



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

Dichte von Zinn (Granulat)

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 granuliertem Material 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 noch auf eine Reinheits- bzw. Gehaltsbestimmung ausgedehnt. - Ein Problem bei der hydrostatischen Messung waren bisher pastöse und feinteilige Stoffe. Statt Pyknometer einzusetzen, kann die imeter Dichtemessung auch hier sehr komfortabel angewendet werden.

Ein Problem ist, wenn der Prüfstoff in der praktischen Standardflüssigkeit „Wasser“ angegriffen oder gelöst wird. In diesem Fall kann entsprechend ein Lösemittel als Messfluid gewählt werden. Nur gibt es kaum Flüssigkeiten deren Dichten über Temperaturbereiche im ppm-Maßstab glaubwürdig ermittelt sind. Doch auch diese Aufgabe wird gelöst.

Als Flüssigkeit wurde Chloroform (technische Qualität) eingesetzt. Es benetzt gut und die relativ hohe Dichte verbessert die Messauflösung. Praktisch wurde so vorgegangen: Eine *Schale*, in die hernach das Granulat gegeben wird, wird leer in die Messflüssigkeit eingesetzt und zwar zur Dichtemessung¹ der Flüssigkeit selbst. Dann wird in den Behälter eine Menge an Honig genau eingewogen; das Gewicht wird im Datenformular angegeben, die Schale in die Messzelle eingesetzt und wie zuvor automatisch nach Temperaturangleichung, nun die Dichte des Granulats bestimmt. Im Ergebnis wird die Schale, d.h. Masse und Volumen des vormaligen *Messkörpers* eliminiert². Später kann die leere Schale wieder als Dichtemesskörper verwendet werden oder es wird die nächste Probe untersucht³. Dieses Verfahren ist wenig aufwendig, denn die Handgriffe und Eingaben sind einfach, kaum der Rede wert; Daten suchen oder rechnen braucht man nicht und jedweder Fehler fällt sofort auf - sei er systematischer Natur⁴ oder von zufälligem Charakter⁵. Und wenn eventuell das Gewicht der Probe per Tippfehler falsch angegeben wurde, kann dies jederzeit

(auch während der Messung) korrigiert werden – oder es wird ein Messablauf (Messprogramm) gewählt, innerhalb dem das Probengewicht gleich mit-bestimmt wird. Die Messung ist technisch bedingt sehr genau: Weil durch die Differenzwägung im Messablauf Driftstörungen beseitigt werden und durch die Eliminierung des Meniskusgewichts auch

©2006 imeter/MSB Breitwieser
MessSysteme
Tel. (+49)0821/706450

<http://www.imeter.de>

imeter Anwendungen

Diesem Anwendungsbeispiel ist der zur Messung automatisch erzeugte *imeter*-Prüfbericht beigelegt. 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 sondern 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 passende Daten selbst zusammen. Und es stört auch nicht, nicht einmal als systematischer Fehler, wenn sich die Temperatur dabei 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 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/MSB, Augsburg am 25.04.06

Feststoffdichte

Titel: **Zinn-Granulat**
 Bemerkung: 1.5mm Tropfgranulat
 Ergebnis: $\rho^{24,96^{\circ}\text{C}} = 7,2797\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
 gemessen in Chloroform (Kalibrierungsübertragung)

Bericht

Kommentar: < Die Warnmeldung (Abschnitt "Meldungen"), dass die Dichte des Chloroforms um 0.8% abweiche und dadurch Unsicherheit wegen des Ausdehnungskoeffizienten erzeugt würde, spielt nur dann eine Rolle, wenn die Temperaturen der beiden Messungen weit auseinander wären. Und auch dann - das Chloroform wurde ausführlich und über ein breiten Temperaturbereich gemessen, ohne merklichen Unterschied des Ausdehnungskoeffizienten zum Referenzwert. > Kommentar:

• Vergleichsanalyse zu Zinn

	Referenzwert	Messung	Abweichung absolut	relativ	Signifikanz
ρ	7,3	7,3	$\pm 0,0\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	---	@

Referenz "Zinn", Bezugstemperatur = 24,96°C. Zum Datenvergleich wurde das genauere Messergebnis auf die Präzision der Referenzangabe um drei Stellen gekappt.

