



©2006 imeter/MSB Breitwieser
MessSysteme
Tel. (+49)(0)821/706450

<http://www.imeter.de>

imeter Anwendungen

Dichte und Ausdehnungskoeffizient von Salzwasser

Meerwasser hat einen Salzgehalt von typisch 3%. In diesem Beispiel wurde eine 3% NaCl (Kochsalz) -Lösung gemessen. Und zwar, um zu untersuchen, wie sich hierbei das Dichtemaximum der bekannten 4°C-Anomalie des reinen Wassers verhält und bei welcher Temperatur die Salzlösung gefriert.

Das Vorgehen zu Messung ist unkompliziert. Es wurde eine entsprechende Salzlösung hergestellt und in ein Temperiergefäß gegeben (vgl. Bild, eine Messzelle älteren Typs), der Messkörper eingesetzt und das *Packet* zur Temperierung mit den Schläuchen verbunden und in die Aufnahme im imeter eingehängt. Die Messung läuft automatisch, dabei steuert das *imeter*-Messprogramm auch den Huber-Ministat-Thermostaten (Fa. Peter Huber Kältemaschinenbau GmbH, Offenburg, www.huber-online.com).



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).

Bericht (37F0B9S16312B), imeter/MSB, Augsburg am 11.05.06

ID N° 83 - Fluid Dichte & Dilatation

ausgeführt am Mittwoch, 28 April 2004, von M.Breitwieser

Titel: SALZWASSER I

Bemerkung:

Molalität: 0,5264 [mol/kg] (~3Gew.% NaCl [ALdrich 99+%A.C.S.-Reagenz]) in Dest. Wasser. Es ergab sich nach beträchtlicher Unterkühlung die die Eistemperatur zu -3.20°C

Ergebnis: $\rho_{3,98^\circ\text{C}} = 1,022331\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $\kappa = 10\cdot 10^{-5}\text{K}^{-1}$

Bericht

Die Textangaben im Berichtskopfes, oberhalb, werden aus den Einträgen im 'Titel-' und 'Bemerkungsfeld' des Datenblattes gebildet. Das Hauptresultat wird angegeben - und in der ersten Zeile - der Authentifizierungscode zu Messung und Ergebnis.

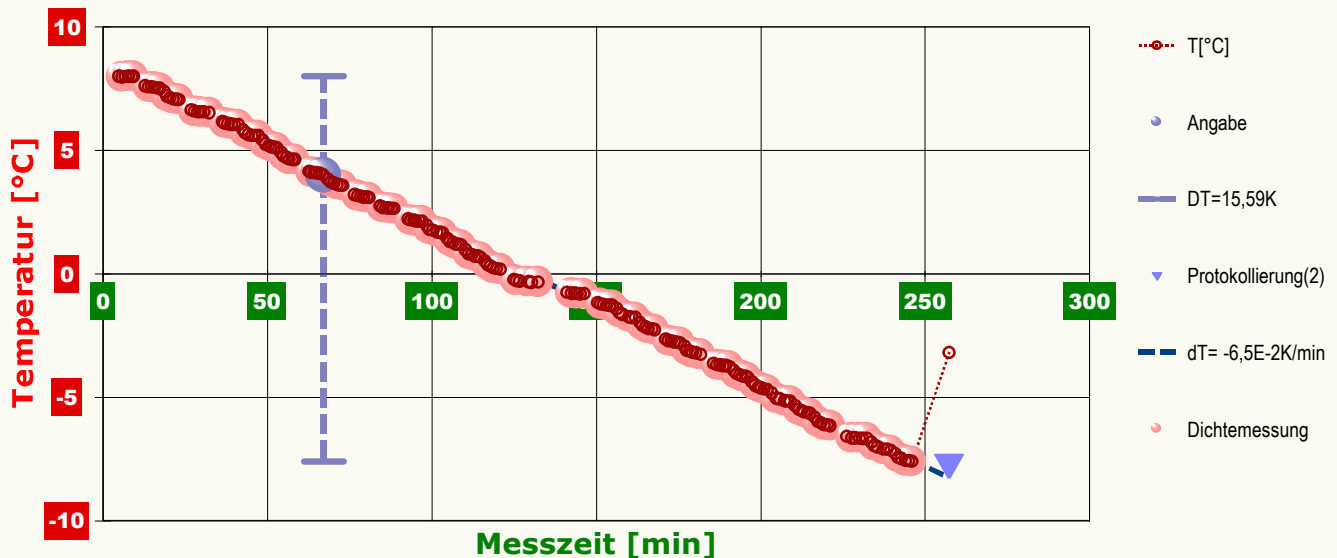
Hinweis: Die Aktivierung der Option "ERLÄUTERUNGSTEXTE", die für diese Berichtsausgabe eingestellt ist, bewirkt, dass der Bericht selbst und erklärungsbedürftige Elemente darin mit Erläuterungen versehen werden, Bearbeitungshinweise für den Anwender werden zusätzlich ausgegeben, außerdem wird auf ggf.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

