IMETER Methode Nr.8 "Fluiddichte": Zeit/Stabilität

Messung der Dichte
an Wasser, über zwei Stunden mit 50 unabhängigen Messwerten

©2016 IMETER - MessSysteme
Tel. (+49)(0) 821/706450

www.imeter.de

IMETER Anwendungen

Eine praktische Studie zum Thema Genauigkeit, Nullpunktsdrift, Stabilität, Werteverläufe ...

In diesem Beispiel wurde die Dichte von Reinstwasser 51 Mal bei 25.00°C so gemessen, dass die einzelnen Dichtewerte sensorisch voneinander unabhängig sind. Es versteht sich nicht unbedingt von selbst, dass Dichtewerte in ppm-Auflösung gemessen stabil bleiben bzw. auch so gemessen werden können und zwar ohne dafür einen unbezahlbaren Aufwand zu betreiben.

Die Dichte genau messen zu können, ist wissenschaftlich von eminenter Bedeutung. Wir wollen nun weniger darauf rekurrieren, was damit alles zusammenhängt und hier mehr die Punkte zusammenfassen, wieso mit IMETER so einzigartig genau und auch noch genauer gemessen werden kann. Eine wichtige Voraussetzung um Änderungen, sofern sie auftreten, zu erfassen, ist, dass voneinander unabhängige Werte gemessen werden können, besonders, um alle möglichen Drifteffekte auszuschließen. Dazu gehört das Meniskuseliminierverfahren, das die kapriziöse Kraft (aus Oberflächenspannung und Kontaktwinkel) als Aufwölbung der Flüssigkeit an der Aufhängung des Senkkörpers (=Messkörper) in der Phasengrenze [Meniskus] eliminiert. Außerdem entfernt die zugehörige Differenzwägung auch Störungen, die durch Änderungen am Lastträger auftreten [z.B. Kondensation] und unterbindet Auswirkungen der elektronischen Drift des Kraftsensors. Die in-Process-Justierung der Waage schaltet Fehler durch Änderungen im Bezugssystem aus [Schwerkraft, Mondanziehung]. Der automatisch erzeugte Bericht hierzu sieht folgendermaßen aus:

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.5.0 rev.43

automatic Report (A636B2N16312B), imeter/MSB, Augsburg

ID N° 9859 - Fluid Density & Dilatation

Title:	**Wasser 25°C - 50-Werte (A5)**
Remarks:	(selbe Probe) [Repetition N° 5]
Sample/Ref.:	**Wasser**
Result:	$\rho_{25,0032°C}$ **= 0,997048 ±0,000008 g/cm³**

Report

Hinweis: *Dieser Bericht ist mit Kommentierungen versehen. - Die Erklärungen sind formatiert wie dieser Text. Nachfolgend wird eine kurze Erklärung zum Prinzip der Messung gegeben:*

Eigenschaft und Methode

Die Dichte *(spezifische Masse, Massekonzentration)* gibt das Verhältnis von Masse zu Volumen an. Sie ist eine temperaturabhängige Stoffkonstante. Die Dichte wird in diesem Verfahren nach der Auftriebsmethode (hydrostatische Wägung) bestimmt: *"Ein in einer Flüssigkeit untertauchender Körper (Messkörper) erscheint um so viel leichter, wie die seinem Volumen entsprechende Flüssigkeitsmenge wiegt."* Damit aus der Auftriebskraft der Dichtewert definitiv berechnet werden kann, ist die Bestimmtheit des von Temperatur und Druck abhängenden Messkörpervolumens evident. Darüber hinaus wirkt sich die Mediumdichte (Luftdichte), in der die Wägung erfolgt, auf das Resultat aus. Die Relation von Messauflösung der Sensoren (Kraft, Temperatur), Messkörpermasse und -volumen, des Realisierungsgrades ausreichend ruhiger, isothermer Wägebedingungen sowie jeweilige (Mess-)Unsicherheiten aber auch die Wärmedehnung der Probe selbst bestimmen über die Genauigkeit der Ergebnisse.