• Ermittelte Probandaten

(Dichte, Volumen und Koeffizienten sind für 24,96°C angegeben.)

Dichte	$\rho = 7,2797$	$\pm 0,0007$	g/cm^3	100ppm
Volumen	$V = 8,2280$	$\pm 0,0005$	cm^3	60ppm
Masse	$m = 59,8988$	$\pm 0,0004$	g	7ppm
Wägewert	$W = 59,8979$	$\pm 0,0004$	g	

Die Masse der Probe ist um 0,9mg größer als der Wägewert; materialbezogen beträgt der Unterschied 20ppm. Die Dichtangabe wurde aus dem Mittelwert der Einzelergebnisse ermittelt. Die Standardabweichung beträgt absolut $2,8\cdot 10^{-4}\text{g}/\text{cm}^3$. Da die Streuung kleiner ist, als die Fehlerschätzung, kann von einer formalen Richtigkeit der Messung ausgegangen werden.

• Elf Dichtemesswerte

gesamte Dauer 18,6 Minuten. Die Temperatur ist im gesamten Zeitraum in etwa isotherm bei 24,96°C.

Diagramm 'Temperaturverlauf und Ereignisse'

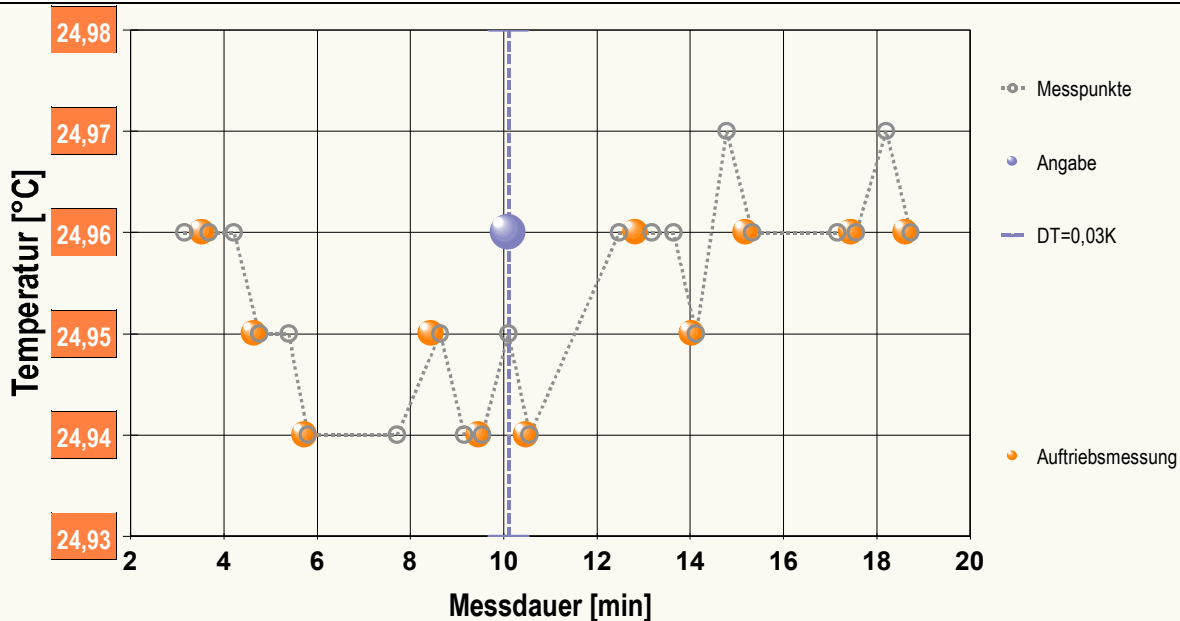
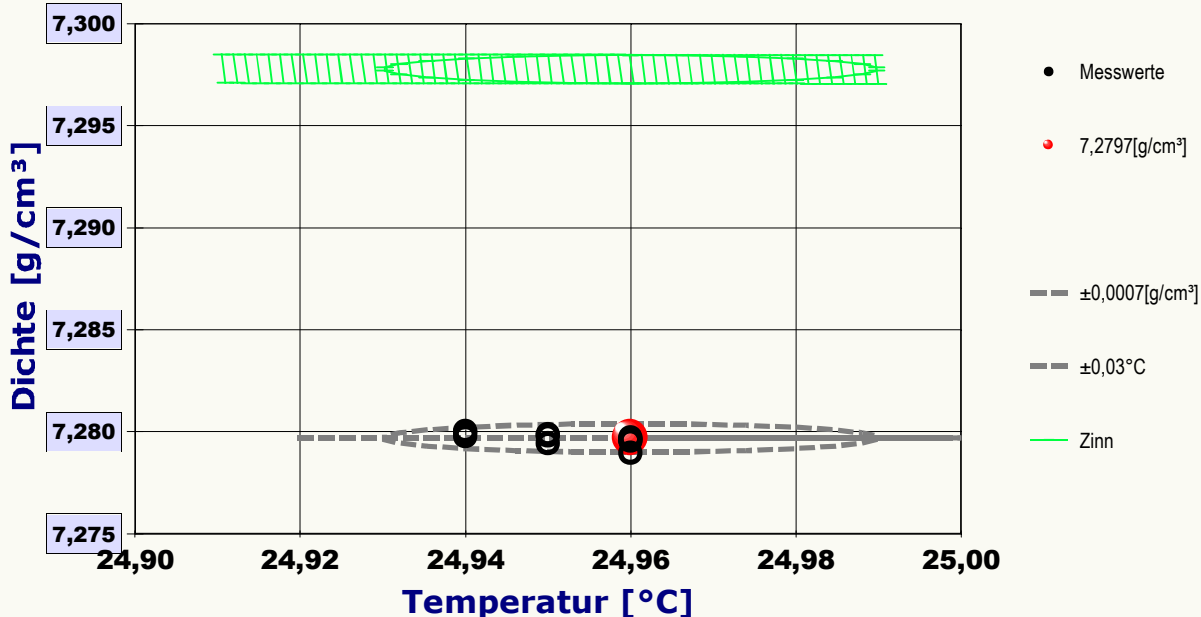