• 99 Dichtemesswerte

Gesamte Dauer 4,1 Stunden. Es lag eine unetstetige, mathematisch ziemlich gleichmäßige Temperaturabnahme von 7,99 auf -7,6°C vor.

Temperaturfunktion $T[^\circ\text{C}] = 8,37 - 0,06461 \cdot t[\text{min}]$ mit $r^2=0,9923$, $s^2= 0,17$

Diagramm 'Temperaturprofil':



257,0' : gefroren! Schlagartig! Erst -2.7 dann 3.2°C. -3.20 ist wohl der Endwert.

257,5' : Wasser fast zur Hälfte Durchgefroren

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 99 Messwerte im Messablauf: 6 bis 246min, Temperatur $\Delta T = -15,59K$

Resultat: $\rho = 1,022331 \pm 0,0000053 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (277,13K, 94,76kPa)

Streuung: $\pm 5,48E-6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ absolute bzw. 5,4ppm relative Standardabweichung

Berechnung: quadratischen Regressionsgleichung, eher temperaturabhängig

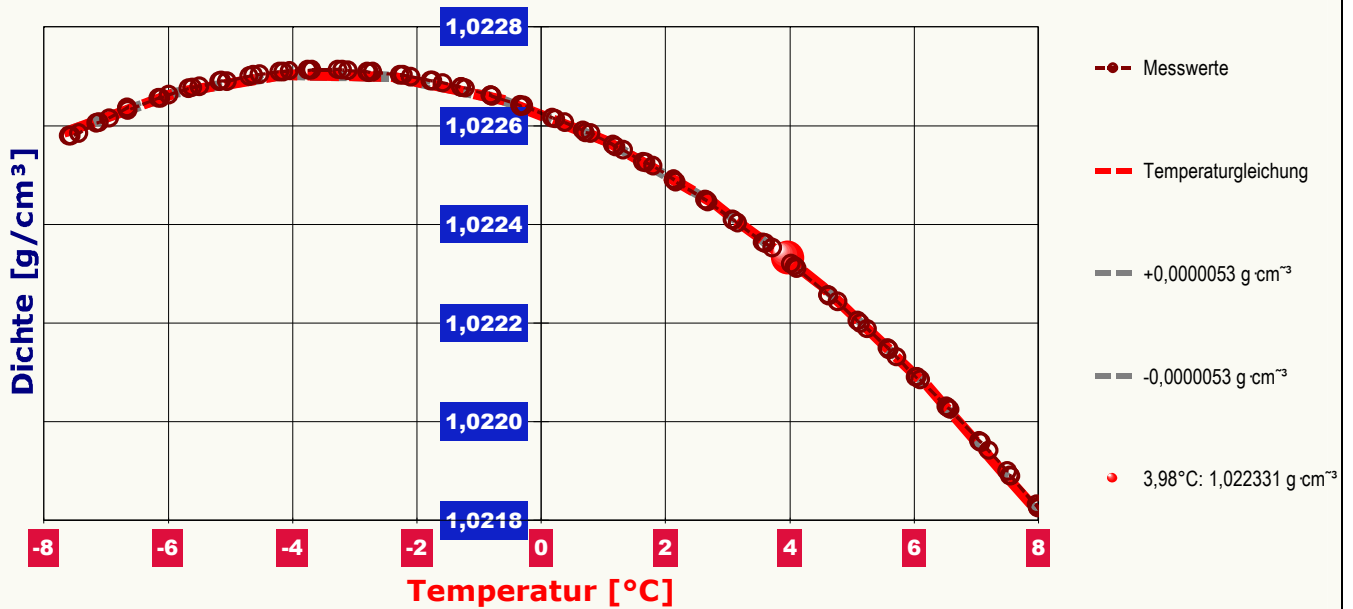
Der Temperaturkoeffizient der Dichte mit $10,1 \pm 0,2 [10^{-5}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}]$ ist wesentlich kleiner als für Flüssigkeiten normal, ebenso der Ausdehnungskoeffizient κ mit $9,88 \pm 0,2 [10^{-5}\cdot\text{K}^{-1}]$, die relative Änderung der Dichte mit der Temperatur beträgt 99ppm pro Grad bei der Angabetemperatur.