• Datenbankvergleich zu "*Wasser*" für 25,0032°C

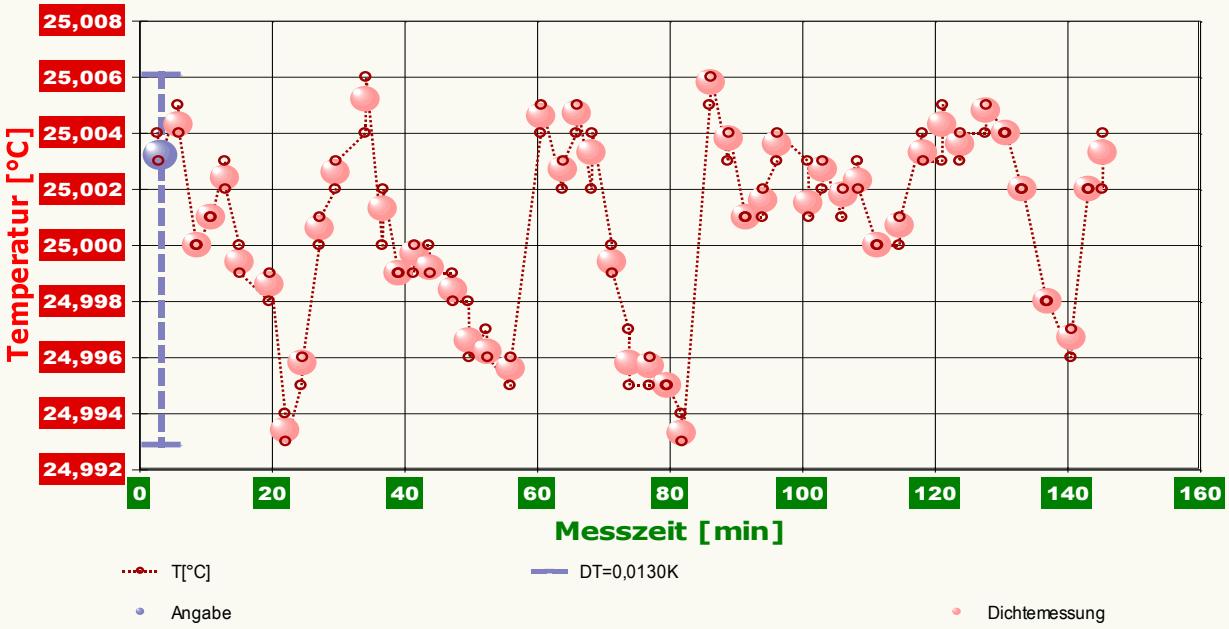
	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
ρ	0,997047	0,997048	+0,000001 g/cm³	1ppm	@

*Der Ergebnisvergleich mit den Angaben, die in der Referenzdatenbank zu 'WASSER' gefunden werden, stellt die Werteübereinstimmung dar. Der Unterschied wird als absolute Differenz "Probenmesswert minus Referenzwert" und als relative Abweichung angegeben. Das Symbol **ρ** steht für die Messgröße; die Zahl zu "**Δ u**" gibt ggf. an, um welchen Faktor die absolute Differenz von Mess- und Referenzwert größer ist als die angenommene Messunsicherheit. Das Zeichen "@" bringt zum Ausdruck, dass bei der Messgröße kein signifikanter Unterschied zwischen Mess- und Referenzwert auftritt.*

• 50 Dichtemesswerte

Gesamte Dauer zwei Stunden; Temperaturverlauf im gesamten Zeitraum nicht immer isotherm bei 25,0032°C.

Diagramm 'Temperaturprofil':



Im Diagramm "Temperaturprofil" wird eine Übersicht zum zeitlichen Verlauf der Vorgänge und der jeweils aufgezeichneten Temperatur gezeigt. Die Grafik hat informativen Charakter und dient der Rückkopplung und Zusammenfassung. -- Zur Bedeutung der eingezeichneten Symbole: Die Kreismarkierungen zeigen Temperaturmesswerte an; die kugelförmigen Marken stehen für Zeitpunkt und Temperaturzuordnung von Auftriebsmesswerten.

• Ergebnisse

Akquisitionsperiode der 50 Messwerte im Messablauf: 3 bis 145 min, Temperatur ΔT =0,0125 K (T=25,0007 ±0,0033°C)

Angabewert: ***ρ*** = **0,997048 ±0,0000077 g/cm³** (298,1532 K, 96,77 kPa)

Streuung: $\pm 7{,}46 \cdot 10^{-7}$ g/cm³ absolute bzw. 0,75ppm relative Standardabweichung

