierung ist auch die Porosität, z.B. durch Ummantelung mit Wachs, als Messgröße zugänglich

³ Es muss nicht streng abgewechselt werden zwischen Fest/Flüssigkeitsdichte. Bei bekannten Probenarten genügt es, zwischendurch die Flüssigkeitsdichte zu bestimmen. Die imeter-Datenauswertung sucht sich die Daten schon selbst zusammen und es stört auch nicht, nicht einmal als systematischer Fehler, wenn sich die Temperatur etwas geändert hat.

⁴ z.B. die Flüssigkeit verändert sich → eine Dichtestufe erscheint über die Vor- und Nachbestimmte Flüssigkeitsdichte.

⁵ z.B. Gasbläschen → es ergibt sich bei drei Werten schon ein unnatürlicher Trend bzw. eine starke Streuung. (Normalerweise liefern Dichtemessgeräte keine Mittelwerte oder Verläufe, das ist auch ein wichtiger Punkt der Sicherheit).

Die Messung ist technisch bedingt sehr genau: Weil durch die Differenzwägung im Messablauf Driftstörungen beseitigt werden und durch die Eliminierung des *Meniskusgewichts* auch die andere wesentliche Fehlerquelle entfällt, zudem wird die Flüssigkeitsdichte garantiert. So ist die Methode sicher, robust und genau.

Diese Messungen wurden in einem Temperiergefäß mit Deckel ausgeführt (Messzelle), die Flüssigkeit wird dabei mit dem integrierten Magnetrührwerk umgewälzt, um im Fluid eine einheitliche Temperatur zu gewährleisten. Dabei dient ein Ministat -Thermostaten (Peter Huber Kältemaschinenbau GmbH, Offenburg - www.huber-online.com) zur exakten Temperierung.

Messungen laufen selbstverständlich vollautomatisch bis zur Berichtsabgabe durch.

... Temperaturangleichung abwarten, umrühren, Probe heben und senken, *Meniskus auslöschen*, gerechte Werte messen, ein paar Mal wiederholen, schließlich das Ergebnis ausgeben:



imeter V.4.10 rev.24

automatischer Bericht (A0FEB8116312B), imeter/MSB, Augsburg am 25.04.06

ID N° 7191 - Feststoffdichte

ausgeführt am Montag, 03 April 2006, von M. Breitwieser

Titel: Natriumchlorid, NaCl
Bemerkung: Dichtemessung von NaCl 99+%, A.C.S. Reagenz (Lot 24242-118), (sehr sorgfältig temperiert)
Ergebnis: $\rho^{25,01^\circ\text{C}} = 2,0888\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
NaCl, gemessen in Chloroform (Kalibrierungsübertragung)

Bericht

• Ermittelte Probandaten

Dichte	$\rho = 2,0888$	$\pm 0,0002$	g/cm^3	0,1‰
Volumen	$V = 8,3209$	$\pm 0,0003$	cm^3	40ppm
Masse	$m = 17,3810$	$\pm 0,0002$	g	10ppm
Wägewert	$W = 17,3736$	$\pm 0,0002$	g	

Die Dichtangabe wurde aus dem Mittelwert der Einzelergebnisse ermittelt. Die Standardabweichung beträgt absolut $6,0\cdot 10^{-5}\text{g}/\text{cm}^3$. Da die Streuung kleiner ist, als die Fehlerschätzung, kann von einer formalen Richtigkeit der Messung ausgegangen werden.

• Drei Dichtemesswerte

gesamte Dauer 4,7 Minuten, der Temperaturverlauf im gesamten Zeitraum: beinahe isotherm bei 25,01°C.