Approximation durch Temperaturfunktion zwischen -7,60 und 7,99 °C:

$$\rho(T) = 1,0226255 - 4,6904 \cdot T[^\circ\text{C}]/1E5 - 0,67991 \cdot T[^\circ\text{C}]^2/1E5 \quad r^2=0,99959 \quad s^2=3,00E-11$$

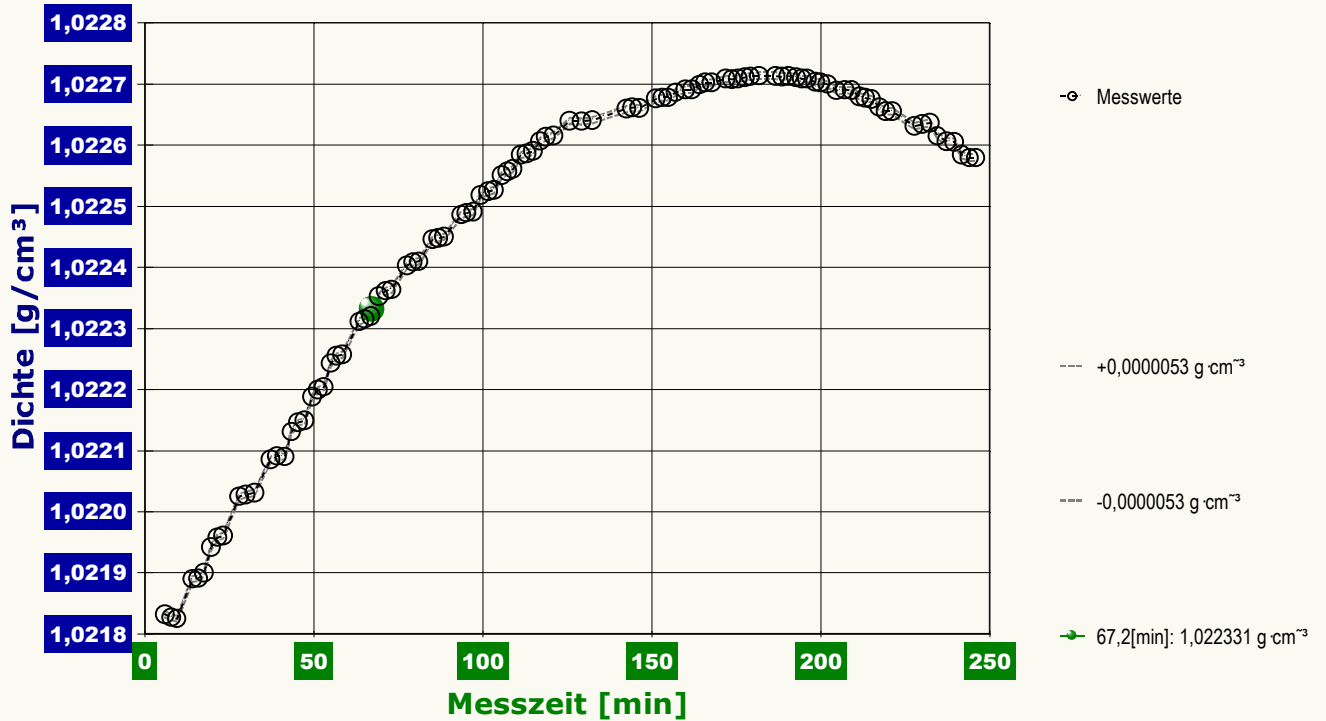
Das Ergebnis ρ der Dichtemessung wird mit der individuell berechneten Messunsicherheit angegeben (Einzelheiten dazu weiter unten) sowie die Temperatur in Kelvin und der anzugebende Druck (bei 50%r.H.) in Kilopascal. Dass die Messunsicherheit größer ist, als die Standardabweichung (Streuung), die im Bezug auf die Auswertemethode (quadratischen Regressionsgleichung) berechnet ist, zeigt **Klärungsbedarf** an!! 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, 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). Üblicherweise kann der Temperaturkoeffizient der Dichte für die Probe im Bereich zwischen 52 und 120 $10^{-5}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ liegen. **BEARBEITUNGSHINWEIS:** Die Interpretation des Temperaturkoeffizienten erfolgt, um einen Eindruck von dieser, eher unbekanntem Größe zu geben. Der Vergleich zum 'Normal' wird über Mittelwert (86) und die Standardabweichung (± 34) der in der Referenzdatenbank gespeicherten Flüssigkeitsdaten hergestellt. Die Güte der angegebenen Gleichung wird durch den Korrelationskoeffizienten (r^2 , der 'ziemlich gut' ist) und die Varianz (s^2) der Messwerte gegen die Gleichung qualifiziert.