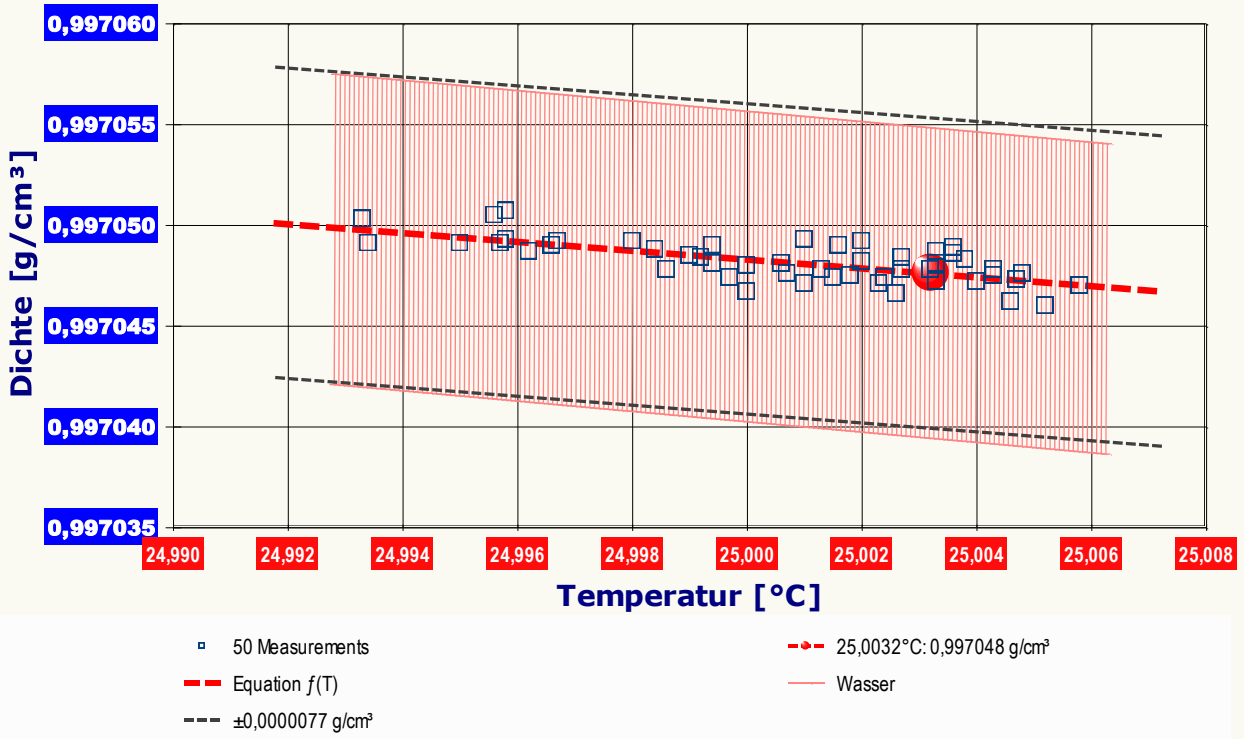
Berechnung: lineare Regressionsgleichung, wahrscheinlich temperaturabhängig.

Temperaturabhängigkeit zwischen 24,9933 und 25,0058 °C:

ρ [g/cm³] = $f(\vartheta$[°C]) = 1,002565 -22,066·ϑ/1E5 r^2=0,48 s^2=5,57E-13

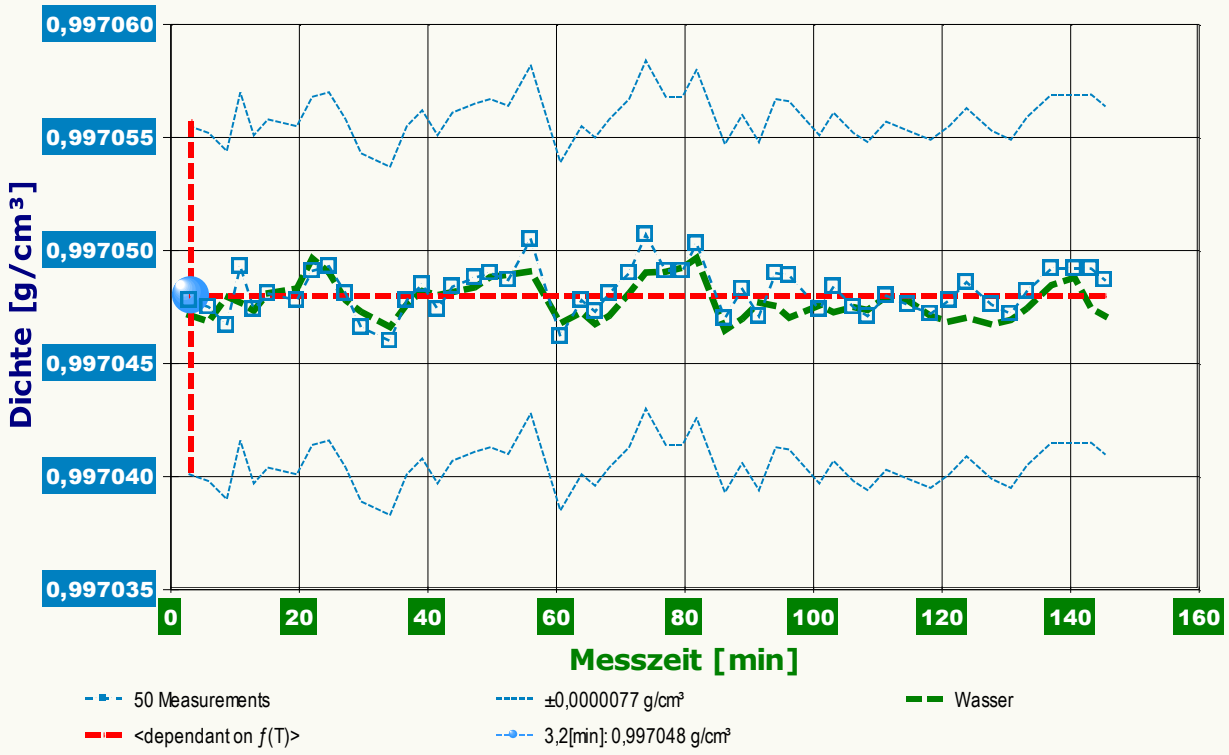
Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Formeln stellen Vorschläge dar, wobei sich aus den Umständen der Messung ggf. andere Zusammenhänge ergeben können. - Aus der Abwägung der Einflüsse werden formale Zusammenhänge für die Bewertung ermittelt und auch 'Qualitätsangaben' erzeugt, die, wie hier, offenbar nicht ganz eindeutig sind (eine Messzeitabhängigkeit kann immer Temperatureinflüsse überlagern - Ergebnisse werden eindeutiger, wenn im Messablauf stärker unregelmäßige Temperaturänderungen eingestellt werden). Der Korrelationskoeffizient zeigt die Qualität der gegenseitigen Abhängigkeit an (wobei 'r²=0,48' eine nicht vorhandene Korrelation anzeigt). Die Präzision zwischen den Messwerten und der Regressionsgleichung wird durch die Varianz (s²) der Residuen qualifiziert - die Standardabweichung (√s²) muss deutlich kleiner als die anzunehmende Messunsicherheit sein.