Diagramm ,Temperaturverlauf und Ereignisse'

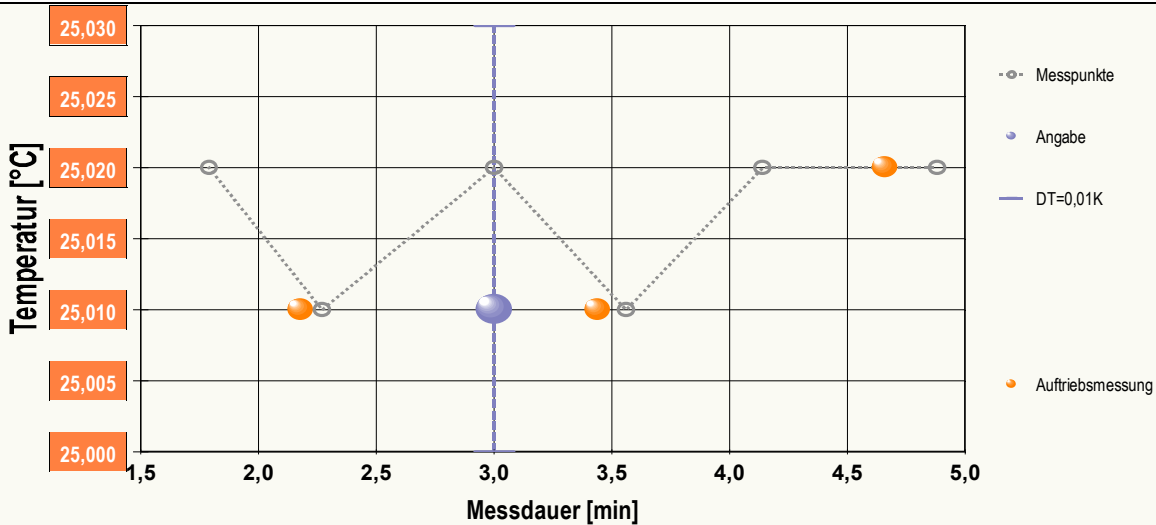


Diagramm ‚Dichte-Zeitverlauf‘

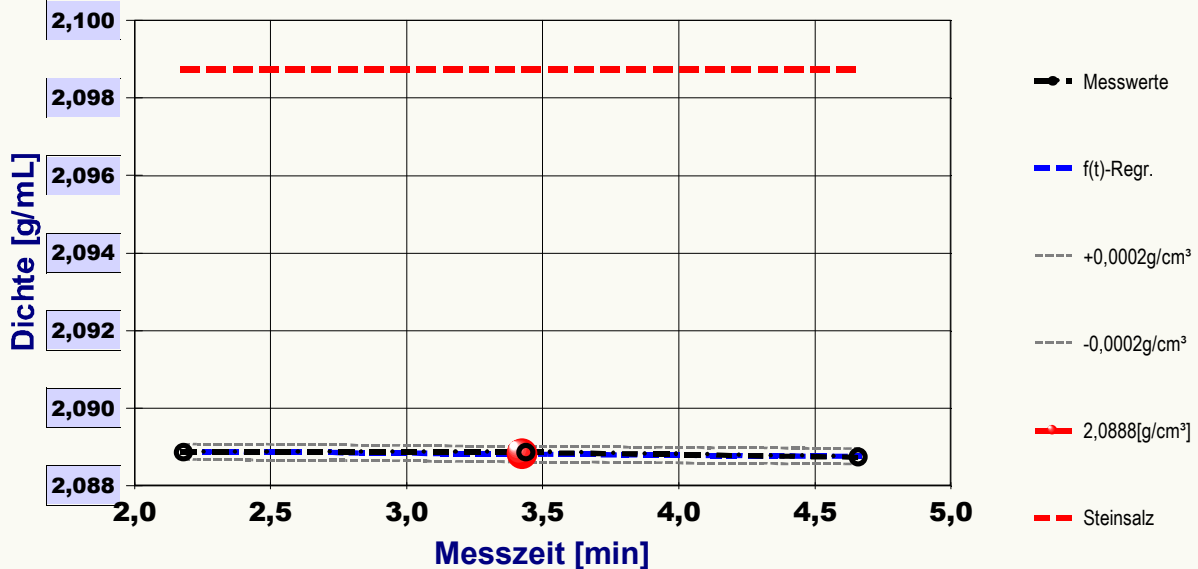


Tabelle der Detaildaten:

N°	Zeit	T	ρ_{Fl}	ρ_{Probe}	V_{Probe}	$\Delta t_{Akqu.}$	ΔT	$\Delta \rho_{Probe}$	N
1.	2,2	25,01	1,46769	2,08886	8,32080	1,2	-	-	2
2.	3,4	25,01	1,46769	2,08886	8,32080	1,2	0,00	-1,7E-5	2
3.	4,6	25,02	1,46767	2,08873	8,32131	1,2	0,00	1,7E-5	2

• Auswertungshinweise

Messflüssigkeit ‚Chloroform‘, experimentell vor- und nachbestimmt in Messung N°7189 und 7193. Die Übertragung der Kalibrierung des Flüssigkeitsdichtemesskörpers (ID339) durch das alternierende Messverfahren – bindet die angegebene Dichte automatisch an die Dichte des Messkörpers an. Die Unsicherheit des Zahlenwertes der Flüssigkeitsdichte wurde individuell zur Messung angegeben. Die Flüssigkeitsdichte, ρ_{Fl} , wurde demnach gemäß folgender Bestimmungsgleichung zur Temperatur berechnet:

$$\rho_{Fl} = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = (1.4800 - 1.892\text{E-}3 \cdot (\zeta - 25)) - 0,01229, \text{ Unsicherheit } \pm 0,00005\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}.$$

Die Übertragung der Kalibrierung ermöglicht mit einem korrekt ausgemessenen Flüssigkeitsdichtemesskörper ein maximales Sicherheitsniveau des Maßstabs zu erreichen.

• Technik

Einsatz der Prüfkörperaufnahme ‚Aluschale [8.23.1]‘ (ID340). Diese wird mit 29,632g in der Messung untertauchendes Befestigungsmaterial mit der Dichte 2,8561g·cm⁻³ bei 25°C - mit dem kubischen Ausdehnungskoeffizienten 62·10⁻⁶K⁻¹ – berücksichtigt. In der angewandten Patentmethode, dem Meniskuseliminierverfahren, wurde der Aufhängungsquerschnitt mit 0,0314mm² angegeben. Über den Niveau-Unterschied von durchweg 9,333mm zwischen Bezugskraft- und Auftriebskraft-Messung ergibt sich ein Beitrag von 0,29mm³(~Mikroliter), um den der Volumenauftrieb korrigiert wird. Das Gewicht von Prüfkörper und Halterung (gesamt 46,9976g) wurde im Datenblatt angegeben.

• Meldungen

1. Für die Messunsicherheit der Flüssigkeitsdichte wurde die Datenblattvorgabe angesetzt. (Die Angabe aus der Messung N°7189 und 7193 wäre 0,00006g/cm³).
2. Vorsicht! Die Flüssigkeitsdichte weist einen relativen Unterschied von 0,8% zur erwarteten Dichte auf. Dadurch kann der Ausdehnungskoeffizient beeinflusst sein und der Messfehler ist ggf. größer als angegeben.

• Datenbankvergleiche

1. Steinsalz ¹	2,1	0,5%	SF weiss, nmG, MH 1-2
2. Chabasit ²	2,1	0,5%	SF weiss, nmG, MH 4-5
3. Kainit ²	2,1	0,5%	SF weiss, nmG, MH 2-3
4. Schwefel, orthorhombisch ²	2,067 (25°C)	1,0%	
5. FEP/PFA ²	2,15	2,9%	
6. NaCl (Kochsalz) ¹	2,17	3,8%	
7. PTFE, Teflon ²	2,17	3,9%	
8. Schwefel ²	2	4,3%	SF weiss, nmG, MH 1-2
9. Sylvit ²	2	4,3%	SF weiss, nmG, MH 1-2
10. Schwefel ²	2	4,3%	SF gelb bis braun, nmG, MH 1-2
11. Desmin ²	2,2	5,3%	SF weiss, nmG, MH 3-4
12. Heulandit ²	2,2	5,3%	SF weiss, nmG, MH 3-4
13. Beryllium ¹	1,82	12,9%	*M 29280. Ts 1280. wLF 0,38. k12,3 eLF 16,9. RKT 10*