Diagramm 'Dichte-Temperaturverlauf':



Das Diagramm, "Dichte-Temperaturverlauf", oben, zeigt die 99 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[min]	T[$^{\circ}\text{C}$]	ρ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	$\Delta\rho$ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	W [g]	ΔW [g]	Δt [s]	N
1.	5,9	7,97	1,0218320	0,0000000	37,6153	-	1,5	2
2.	7,8	7,99	1,0218270	0,0000000	37,6158	-	1,5	2
3.	9,4	7,99	1,0218250	0,0000009	37,6160	-0,0001	1,5	2
4.	14,0	7,56	1,0218900	0,0000000	37,6095	-	1,5	2
5.	15,7	7,54	1,0218910	0,0000000	37,6094	-	1,5	2
6.	17,4	7,50	1,0219000	0,0000000	37,6085	-	1,5	2
7.	19,5	7,20	1,0219420	0,0000000	37,6043	-	1,5	2
8.	21,4	7,08	1,0219580	0,0000010	37,6027	-0,0001	1,5	2
9.	23,1	7,05	1,0219610	0,0000000	37,6024	-	1,5	2
10.	27,9	6,58	1,0220250	0,0000010	37,5960	-0,0001	1,5	2
11.	29,7	6,55	1,0220280	0,0000000	37,5957	-	1,5	2
12.	32,4	6,52	1,0220310	0,0000000	37,5954	-	1,5	2
13.	37,1	6,10	1,0220850	0,0000000	37,5900	-	1,5	2
14.	39,0	6,05	1,0220910	0,0000000	37,5894	-	1,5	2
15.	41,3	6,03	1,0220900	0,0000000	37,5895	-	1,5	2
16.	43,3	5,72	1,0221310	0,0000000	37,5854	-	1,5	2
17.	45,3	5,60	1,0221460	0,0000010	37,5839	-0,0001	1,5	2
18.	47,2	5,58	1,0221490	-0,0000009	37,5836	0,0001	1,5	2
19.	49,5	5,25	1,0221880	0,0000010	37,5797	-0,0001	1,5	2
20.	51,1	5,14	1,0221990	0,0000001	37,5786	-	1,5	2
21.	52,9	5,09	1,0222040	-0,0000010	37,5781	0,0001	1,5	2
22.	55,0	4,77	1,0222430	0,0000000	37,5742	-	1,5	2
23.	56,7	4,63	1,0222550	0,0000000	37,5730	-	1,5	2
24.	58,4	4,62	1,0222570	0,0000000	37,5728	-	1,5	2
25.	63,4	4,11	1,0223110	0,0000000	37,5674	-	1,5	2
26.	65,0	4,08	1,0223150	0,0000000	37,5670	-	1,5	2
27.	66,8	4,02	1,0223200	0,0000000	37,5665	-	1,5	2
28.	69,2	3,72	1,0223520	0,0000000	37,5633	-	1,5	2
29.	71,2	3,61	1,0223620	0,0000000	37,5624	-	1,5	2
30.	72,9	3,57	1,0223640	0,0000001	37,5622	-	1,5	2
31.	77,5	3,16	1,0224030	0,0000000	37,5583	-	1,5	2
32.	79,3	3,09	1,0224090	0,0000000	37,5577	-	1,5	2
33.	81,0	3,08	1,0224100	0,0000000	37,5576	-	1,5	2
34.	85,1	2,68	1,0224460	0,0000000	37,5540	-	1,5	2
35.	86,8	2,66	1,0224480	0,0000001	37,5538	-	1,5	2