Diagramm 'Dichte/Temperatur':



Das Diagramm "Dichte/Temperatur" zeigt die 50 Dichtemesswerte in Temperaturabhängigkeit an. Es ist der als Ergebnis ausgewiesene Angabewert für 25,0032°C als Kugelmarke dargestellt sowie, diesen umgebend, der markierte Bereich der Messunsicherheit. Als dünn schraffierter Bereich, der in der Breite der angenommenen Messunsicherheit markiert ist, werden Datenbank-Referenzwerte von 'Wasser' herangezogen.

Diagramm 'Messwerte - Zeitverlauf':



Im Diagramm "Messwerte - Zeitverlauf" sind die einzelnen Messwerte als Kreissymbole in zeitlicher Sequenz abgebildet. Der ausgewiesene Angabewert ist bei 3,2 min (25,0032°C) als Kugelmarke eingezeichnet. Um die Ausgleichsfunktion bzw. die Messwerte ist der Unsicherheitsbereich markiert. Als gestrichelte Linie werden Datenbank-Referenzwerte von 'Wasser' temperaturkompensiert herangezogen.

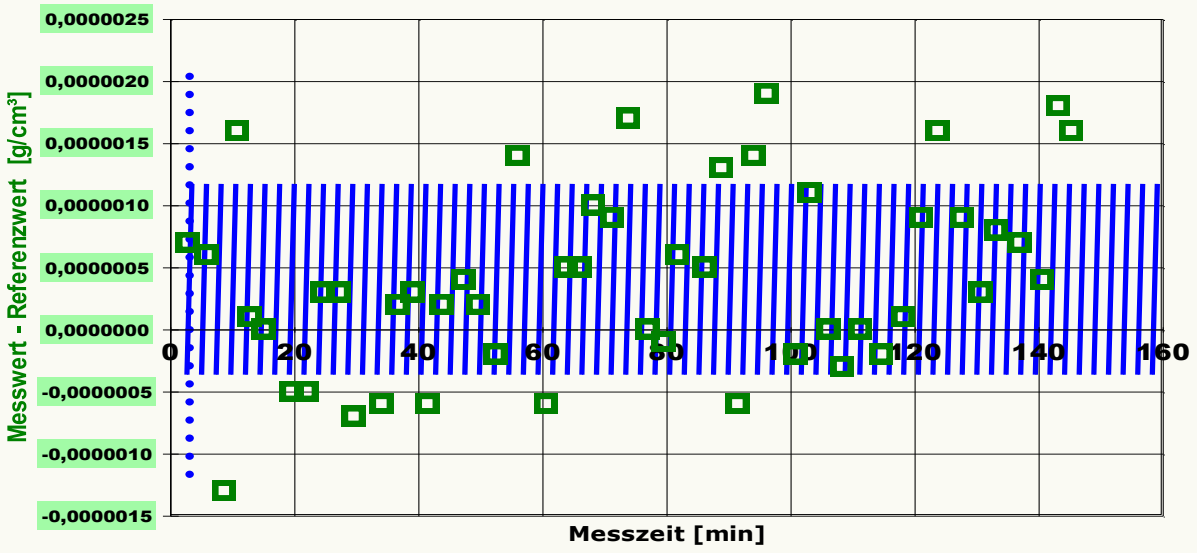
• Datentabelle

Die nachfolgende Aufstellung gibt die Daten zu den Einzelergebnissen an.