¹: Für 25,01°C berechneter Referenzwert, ²: Tabellierter Referenzwert.
(Auswahl aus allen Daten, Stand 25.04.06)

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: Diagramm 2, „Temperaturabhängigkeit“, zeigt die drei Dichtemesswerte in Temperaturabhängigkeit an. Je nach den gewählten Messumständen bzw. Einstellungen können Temperaturabhängigkeit mit Referenzvergleichen abgebildet werden.

Berichtseinstellungen – aktivierte Ausgabeeinstellungen: Datenbankvorschläge anzeigen, Detaillierte Ergebnisse, Allgemeine Angaben, Vergleichsanalyse, formatierte Tabellen, Audit-Trail, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Berichtseinstellungen, Authentifizierungen.

Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen: Erläuterungstexte, alternative Einheiten, Zusatzinformationen, Bearbeitungshinweise werden nicht angezeigt.

Programmausführung & Audit-Trail

Für diese Messung wurde das Messprogramm „Gefäß_Meniskuselimin“ ausgeführt. Zeitraum der Messung, am 03.04.06 zwischen 12:12:34 und 12:18:12, Laufzeit 5,6 Minuten. Eine detaillierte Ablaufdokumentation wurde nicht aufgezeichnet. Auf ein zusätzliches Protokoll wurde auch verzichtet. Die Messung wurde programmgemäß ausgeführt. Das Ergebnis wurde erstmals am 03.04.06 um 13:12 zur Ansicht gebracht Die Originaldaten sind unverändert.

Unter dem Eintrag 7191 ist der Datensatz in der Datenbank ‚imeterData14‘ abgelegt.

Prüfmittel

Das Wägesystem (WZ224-GW) wurde 1,8 Stunden vor dieser Messung von imeter bei einem 1-Tage Intervall der Prüfmittelüberwachung justiert. Die letzte vollständige Überprüfung/Justierung der Positioniervorrichtung von imeter (ID16405542) erfolgte am 06.01.05. **Systemdaten:** Auflösung des Wägesystems 0,1mg, Messunsicherheit 0,2mg, Dichte der Justiermasse 8,000 g/cm³, Luftdichte 1,2kg/m³, Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,80769m/sec² für die



„Der automatische Bericht zeigt also eine Datenlage und interpretiert diese. Die „Datenlage“ ist die Folge dessen, was in einer Messung geschah bzw. geschieht und wie die „Probe und Umstände interagieren“. – Die Messung ist ein Vorgang dessen Ablauf und Randbedingungen in einem Skript formuliert sind. Mehr als zu wissen, was man erzielen will, braucht man nicht: „Man entwerfe Regeln und sehe, wie die Materie reagiert!“ -- Diagramme (und sogar der Bericht) entstehen während der Messung natürlich in Echtzeit. ...Die Sprache und die Technik steht mit imeter bereit für genaueste, rückführbare, wohldokumentierte und wiederholbare Eigenschafts- Erfahrungen.