36.	88,5	2,64	1,0224500	0,0000000	37,5536	-	1,5	2
37.	93,6	2,17	1,0224860	0,0000010	37,5500	-0,0001	1,5	2
38.	95,2	2,13	1,0224890	0,0000000	37,5497	-	1,5	2
39.	97,1	2,13	1,0224910	0,0000000	37,5495	-	1,5	2
40.	99,3	1,80	1,0225180	0,0000010	37,5468	-0,0001	1,5	2
41.	101,6	1,69	1,0225240	-0,0000001	37,5462	-	1,5	2
42.	103,3	1,64	1,0225270	0,0000000	37,5460	-	1,5	2
43.	105,5	1,32	1,0225510	0,0000000	37,5436	-	1,5	2
44.	107,3	1,20	1,0225570	-0,0000010	37,5430	0,0001	1,5	2
45.	108,9	1,16	1,0225610	0,0000000	37,5426	-	1,5	2
46.	111,2	0,80	1,0225840	0,0000010	37,5403	-0,0001	1,5	2
47.	113,0	0,71	1,0225860	-0,0000010	37,5401	0,0001	1,5	2
48.	114,8	0,67	1,0225900	0,0000010	37,5397	-0,0001	1,5	2
49.	116,9	0,38	1,0226070	0,0000000	37,5381	-	1,5	2
50.	118,6	0,23	1,0226140	0,0000000	37,5374	-	1,5	2
51.	120,9	0,18	1,0226160	0,0000000	37,5372	-	1,5	2
52.	125,7	-0,28	1,0226400	0,0000010	37,5348	-0,0001	1,5	2
53.	129,3	-0,33	1,0226390	0,0000000	37,5349	-	1,5	2
54.	132,4	-0,34	1,0226410	0,0000000	37,5347	-	1,5	2
55.	142,5	-0,79	1,0226600	-0,0000001	37,5329	-	1,5	2
56.	144,2	-0,81	1,0226620	-0,0000001	37,5327	-	1,5	2
57.	146,3	-0,81	1,0226610	0,0000000	37,5328	-	1,5	2
58.	151,3	-1,22	1,0226760	0,0000000	37,5313	-	1,5	2
59.	153,1	-1,28	1,0226780	0,0000000	37,5311	-	1,5	2
60.	154,8	-1,29	1,0226780	0,0000000	37,5311	-	1,5	2
61.	157,0	-1,58	1,0226860	0,0000009	37,5303	-0,0001	1,5	2
62.	159,9	-1,75	1,0226910	-0,0000010	37,5299	0,0001	1,5	2
63.	161,9	-1,78	1,0226910	0,0000000	37,5299	-	1,5	2
64.	164,1	-2,10	1,0226990	0,0000000	37,5291	-	1,5	2
65.	165,8	-2,22	1,0227020	0,0000011	37,5288	-0,0001	1,5	2
66.	167,7	-2,27	1,0227020	0,0000000	37,5288	-	1,5	2
67.	171,9	-2,71	1,0227090	0,0000001	37,5282	-	1,5	2
68.	173,7	-2,77	1,0227080	0,0000000	37,5283	-	1,5	2
69.	175,5	-2,80	1,0227090	0,0000000	37,5282	-	1,5	2
70.	177,6	-3,11	1,0227110	-0,0000001	37,5280	-	1,5	2
71.	179,2	-3,20	1,0227130	0,0000000	37,5279	-	1,5	2
72.	181,8	-3,27	1,0227140	0,0000000	37,5278	-	1,5	2
73.	186,7	-3,69	1,0227130	0,0000000	37,5279	-	1,5	2
74.	188,5	-3,73	1,0227120	-0,0000010	37,5280	0,0001	1,5	2
75.	190,4	-3,76	1,0227130	0,0000000	37,5279	-	1,5	2
76.	192,7	-4,05	1,0227110	-0,0000010	37,5282	0,0001	1,5	2
77.	194,4	-4,15	1,0227090	0,0000000	37,5284	-	1,5	2
78.	196,0	-4,21	1,0227090	0,0000000	37,5284	-	1,5	2
79.	198,4	-4,53	1,0227040	0,0000000	37,5290	-	1,5	2
80.	200,0	-4,63	1,0227030	-0,0000001	37,5291	-	1,5	2
81.	202,0	-4,70	1,0227000	0,0000000	37,5294	-	1,5	2
82.	204,7	-5,05	1,0226900	-0,0000009	37,5305	0,0001	1,5	2
83.	207,2	-5,15	1,0226910	0,0000000	37,5304	-	1,5	2
84.	209,1	-5,18	1,0226900	0,0000010	37,5305	-0,0001	1,5	2
85.	211,5	-5,50	1,0226790	-0,0000010	37,5316	0,0001	1,5	2
86.	213,2	-5,61	1,0226770	0,0000000	37,5318	-	1,5	2
87.	215,0	-5,67	1,0226760	0,0000010	37,5320	-0,0001	1,5	2
88.	217,4	-5,99	1,0226620	0,0000000	37,5334	-	1,5	2
89.	219,2	-6,12	1,0226550	-0,0000010	37,5341	0,0001	1,5	2
90.	221,1	-6,16	1,0226550	0,0000009	37,5341	-0,0001	1,5	2
91.	227,7	-6,65	1,0226320	-0,0000010	37,5366	0,0001	1,5	2
92.	230,0	-6,66	1,0226350	0,0000010	37,5363	-0,0001	1,5	2
93.	232,3	-6,66	1,0226370	0,0000060	37,5361	-0,0006	1,5	2
94.	234,5	-6,95	1,0226150	-0,0000009	37,5383	0,0001	1,5	2
95.	237,3	-7,11	1,0226060	0,0000000	37,5392	-	1,5	2
96.	239,5	-7,16	1,0226060	0,0000000	37,5393	-	1,5	2
97.	241,7	-7,44	1,0225840	0,0000000	37,5415	-	1,5	2
98.	244,0	-7,57	1,0225790	0,0000000	37,5420	-	1,5	2
99.	245,9	-7,60	1,0225790	0,0000000	37,5420	-	1,5	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 'Δp' 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 Δp Probleme an, etwa, dass ein Wandkontakt auftritt, dass Strömungen wirken oder der Temperaturgradient zu groß ist und sich der Auftrieb spürbar ändert.