N°	*t*[min]	*T*[°C]	*ρ*[g/cm³]	Δ*ρ*[g/cm³]	*W* [g]	ΔW_t[g]	Δ*t*[s]	*N*
1.	2,9	25,0032	0,9970478	0,0000017	65,1037	-0,0002	6,3	5
2.	5,9	25,0043	0,9970475	0,0000010	65,1038	-0,0001	4,8	4
3.	8,7	25,0000	0,9970467	0,0000001	65,1038	0,0000	1,6	2
4.	10,8	25,0010	0,9970493	0,0000004	65,1036	0,0000	1,6	2
5.	12,9	25,0024	0,9970474	0,0000001	65,1038	0,0000	1,6	2
6.	15,1	24,9994	0,9970481	0,0000003	65,1037	0,0000	1,6	2
7.	19,6	24,9986	0,9970478	-0,0000001	65,1037	0,0000	1,6	2
8.	22,0	24,9934	0,9970491	0,0000008	65,1036	-0,0001	1,6	2
9.	24,6	24,9958	0,9970493	-0,0000010	65,1036	0,0001	7,9	6
10.	27,2	25,0006	0,9970481	0,0000005	65,1037	0,0000	1,6	2
11.	29,6	25,0026	0,9970466	-0,0000003	65,1038	0,0000	1,6	2
12.	34,1	25,0052	0,9970460	0,0000005	65,1039	0,0000	1,6	2
13.	36,7	25,0013	0,9970478	0,0000008	65,1037	-0,0001	1,6	2
14.	39,1	24,9990	0,9970485	0,0000004	65,1036	0,0000	3,2	3
15.	41,5	24,9997	0,9970474	0,0000003	65,1038	0,0000	4,8	4
16.	43,8	24,9992	0,9970484	-0,0000005	65,1037	0,0000	7,9	6
17.	47,3	24,9984	0,9970488	0,0000006	65,1036	-0,0001	1,6	2
18.	49,7	24,9966	0,9970490	0,0000013	65,1036	-0,0001	3,2	3
19.	52,5	24,9962	0,9970487	0,0000006	65,1036	-0,0001	9,5	7
20.	56,0	24,9956	0,9970505	0,0000015	65,1035	-0,0001	1,6	2
21.	60,6	25,0046	0,9970462	-0,0000003	65,1039	0,0000	1,6	2
22.	63,9	25,0027	0,9970478	0,0000002	65,1037	0,0000	3,2	3
23.	66,0	25,0047	0,9970473	0,0000005	65,1038	0,0000	3,2	3
24.	68,2	25,0033	0,9970481	0,0000008	65,1037	-0,0001	1,6	2
25.	71,3	24,9994	0,9970490	0,0000002	65,1036	0,0000	1,6	2
26.	73,9	24,9958	0,9970507	0,0000005	65,1034	0,0000	1,6	2
27.	77,0	24,9957	0,9970491	0,0000009	65,1036	-0,0001	1,6	2
28.	79,6	24,9950	0,9970491	0,0000000	65,1036	± 0	4,8	4
29.	81,8	24,9933	0,9970503	0,0000003	65,1035	0,0000	3,2	3
30.	86,2	25,0058	0,9970470	0,0000000	65,1038	± 0	7,9	6
31.	88,9	25,0038	0,9970483	-0,0000002	65,1037	0,0000	4,8	4
32.	91,5	25,0010	0,9970471	0,0000005	65,1038	0,0000	1,6	2
33.	94,1	25,0016	0,9970490	0,0000002	65,1036	0,0000	1,6	2
34.	96,2	25,0036	0,9970489	0,0000008	65,1036	-0,0001	1,6	2
35.	100,9	25,0015	0,9970474	0,0000003	65,1038	0,0000	4,8	4
36.	103,1	25,0027	0,9970484	0,0000007	65,1037	-0,0001	1,6	2
37.	106,2	25,0018	0,9970475	0,0000008	65,1038	-0,0001	8,0	6
38.	108,4	25,0023	0,9970471	0,0000003	65,1038	0,0000	3,2	3
39.	111,3	25,0000	0,9970480	0,0000003	65,1037	0,0000	1,6	2
40.	114,7	25,0007	0,9970476	0,0000004	65,1038	0,0000	3,2	3
41.	118,2	25,0033	0,9970472	0,0000003	65,1038	0,0000	4,8	4
42.	121,1	25,0043	0,9970478	0,0000004	65,1037	0,0000	1,6	2
43.	123,8	25,0036	0,9970486	-0,0000001	65,1036	0,0000	1,6	2
44.	127,7	25,0048	0,9970476	-0,0000001	65,1038	0,0000	4,8	4
45.	130,7	25,0040	0,9970472	-0,0000003	65,1038	0,0000	6,3	5
46.	133,2	25,0020	0,9970482	0,0000004	65,1037	0,0000	1,6	2
47.	137,0	24,9980	0,9970492	0,0000001	65,1036	0,0000	4,8	4
48.	140,6	24,9967	0,9970492	0,0000003	65,1036	0,0000	1,6	2
49.	143,2	25,0020	0,9970492	0,0000009	65,1036	-0,0001	3,2	3
50.	145,3	25,0033	0,9970487	0,0000008	65,1036	-0,0001	1,6	2