Diagramm 'Temperaturabhängigkeit'



Im Diagramm zur Temperaturabhängigkeit ist der Werteverlauf von "Zinn" entsprechend der Referenzdaten eingezeichnet. Die für den Prüfkörper berechnete Messunsicherheit wird durch die Breite der Schraffur für den Referenzverlauf als Dichtebereich ausgewiesen. (Die vorhandene Unsicherheit der Referenzangabe wird im Diagramm nicht dargestellt.)

Tabelle der Detaildaten:

N°	Zeit	T	ρ_{Fl}	ρ_{Probe}	V_{Probe}	$\Delta t_{Akqu.}$	ΔT	$\Delta \rho_{Probe}$	N
1.	3,5	24,96	1,46803	7,27895	8,22905	1,2	0,00	5,3E-5	2
2.	4,6	24,95	1,46805	7,27945	8,22848	4,2	-	-	5
3.	5,7	24,94	1,46806	7,28002	8,22783	1,2	-	-	2
4.	8,4	24,95	1,46805	7,27981	8,22807	1,2	-	-	2
5.	9,5	24,94	1,46806	7,27978	8,22811	0,6	-	-	2
6.	10,5	24,94	1,46806	7,27996	8,22790	1,2	-	-	2
7.	12,8	24,96	1,46803	7,27960	8,22830	4,2	0,00	6,1E-5	5
8.	14,0	24,95	1,46805	7,27987	8,22800	4,2	0,00	-6,0E-5	5
9.	15,2	24,96	1,46803	7,27966	8,22824	3,0	-	-	4
10.	17,4	24,96	1,46803	7,27954	8,22837	1,2	0,00	-6,3E-5	2
11.	18,6	24,96	1,46803	7,27973	8,22816	1,2	-	-	2