Verifikation

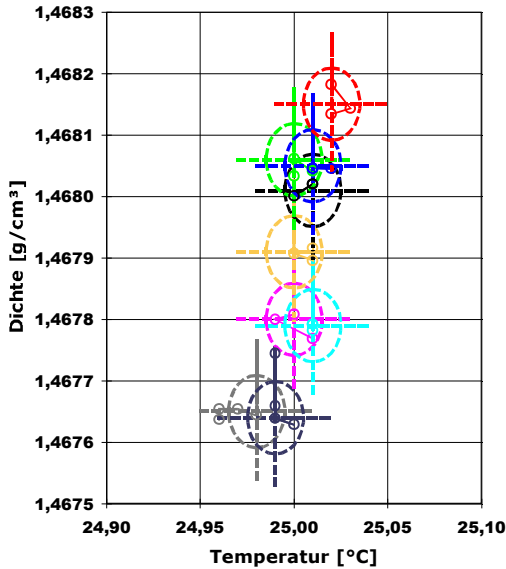


Diagramm: Zur schnellen Überprüfung der Messflüssigkeit, wurden die im Verlauf der Kampagne erhaltenen Flüssigkeitsdichten durch eine Zusammenschau begutachtet⁶. Das Diagramm zeigt, da die Temperatur um ein paar Hundertstel Grad im Verlauf anstieg, die aufeinander folgenden Messergebnisse der Flüssigkeitsdichten schräg übereinander. Die Dichtezunahmen zeigen sich als geringfügig und stetig, obwohl in der Testreihe neben Salz auch Sand, Honig, Gipspulver, Gold, Zinngranulat gemessen wurden.

(Der für die Qualität der Messungen bedeutungslose Dichteanstieg kann auch erklärt werden: und zwar entweder durch einen Verlust eines weniger dichten Stabilisators oder einer anderen spezifisch leichteren, flüchtigen Verunreinigung, oder gar durch Aufkonzentration einer höherdichten Verunreinigung infolge der Verdunstung des Chloroforms (technischer Qualität). Wie auch immer – kein Sprung, kein Problem!)

Dichtemessen mit imeter heißt vereinfacht, aus Temperatur und Dichte der Flüssigkeit (Festkörperdichtemessung) / des Festkörpers (=Flüssigkeitsdichtemessung) wird die jeweils andere Größe zu erhalten. Wenn *alle drei*

Größen bekannt sind, ergibt die Messung einen exakten Zirkelschluss. Und was Sicherheit und Richtigkeit generell betrifft – auf imeter kann jede Komponente für sich geprüft werden: Die Wägezelle schlicht mit einem zusätzlichen, externen Justiergewicht (möglichst geeicht), das Thermometer in Eiswasser, der Messkörper am Justiergewicht, ... oder insgesamt, indem reines Wasser (oder eine andere als Referenzsubstanz taugliche Flüssigkeit) mit der Dichte- & Dilatationsmessung und mit einem Normalkörper (Messkörper mit exakter Dichte) gemessen wird. Falls Komponenten nicht korrekt funktionieren, fällt dies per Bericht unmittelbar auf. Aufwand und Kosten zum Kalibrieren sind darum sehr gering, und eine Nullpunktsdrift des sensorischen Kerns, der Waage, wird frei jeden Aufwands, *automatisch* ausgeschlossen – zudem, Quarz-, Glas- oder Edelmetallkörper ändern ihre Masse oder Volumen nicht sehr schnell – zumindest nicht in menschlichen Zeitskalen. Verbrauchsmaterial gibt es nicht und Wartungskosten sind sehr gering.

Zurück zur Messung bzw. dem Bericht. Die Auswertung gibt die folgende erklärungsbedürftige Meldung aus⁷:

„Vorsicht! Die Flüssigkeitsdichte weist einen relativen Unterschied von 0,8% zur erwarteten Dichte auf. Dadurch kann der Ausdehnungskoeffizient beeinflusst sein und der Messfehler ist ggf. größer als angegeben.“