*In der Tabelle gibt die Spalte '**t**' den Zeitpunkt des Messwertes, '**T**' die Temperatur und '**ρ**' den Dichtewert an. - In der Aufstellung werden auch diagnostische Daten ausgegeben: In der Kolumne '**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 wurden. Die Rubrik '**ΔW$_t$**' gibt die zuvor eingetretene Änderung des Wägewertes wieder. Mit '**N**' wird die Zahl der dabei aufgezeichneten Wägewerte angegeben. Die Zahl in Klammern ist die Anzahl der einzelnen Wägewertablesungen in der letzten Ablesungssequenz.*

Diagramm 'Residuen':



Reference values for 'Wasser' acc. to $f(T[°C])=(6.5592063E-05\cdot T^5 - 1.1225639E-02\cdot T^4+1.0026530\cdot T^3-90.968893\cdot T^2 + 679.48991\cdot T + 9998425.9)/1E7$
Mean and Standarddev. of Residuals: 4,08E-7 ±7,5E-7 g/cm³, relative: +410ppb at a spread of 0,75ppm

Das Chart "Residuen" zeigt temperaturkompensierte Abweichungen der einzelnen Messwerte zum Referenzwert in der zeitlichen Sequenz der Messung. Das Diagramm löst den Wertebereich vollständig auf. Dies führt mitunter dazu, dass auch Unterschiede weit unterhalb der Bestimmtheit von Ergebnis- oder Referenzwerten angezeigt werden.

• Messkörper

Eingesetzter Messkörper '**QuarzRTSTD100**', Masse 161,91541±0,0002 g, Volumen$^{(25°C)}$ 97,107469±0,00075 cm³, kubischer Ausdehnungskoeffizient - temperaturabhängig: $\kappa = (2{,}2363+0{,}059479\cdot(t-25)+0{,}00050598\cdot(t-25)^2)\cdot 10^{-6}K^{-1}$. Die Druckangabe, die im Ergebnis angegeben ist, wird aus der Luftdichte zum Angabezeitpunkt ermittelt (p_{abs}=96,144 kPa) und aus dem hydrostatischen Druck (p_H=0,63 kPa), der auf den Messkörper in der mittleren Eintauchtiefe von 64 mm wirkt. Die Kompressibilität des Messkörpers wird nicht gesondert in Betracht gezogen.

• Messunsicherheit

Die Messauflösung der Wägeeinheit (0,1 mg) erlaubt mit dem Messkörper und bei der Fluiddichte die maximale Auflösung zu 0,0000010g/cm³ (1,0ppm). Die für die Messung angegebene Messunsicherheit der Wägung (±0,2 mg) bedeutet messkörperbezogen $\pm 2{,}0\cdot 10^{-6}$ g/cm³. Die Fehlerfortpflanzung der Messkörperdaten ergibt eine Unsicherheit von $\pm 7{,}7\cdot 10^{-6}$ g/cm³, die die Unsicherheit der Temperaturmessung übersteigt: Bezogen auf die Dichte und Wärmedehnung von *Wasser (Referenzwert)* erlaubt die Messauflösung des Temperatursensors (0,0001 K) die Auflösung der Dichte zu $\pm 2{,}6\cdot 10^{-8}$ g/cm³ anzugeben. Die einschränkend vorgegebene Unsicherheit der Temperaturmessung (±0,0015 K) bedeutet demnach eine Unsicherheit von $\pm 3{,}8\cdot 10^{-7}$g/cm³. Insgesamt wird somit die Messunsicherheit zu **$\pm 8{,}0\cdot 10^{-6}$ g/cm³** bestimmt.