Diagramm 'absolutes Volumen'



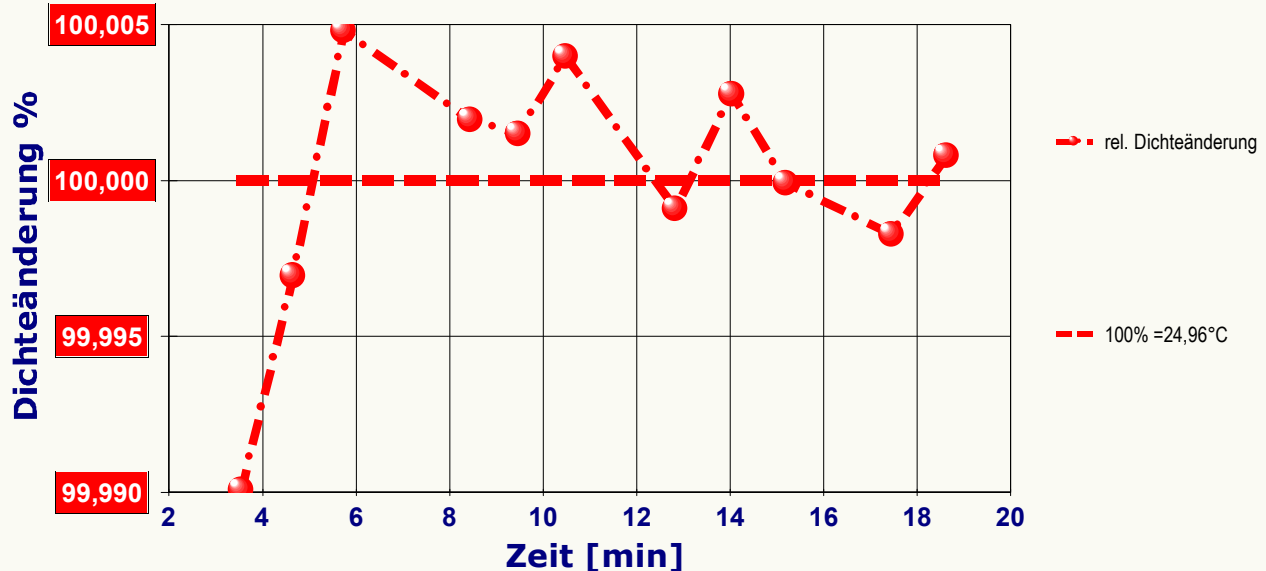
• Chronologische Volumenentwicklung

Die Entwicklung des Probenvolumens mit der Messzeit wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$V_i[\text{cm}^3] = f(t[\text{min}]) = 8,2293 - 2,197\text{E-}4 \cdot t + 9,13\text{E-}6 \cdot t^2$$

Die Korrelation ist, wie bei der Dichte, nicht vorhanden ($r^2 = 0,44$), die Standardabweichung der Gleichung gegen die Messwerte beträgt absolut $2,63\text{E-}04\text{cm}^3$ und relativ 32ppm. So ist die Streuung über den gesamten Bereich, trotz der schlechten Korrelation, kleiner, als der eingeräumte Volumenfehler. (vgl. Diagramm *absolutes Volumen*.)

Diagramm 'relative Dichteänderung'



• Auswertungshinweise

Messflüssigkeit '*Chloroform*', experimentell nachher bestimmt in Messung **N°7205**. 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, $\rho_{\text{Fl.}}$, wurde demnach gemäß folgender Bestimmungsgleichung zur Temperatur berechnet:

$$\rho_{\text{Fl.}} = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 1.4800 - 1.892\text{E-}3 \cdot (\zeta - 25) - 0,01205, \text{ Unsicherheit } \pm 0,00005\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}.$$