• Messkörper

Eingesetzter Messkörper 'Quarz-0703a', Masse $140,9169 \pm 0,00015 \text{g}$, Volumen^(25°C) $101,1026 \pm 0,00015 \text{cm}^3$, kubischer Ausdehnungskoeffizient $1,41 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, Kompressionsmodul 0GPa <oder nicht gesetzt>. Die Druckangabe, die zur Vervollständigung des Ergebnisses oben angegeben ist, wird aus der Luftdichte bei der Angabetemperatur ermittelt ($\rho_{\text{Luft}}(r_{\text{H},50\%}) = 94,31 \text{kPa}$) und aus dem hydrostatische Druck ($\rho_{\text{H}} = 0,45 \text{kPa}$) der auf den Messkörper in der Eintauchtiefe von 45mm im Mittel wirkt.

• Messunsicherheit

Die Messauflösung der Wägeeinheit (0,1mg) erlaubt mit dem Messkörper und bei der Fluidichte die maximale Auflösung zu $0,0000010 \text{g/cm}^3$ (0,98ppm), die für die Messung angegebene Messunsicherheit der Wägung ($\pm 0,4 \text{mg}$) bedeutet messkörperbezogen $\pm 4,0 \cdot 10^{-6} \text{g/cm}^3$. Die Fehlerfortpflanzung der Messkörperdaten ergibt eine Unsicherheit von $\pm 1,7 \cdot 10^{-6} \text{g/cm}^3$. Entscheidend ist jedoch die Unsicherheit durch die Temperaturmessung: Bezogen auf die Dichte und Wärmedehnung von Salzwasser, wie in dieser Messung bestimmt, erlaubt die Messauflösung des Temperatursensors (0,01K) die Auflösung der Dichte zu $\pm 1,0 \cdot 10^{-6} \text{g/cm}^3$ anzugeben. Die einschränkend vorgegebene Unsicherheit der Temperaturmessung ($\pm 0,03 \text{K}$) bedeutet demnach eine Unsicherheit von $\pm 3,0 \cdot 10^{-6} \text{g/cm}^3$. Insgesamt wird somit die Messunsicherheit der Dichtemessung bei $3,98^\circ \text{C}$ zu $\pm 5,3 \cdot 10^{-6} \text{g/cm}^3$ 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 3,254mm führt mit der Querschnittsfläche der Aufhängung ($\varnothing = 0,0707 \text{mm}^2$) zu einer Korrektur der Auftriebskraft über das Volumen $0,230 \text{mm}^3$ bei jeweiliger Flüssigkeitsdichte.

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.