Dies ist so zu verstehen, die Auswertung prüft die zeitlich umliegenden Fluidichtemessungen. Stimmen Zeitrahmen und dass das Fluid namentlich in der Datenbank bekannt ist – und bei der aktuellen Messung *nichts* angegeben ist, (so unterstellt die Software, dass *hier die Dichtedaten einzusetzen sind*“) wird das Fluid mit dem Sollwert verglichen. Dieser weicht hier ab, weil das technische CHCl_3 nicht rein ist⁸, und das muss dem Anwender natürlich mitgeteilt werden. Genauso, dass eine Kalibrierungsübertragung eingesetzt wird. Auch darum der Bericht. Der Anwender muss Rückkopplung und Sicherheit darüber erhalten, ob es die Software auch so interpretiert, wie es gemeint ist. Jedenfalls, es macht doppelt nichts aus, dass die Dichte des Chloroforms abweicht (dies wurde separat geprüft). Der softwaretechnische Aufwand wurde veranstaltet, damit der Anwender nicht gezwungen ist, isotherm zu messen.^{9 10}

Eine genaue Dichtemessung bedeutet für binäre Mischungen auch Genauigkeit in einer Gehaltsbestimmung. Die Präzision wächst automatisch mit dem Probenvolumen und der

⁶Das Vergleichsdiagramm erhält man auf Knopfdruck, indem die Messungen aus einem Browserfenster *zusammengeklickt* werden.

⁷Wir möchten uns bei den freien Mitdenkern im www herzlich bedanken, die uns durch hilfreiche Hinweise in die Lage versetzt haben, einige Schönheitsfehler der Berichtsausgaben und der logischen Aufbereitung zu korrigieren.

⁸normal sind 0.5 bis 1% Ethanol zur Stabilisierung gegen die Phosgenentwicklung enthalten

⁹Wie kann die Auswertung sagen „Vor- und Nachbestimmt“? Im Jetzt der Messung wird nur der vorige Wert eingesetzt, klar. Sieht man später, nachdem wieder eine Flüssigkeit (gleichen Namens und im Zeitrahmen) gemessen wurde, diese Aufnahme an, dann prüft die Software das ab und mittelt bzw. interpoliert die beiden umliegenden Flüssigkeitsdichtewerte zum Maßstab dieser Messung.

¹⁰Allgemein sind Automatismen und Handhabungen entgegenkommend, einheitlich und rückkoppelnd. Gerade um auch die zahlreichen anderen imeter-Messtechniken einfach anwendbar zur Verfügung zu stellen. Der Anwender schmachtet nicht in der *Optionenhölle* oder wird mit zahllosen Einstellungen behelligt. Die Kommunikation ist implizit. D.h. die Präzision ergibt sich aus bekannt werdenden Daten; Mittelwerte, Temperatur- oder Zeitabhängigkeiten, Messfehler, ob zur Dilatation Aussagen möglich sind, welche Technik eingesetzt wurde – es ergibt sich.

Flüssigkeitsdichte. Hauptkomponenten bei 99% chromatographisch oder spektroskopisch direkt zu bestimmen, ist ziemlich kompliziert, erst recht bei Konglomeraten und organisch/anorganischen Gemengen. Die Präzision der *imeter*-Dichtemessung übertrifft die anderer Methoden in der Regel bei weitem. Wie in der Analytik allgemein, sind Grenzen durch außerhalb der Methode liegende Parameter gesetzt, die abzuklären sind.

Zum eigentlichen Resultat. Immerhin wurde reines NaCl gemessen, das nach Angaben mindestens 99%ig sei. Woher die doch beachtliche Abweichung?¹¹ - Das können wir an dieser Stelle leider nicht sagen. Das Salz könnte Feucht sein. Also nutzen wir die Dichtemessung zu einer der klassischen Anwendung, der Gehaltsbestimmung. Um „Wasser in NaCl“ zu bestimmen, wird die Auswertemethode per *Dropdown* auf „Reinheit/Gehalt“ umgeschaltet und als Vergleich wird „Natriumchlorid, NaCl“ angegeben. Es kann der Bericht dann folgendermaßen dargestellt werden (Wiederholungen wurden entfernt):



imeter/MSB, Augsburg am 25.04.06

Feststoffdichte & Gehalt

Titel: Natriumchlorid, NaCl
Bemerkung: Dichtemessung von NaCl 99+%, A.C.S. Reagenz (Lot 24242-118), (sehr sorgfältig temperiert)
Ergebnis: $\rho^{25,01^\circ} = 2,0888\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $c_{\text{NaCl (Kochsalz)}} = 96,70\% \text{ m/m}$
 gemessen in Chloroform (Kalibrierungsübertragung)