• Technik

Einsatz der Prüfkörperaufnahme '*Aluschale [8.23.1]*' (ID340). Diese wird mit 29,632g in der Messung untertauchendes Befestigungsmaterial mit der Dichte $2,8561\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ bei 25°C - mit dem kubischen Ausdehnungskoeffizienten $62 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$ - berücksichtigt. In der angewandten Patentmethode, dem Meniskuseliminierverfahren, wurde der Aufhängungsquerschnitt mit $0,0314\text{mm}^2$ angegeben. Über den Niveau-Unterschied von durchweg 9,582mm zwischen Bezugskraft- und Auftriebskraft-Messung ergibt sich ein Beitrag von $0,30\text{mm}^3$ (~Mikroliter), um den der Volumenauftrieb korrigiert wird. Das Gewicht von Prüfkörper und Halterung (gesamt 89,5219g) wurde im Datenblatt angegeben.

• Meldungen

1. Für die Messunsicherheit der Flüssigkeitsdichte wurde die Datenblattvorgabe angesetzt. (Die Angabe aus der Messung N°7205 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. beta-Zinn, analytisch ²	7,287 (26°C)	0,1%	
2. Zinn ¹	7,3	0,2%	*M 5500. Ts 232. wLF 0,16. k 20,5. sW 0,054. eLF 8,7. RkT 4,63*
3. Löllingit ²	7,3	0,3%	SF grau-schwarz, mG, MH 3,5 - 6
4. Siberglanz ²	7,3	0,3%	SF grau-schwarz, nmG, MH 2 - 6
5. Wolframit ²	7,3	0,3%	SF grau-schwarz, mG, MH 3,5 - 6
6. Wolframit ²	7,3	0,3%	SF gelb bis braun, nmG, MH 5-7
7. Chrom ¹	7,2	1,1%	
8. Grauguss ²	7,2	1,1%	
9. Grauguß ¹	7,20	1,1%	*M 8000-13000. Ts 1150-1300. wLF 0,13. k 9. sW 0,13. eLF 37288. RkT -*
10. Gusseisen, Grauguss ¹	7,2	1,1%	
11. Zinn, gegossen ¹	7,2	1,1%	
12. Chrom ¹	7,19	1,2%	*M 19000. Ts 1890. wLF 0,16. k 6,2. sW 0,11. eLF 6,7. RkT -*
13. Zink ¹	7,14	2,0%	*M 9400. Ts 419. wLF 0,27. k 29,8. sW 0,091. eLF 16,9. RkT 4,2*

¹: Für 24,96°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: Mit Diagramm 3, "Dichte-Zeitverlauf", werden Messwerte in zeitlicher Form angezeigt. Bei isothermen Bedingungen und längeren Messzyklen können Verläufe beobachtet werden, die die Stabilität der Probe oder der Messbedingungen zur Anzeige bringen. Der temperaturkompensierte Verlauf der Referenz zu "Zinn" wird parallel zu den Messwerten angezeigt.

Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen: Datenbankvorschläge anzeigen, Detaillierte Ergebnisse, Allgemeine Angaben, Vergleichsanalyse, formatierte Tabellen, Berichtseinstellungen.

Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen: Erläuterungstexte, alternative Einheiten, Zusatzinformationen, Bearbeitungshinweise, Audit-Trail, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Authentifizierungen werden nicht angezeigt.

<000007204>

„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

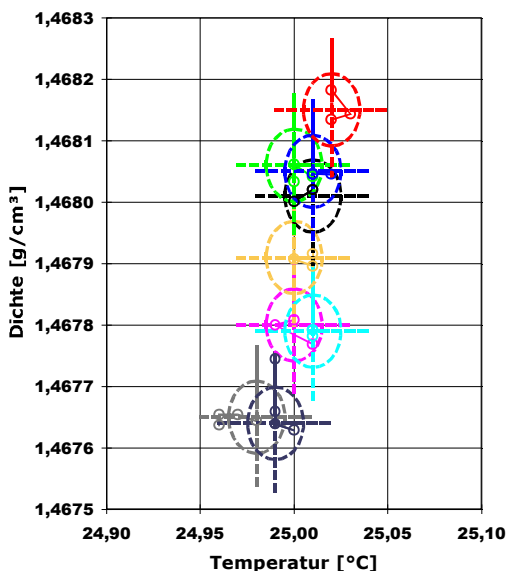


Diagramm: Zur schnellen Überprüfung der Messflüssigkeit, wurden die im Verlauf der Kampagne erhaltenen Flüssigkeitsdichten durch eine Zusammenschau begutachtet⁶. Das Diagramm zeigt, da die Temperatur um ein paar Hundertstel Grad im Verlauf anstieg, die aufeinander folgenden Messergebnisse der Flüssigkeitsdichten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