• Technisches Verfahren

Die Werte wurden mit der genauen Methode (Meniskuseliminierung, *IMETER-Patentverfahren*) bestimmt, wodurch also die einzelnen Auftriebsmessungen voneinander unabhängig sind und systematische Fehler durch die Messkörperaufhängung/Phasengrenze sowie durch die Eintauchtiefe ausgeschlossen werden. -- Die Absenkung des Messbehälters vor der Auftriebsmessung von 3,32 mm führt mit der Querschnittsfläche der Aufhängung (Ø = 0,0029 mm²) zu einer Korrektur der Auftriebskraft über das Volumen 0,010 mm³ bei jeweiliger Flüssigkeitsdichte.

Anhand des dokumentierten Verfahrens, des Zeit- und Temperaturverlaufs, der Ausgabe der Tabelle, der Messkörperdaten sowie der evaluierten Unsicherheiten (insbesondere derer, die erst durch den Temperaturgang des Messgegenstands offenbar werden) werden in diesem Bericht Informationen ausgegeben, die die Überprüfung der Einzelwerte ermöglichen und weitere Schlussfolgerungen erlauben können.

……

• **Datenbankvergleiche**

--- R E F E R E N Z	g/cm³	A B W E I C H U N G	R E F. I D
1. **Wasser**[1]	0,997047	-1,0ppm	ID136.3
2. **Wasser**, SMOW[1]	0,997047	-1,0ppm	ID1392.1
3. Water, SMOW[1]	0,997047	-1,0ppm	ID1254.6
4. Water, Augsburg, air-free[1]	0,997044	-4,0ppm	ID1253.7
5. **Wasser**, Augsburg, Dest.[1]	0,997042	-6,0ppm	ID1391.3
6. Water, Augsburg, air-sat.[1]	0,997042	-6,0ppm	ID1387.2
7. **Wasser** (40°+)[1]	0,997162	+0,11‰	ID1393.2
8. **Wasser** Bayreuth[1]	0,99724	+0,19‰	ID1397.0
9. Morpholin[2]	0,9959 (25°C)	-1,2‰	ID80.2
10. TEGO Polyether[1]	1,00499	+0,80%	ID1009.7
11. Liquor cerebrospinalis[2]	1,007 (25°C)	+1,0%	ID1278.1
12. Skydrol LD-4[1]	1,00801	+1,1%	ID940.6
13. Ethanolamin[2]	1,0136 (25°C)	+1,7%	ID45.4
14. ProCell[1]	1,0237	+2,7%	ID1271.2
15. N-Methyl-2-pyrrolidon[2]	1,0251 (25°C)	+2,8%	ID79.9
16. Blutplasma[2]	1,0269 (25°C)	+3,0%	ID1276.3

(Vergleichsstoffe nur aus dem Referenzdatenbestand) [1]Referenzwert für 25,0032°C berechnet, [2]tabellierter Referenzwert.

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.

……

***Wägewerte** sind - wenn nicht anders ausgezeichnet - konventionelle Wägewerte (OIML); **Temperaturangaben** beziehen sich auf die Skala der ITS-90.*
***Standardabweichungen:** Verschiedentlich werden Regressionsfunktionen mit Standardabweichungen (s) bzw. Varianzen (s²) qualifiziert. Diese Streuungsangabe wird berechnet aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu dem berechneten Funktionswert (der dem Einzelwert entsprechen soll) dividiert durch die Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet, werden für ±(Mess-)Unsicherheiten stets einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben, d.h. die Überdeckung betrifft 67% der (empirischen) Werte.*
***Form und Informationsfülle** des Prüfberichts ist dadurch bedingt, dass Messdaten durch die zahlreichen Freiheitsgrade sehr vielgestaltig auftreten können. Die Variablen der Messung müssen vollständig dargestellt werden können, um verifizierbar zu sein. Vollständigkeit ist Voraussetzung für die Überprüfbarkeit und Haltbarkeit der Resultate sowie abgeleiteter Schlussfolgerungen. Nicht zuletzt erfordern einschlägige Bestimmungen (GxP, FDA cfr.11/21 etc.) zusammen mit schlicht zeitökonomischen Erwägungen diesen hiermit Großteils erledigten Aufwand. [Prüfberichte, wie dieser, werden dynamisch aus Metadaten erzeugt und benötigen daher sehr wenig Speicherplatz in der Datenbank]. Bei Routinemessungen und/oder für die evtl. parallel noch papieren geführte Ablage sollten die Prüfberichte zur Ressourcenschonung durch entsprechende Einstellungen der Formatier- und Ausgabeoptionen auf das Wesentliche gekürzt werden. Das ganze 'File', inklusive der zu Grunde liegenden Rohdaten, ist stets über die ID (hier Nummer 9859, Datenbank imeterData23) auffindbar und als Referenz oder Vergleich nutzbar. Ggf. enthalten nachfolgend ausgegebene Informationen, je nach Einstellungen und Berichtsvorlage (Stil = 'standard-i2'), verschieden detaillierte Begleitinformationen, wie die Angaben zur Ausführung der Messung, den Audit-Trail und Hinweise zur Prüfmittelüberwachung.*