*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:** Im Chart Nr.4, "Abweichung der Einzelwerte", wird die (temperaturkompensierte) Abweichung der einzelnen Messwerte zum Referenzwert in zeitlicher Reihe angezeigt. Bei einem gesetzmäßigen Verlauf der Änderung wird eine entsprechende lineare oder quadratische Regressionsgleichung ausgegeben. So können Trends, die bei Temperaturänderung sonst kaum sichtbar werden oder auch Unterschiede in der Wärmedehnung erkannt werden. **Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen:** Erläuterungstexte, Detaillierte Ergebnisse, Allgemeine Angaben, Vergleichsanalyse, Bearbeitungshinweise, formatierte Tabellen, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Berichtseinstellungen, Authentifizierungen. **Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen:** Datenbankvorschläge anzeigen, Audit-Trail 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 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 83, 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 "QuarzGenau+Thermostat" ausgeführt. Zeitraum der Messung, am 28.04.04 zwischen 01:04:55 und 05:22:27, Laufzeit 4,3 Stunden. Eine detaillierte Ablaufdokumentation wurde nicht aufgezeichnet. Auf ein zusätzliches Protokoll wurde auch verzichtet. Die Messung wurde programmgemäß ausgeführt. Das Ergebnis wurde erstmals am 29.04.04 um 00:20 zur Ansicht gebracht

Prüfmittel

Das Wägesystem (BP221S) wurde zuletzt 53,0 Sekunden nach dem Beginn dieser Messung von M.Breitwieser justiert. Die letzte vollständige Überprüfung/Justierung der Positioniervorrichtung von imeter (ID081007074) erfolgte am 14.04.04. Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1mg, Messunsicherheit^{*)} 0,4mg, Dichte der Justiermasse^{*)} $8,000 \text{g/cm}^3$, Luftdichte^{*)} $1,184 \text{kg/m}^3$, Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert $9,80769 \text{m/sec}^2$ 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.

Kommentar: < Die quadratische Regression ist für die Beschreibung des Dichte-Temperaturverlaufs nicht ganz ausreichend -- daher auch der automatische Hinweis ("Klärungsbedarf" im Erläuterungstext), dass das Streuungsmaß die Messunsicherheit überschreitet. Aus der Datentabelle kann die Beziehung: "Dichte als f(T) = $6,77776 \text{E-}08 \cdot \text{T}(\text{C})^3 - 6,845303 \text{E-}06 \cdot \text{T}(\text{C})^2 - 4,951866 \text{E-}05 \cdot \text{T}(\text{C}) + 1,0226261$ (mit $r^2 = 0,999975$)" leicht abgeleitet werden. > Kommentar

Per "Kommentar" können Dokumentationen frei mit beschreibenden Texten versehen werden. Hier eingebrachte Eingaben oder Änderungen werden nicht über das "Audit-Log" verwaltet. (Falls eine z.B. rechtlich wichtige Bemerkung mit Zeit und Name rechtlich verbindlich festgehalten werden sollte, dann sei diese über das 'Bemerkungsfeld' im Datenblatt eingetragen.)

Bericht erstellt von imeter

Gegenüber dem reinen Wasser tritt in der Dichte eine deutliche Anweichung zutage. Auf „Knopfdruck“ kann diese bei Bedarf und zur Rückkopplung Als NaCl quantifiziert werden. Dafür ist der nur der Name der reinen Flüssigkeit und der Verunreinigung anzugeben. Man erhält dann im Prüfbericht zusätzliche Kapitel:



ID N° 83 - Fluid Dichte, Dilatation & Reinheit

...
 Ergebnis: $\rho_{3,98^\circ\text{C}} = 1,022331\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $\kappa = 10\cdot 10^{-5}\text{K}^{-1}$
 $\sim c [\text{m}/\text{m}] = 96,9374\% \text{ Wasser, Augsburg, Dest.}$

Bericht

- Vergleichsanalyse zu *Wasser, Augsburg, Dest.*

	Referenzwert	Messung	Abweichung absolut	relativ	Signifikanz
ρ	0,999968	1,022331	+0,022363g·cm ⁻³	2%	4219
$-\Delta\rho/\Delta T$	0,000000	0,000101	+0,000101g·cm ⁻³ ·K ⁻¹	0,1‰	19

Referenz "Wasser, Augsburg, Dest.", Bezugstemperatur = 3,98°C.

Der Ergebnisvergleich mit den Angaben, die in der Referenzdatenbank zu 'WASSER, AUGSBURG, DEST.' 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. Die Aussagefähigkeit der Signifikanz bei der Bewertung der Temperaturabhängigkeit hängt stark davon ab, dass ein hinreichend großes Temperaturintervall durchgemessen wird.

- Reinheit

	% m/m	% V/V
Wasser, Augsburg, Dest. :	96,9374	98,5571
NaCl (Kochsalz) :	3,0626	1,4429

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

Wasser, Augsburg, Dest., ID101253.3:

$$\rho_1 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = (99983557.6 + 6766.661\zeta - 901.5886\zeta^2 + 9.517959\zeta^3 - 0.1000876\zeta^4 + 5.54\text{E-}4\zeta^5) / 1\text{E}8$$

Präzision: sechs gültige Dezimalen.