(Der für die Qualität der Messungen bedeutungslose Dichteanstieg kann verschieden 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!)

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

Dichtemessen mit imeter heißt vereinfacht, aus Temperatur und Dichte der Flüssigkeit (Festkörperdichtemessung) / des Festkörpers (=Flüssigkeitsdichtemessung) 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 Edelstahlkörper 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 CHCl₃ 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 entsprechende Genauigkeit in einer Gehaltsbestimmung. Die Präzision wächst automatisch mit dem Probenvolumen und der Flüssigkeitsdichte, wodurch die Temperierzeit jedoch zunimmt. 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.

Zur Messung. Zinngranulat. Tun wir Einmal so, als hätten *wir* brauchbare Referenzdaten für Metalle und Legierungen (*es ist ein Skandal!*). Und lassen uns durch imeter berechnen, wie sich der Zielwertunterschied „7.2“ (für Zinn, gegossen), was der Unterschied gerechnet als ideal gelöstes Blei ausmachen würde: Die Auswertemethode wird per *Dropdown* auf „Reinheit/Gehalt“ umgeschaltet und als Verunreinigung wird „Blei“ angegeben. ... Es kann der Bericht dann in den wesentlichen Teilen folgendermaßen:

⁷ Wir 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.

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

⁹ Wie 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.

¹⁰ Allgemein 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.

Feststoffdichte & Gehalt

Ergebnis: $\rho^{24,96^\circ\text{C}} = 7,2797\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $c_{\text{Zinn, gegossen}} = 97,00\% \text{ m/m}$
gemessen in Chloroform (Kalibrierungsübertragung)

Bericht

• Vergleichsanalyse zu Zinn, gegossen

	Referenzwert	Messung	Abweichung absolut	relativ	Signifikanz
ρ	7,2	7,3	+0,1g·cm ⁻³	1%	143

Referenz "Zinn, gegossen", Bezugstemperatur = 24,96°C. Zum Datenvergleich wurde das genauere Messergebnis auf die Präzision der Referenzangabe um drei Stellen gekappt. Die Datenbank liefert mit **Zinn**, 7,3g·cm⁻³, einen besser passenden Referenzwert.

• Gehalt

		% m/m	% v/v	absolut [g]
Zinn, gegossen	:	97,00	98,07	58,1025
Blei	:	3,00	1,93	1,7963

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

Zinn, gegossen, ID20245.1: $\rho_1 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 7.2 - 5.83\text{E-}4 \cdot (\zeta - 20)$

Präzision: eine Dezimale.

Blei, ID20527.3: $\rho_2 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 11.34 - 9.627\text{E-}4 \cdot (\zeta - 20)$

Präzision: zwei gültige Dezimalen.

Ref.Anmerkungen: *M 1600. Ts 327. wLF 0,083. k 28,3. sW 0,031. eLF 4,82. RkT 4,22*.

$\rho_{1/2}$ - 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 'Gold' eingesetzt. Der $\rho_{1/2}$ - Koeffizient, der von "1" kaum sehr 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 (<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. Bei höheren Anteilen der Verunreinigung (Blei) kann sich ein nicht ermittelter $\rho_{1/2}$ - Koeffizient verstärkt auswirken! Die Referenzdaten von Blei sind auf nur zwei Nachkommastellen bestimmt. Die Korrektheit der Gehaltsangabe wird dadurch beeinträchtigt!

Selbstverständlich ist um Sachverstand kein umhinkommen.
Immerhin 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>