……

Programm

Data createtd by execution of the IMPro ***"DichteFL_ISIF-TR2"***, type 8/50. Automatic self-repetition of the IMPro - the 5. Repetition. Die Messung wurde programmgemäß ausgeführt.

……

Prüfmittel

Das Wägesystem (WZA224) wurde während dieser Messung bei einem 14-Tage Intervall der Prüfmittelüberwachung justiert.
IMETER ID23903733: Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit*) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse*) 8,000 g/cm³, Luftdichte vgl. Tabelle unten; Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,80769 m/sec² für die Fallbeschleunigung*). Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,0001[K], Messunsicherheit ±0,0015[K]; R° 100,079064[Ohm]; AutoCal 2,5[min] (BN°3, -10/50°C, 7S, FS0, Offset: -0,00141). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit*) 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 5.5.3, LizenzN° *3037-4759*, Windows 5.1- Betriebssystem auf PC Ser.N°1480456102 (H, DIE PLATTE#).

Zwei Justierungen der Wägezelle während der Messung:

1.	Zeit: 54,6	[min]	Korrektur: 0,0000	[g]
2.	Zeit: 117,0	[min]	Korrektur: 0,0000	[g]

Die während der Messung automatisch ausgeführten Wägezellen-Justierungen sind mit relativem End-Zeitpunkt und korrigierter Abweichung oberhalb dokumentiert (die kompletten Kalibrier- und Justierprotokolle sind in der Datei 'imeterData23.cal' gesondert gespeichert).

meteorologische Angaben, Luftdichte:

Time [min]	ϕ [%]	T_a [°C]	p_a [kPa]	ρ_{air} [kg/m³]
4,6	44,88	24,144	95,780	1,1167
18,1	44,97	24,15	95,78	1,11667
31,8	45,02	24,161	95,786	1,11668
45,5	44,97	24,155	95,784	1,116684
59,0	45,06	24,158	95,782	1,116639
69,9	44,97	24,158	95,785	1,116684
84,4	44,93	24,163	95,788	1,1167
99,7	44,19	24,151	95,788	1,11685
113,2	44,18	24,144	95,796	1,11698
126,2	44,18	24,13	95,80	1,11707
139,1	44,11	24,134	95,803	1,117105

Obige Zusammenstellung gibt die Aufzeichnung der Atmosphärendaten für den Aufstellort wieder; darin bedeuten ϕ relative Luftfeuchte (r.H.), T_a Lufttemperatur und p_a absoluter Luftdruck, ρ_{air} die Luftdichte Die Ablesungen wurden automatisch durch das i-SIF ausgeführt.

……

Bericht erstellt von Krüger

„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.

Zu bemerken ist, dass die automatische Auswertung die Temperaturabhängigkeit hier nicht erkennt - dies ließe sich über die Messunsicherheit der Temperatur selbst-regelnd einstellen. Im Beispiel ist der Zusammenhang eindeutig, dies ist jedoch nicht bei allen denkbaren Messaufgaben von vorneherein der Fall. Deshalb kann man die Wertetabelle in eine Tabellenkalkulation ko-pieren, dort untersuchen und auch abweichende Schlussfolgerungen ziehen.

Zur Dichtemessung an Reinstwasser vgl.
http://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/news/pdf/deutsch/news2007_3d.pdf
https://www.ptb.de/de/org/3/nachrichten3/2008/332_wasserdichte.htm

IMETER
Messtechnik - nachhaltig zusammengefasst

Intelligenter messen.

- *Feststoff- und Flüssigkeitsdichte, Ausdehungskoeffs.*
- *Grenz-, Oberflächenspannung und ~Energie*
- *Viskosität, Rheologie, Konsistenz, Textur*
- *(Aus-)Härtungszeit, Porosität, Sorptivität u.v.a.*
- *freie und spezifische Automationen*

©2016 IMETER/MSB Breitwieser MessSysteme
Verantwortung: Michael Breitwieser,
Morellstrasse 4, D-86159 Augsburg
Tel. (+49/0)821/706450, Fax (0)821/7473489
www.imeter.de

IMETER - Dienstleistungen:
www.imeter.de/adienstleistungen.html

Probieren Sie's einfach!