Ref.Anmerkungen: 'aus Messungen und dem typischen Isotopenverhältnis im Einzugsbereich der Wasserversorgung

(Lechfeld) abgeleitet (Stand 2003)'.
NaCl (Kochsalz), ID20229.3:

$$\rho_2 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 2.17 - 2.60\text{E-}4 \cdot (\zeta - 20)$$

Präzision: zwei gültige Dezimalen.

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

$\phi_{1/2}$ -Koeffizient: 1,00556147 als dimensionsloser ρ_1 -Faktor 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 'Wasser, Augsburg, Dest.' 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. Die Bestimmungsgleichung für den Koeffizienten wurde angegeben, so dass der genaue Wert aus folgender Beziehung zur Dichte (hier: $\rho_{\text{Ges}} = 1,022331\text{g}/\text{cm}^3$) ermittelt wurde:

$$\phi_{1/2} = f(\rho_{\text{Ges}}[\text{g}/\text{cm}^3]) = 0,4601564 + 0,8550026 \cdot \rho_{\text{Ges}} - 0,3144881 \cdot \rho_{\text{Ges}}^2$$

Die Referenzdaten von NaCl (Kochsalz) sind auf nur zwei Nachkommastellen bestimmt. Die Korrektheit der Gehaltsangabe wird dadurch beeinträchtigt!



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.

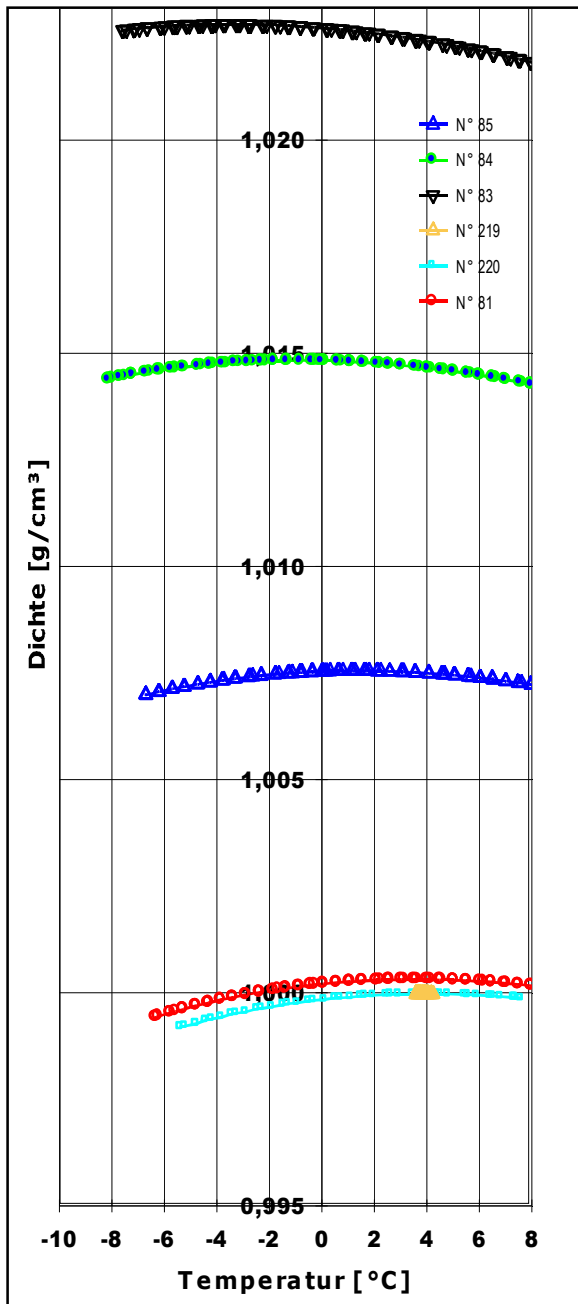


Diagramm (*imeter*-Vergleichsfunktion):
 - Weitere Ergebnisse zu Dichte/Dichtemaxima
 Eistemperatur und Salzkonzentration -

Schwarz: 3%NaCl (-3.20°C)
 Grün: 2% NaCl, (-1.62°C)
 Blau: 1% NaCl, (-0.98°C)
 Rot: Leitungswasser (-0.34°C)
 Türkis: Dest. Wasser

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>