Bericht

• Vergleichsanalyse zu NaCl (Kochsalz)

	Referenzwert	Messung	Abweichung absolut	relativ	Signifikanz
ρ	2,17	2,09	-0,08g·cm ⁻³	4%	400

Referenz "NaCl (Kochsalz)", Bezugstemperatur = 25,01°C. Zum Datenvergleich wurde das genauere Messergebnis auf die Präzision der Referenzangabe um zwei Stellen gekappt. Die Datenbank liefert mit **Steinsalz**, 2,1g·cm⁻³, einen ähnlichen, ggf. geeigneteren Wert, der Unterschied zum Messwert beträgt gleichwohl 0,01g·cm⁻³.

• Gehalt

		% m/m	% v/v	absolut [g]
NaCl (Kochsalz)	:	96,70	93,08	16,8067
Wasser	:	3,30	6,92	0,5743

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

NaCl (Kochsalz), ID20229.3: $\rho_1 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 2.17 - 2.60\text{E}-4 \cdot (\zeta - 20)$

Präzision: zwei gültige Dezimalen.

Ref.Anmerkungen: [Lit. ABCC(rho), & TBK(alpha)].

Wasser, ID10136.3:

$\rho_2 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = (6.5592063\text{E}-05 \cdot \zeta^5 - 1.1225639\text{E}-02 \cdot \zeta^4 + 1.0026530 \cdot \zeta^3 - 90.968893 \cdot \zeta^2 + 679.48991 \cdot \zeta + 9998425.9) / 1\text{E}7$

Präzision: sechs gültige Dezimalen.

Ref.Anmerkungen: 'Regression aus CRC-Handbook, GÜLTIGKEIT: 0 bis 40°C'.

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

Bei höheren Anteilen der Verunreinigung (Wasser) kann sich ein nicht ermittelter $\rho_{1/2}$ - Koeffizient verstärkt auswirken!

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 'Gold' eingesetzt.

Der $\rho_{1/2}$ - Koeffizient, der von "1" kaum sehr verschieden ist und aus ermittelten Dichtewerten der Komponentenmischung dargestellt wird (er ist

¹¹ Nun Gut, die vorliegenden Referenzwert sind wenig präzise. Aber 3% Abweichung! Das ist ein haufen Holz.

Konzentrations- und Temperaturabhängig), ist der Zahlenwert, der mit ρ_1 multipliziert wird und Schwund (<1) oder Expansion (>1) durch die Wirkung der Mischung auf die Gesamtdichte ausdrückt. Der Wert '1', wie angegeben, ist für Konglomerate, Lunker, ideale Legierungen annehmbar sowie in der Regel bei geringfügigen Beimengungen.

...

Audit-Trail

Die Originaldaten wurden gemäß Audit-Log verändert:

**** DATENBLATT-Änderungen durch Breitwieser **** Tag/Zeit: 25.04.2006 15:27:41 ****

[1. Auswertemethode : von] 'Standard-Auswertung (ID 34)' [zu] 'Reinheit/Gehalt (ID 136)'

[2. Feststoff / Vergleich : von] 'NaCl' [zu] Natriumchlorid, NaCl

-- Begründung der Änderung: "Test - wieviel die Abweichung von "Kochsalz" in Wasser bedeuten könnte --"

...

Das mag als eine sehr schonende *Feuchtigkeitsbestimmung* begriffen werden. Selbstverständlich ist um Sachverstand kein umhinkommen. – *Doch der Experte für die Messung ist automatisiert.*

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/6_DichteFK.htm#Beispiele

Allgemeine Infos zum Thema Dichte & Messung (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>