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

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, um zu sehen, wie sich hierbei das Dichtemaximum der bekannten 4°C-Anomalie des reinen Wassers verhält und bei welcher Temperatur die Salzlösung gefriert.

Das Vorgehen zur Messung ist unkompliziert. Es wurde eine entsprechende Salzlösung hergestellt und in ein Temperiergefäß gegeben (vgl. Bild: Messkörper, Messzelle im IMETER-Gerät). Die Messung läuft automatisch. Dabei steuert das IMETER-Messprogramm auch den Huber-Ministat-Thermostaten (Fa. Peter Huber, Kältemaschinenbau GmbH).

Bitte beachten Sie auch das zusammenfassende Diagramm am Ende dieses Papiers über die Ausdehnungskoeffizienten bei verschiedenen Wässern.

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

automatischer Report (5926B7W16312B), imeter/MSB, Augsburg

ID N° 83 - Fluid Dichte & Dilatation

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:	$\rho_{3,98°C}$ **= 1,022331 ±0,0000053 g/cm³,** $\kappa_{3,98°C}$ **= 9,88·10⁻⁵K⁻¹**

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:*

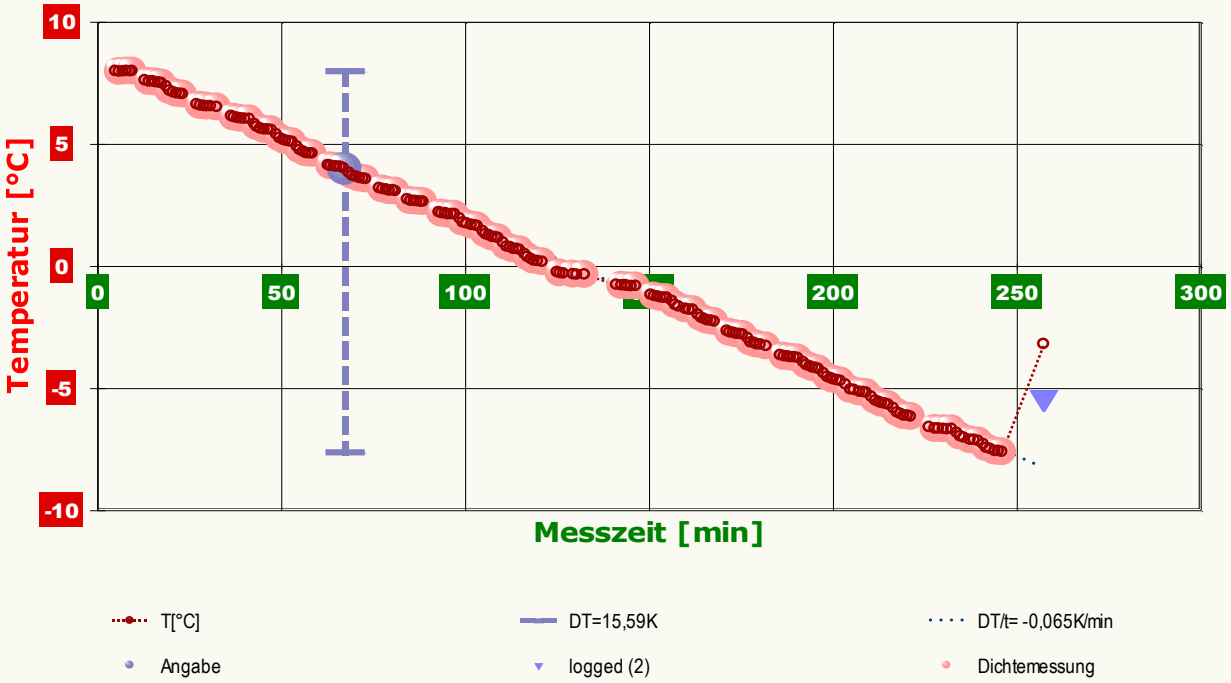
Eigenschaft und Methode
Die Dichte *(spezifische Masse, Massekonzentration)* gibt das Verhältnis von Masse zu Volumen an. Sie ist eine temperaturabhängige Stoffkonstante. Die Dichte wird in diesem Verfahren nach der Auftriebsmethode (hydrostatische Wägung) bestimmt: *"Ein in einer Flüssigkeit untertauchender 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.

• 99 Dichtemesswerte

Gesamte Dauer vier Stunden; mathematisch ziemlich gleichmäßige Temperaturabnahme von 7,99 auf -7,6°C.

Temperaturfunktion T[°C] = ƒ(t) = 8,37 -0,06461 · t[min] mit r^2=0,9923 und 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/Prüfer eingegebenen Bemerkungen werden hier wiedergegeben, wobei am Anfang der Zeile der Eintragszeitpunkt als Minutenzahl angegeben ist.

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. Die Dreiecke zeigen jene Zeitpunkte an, zu welchen vom Prüfer die oben angegebenen Anmerkungen zu Protokoll gegeben wurden.

• Ergebnisse

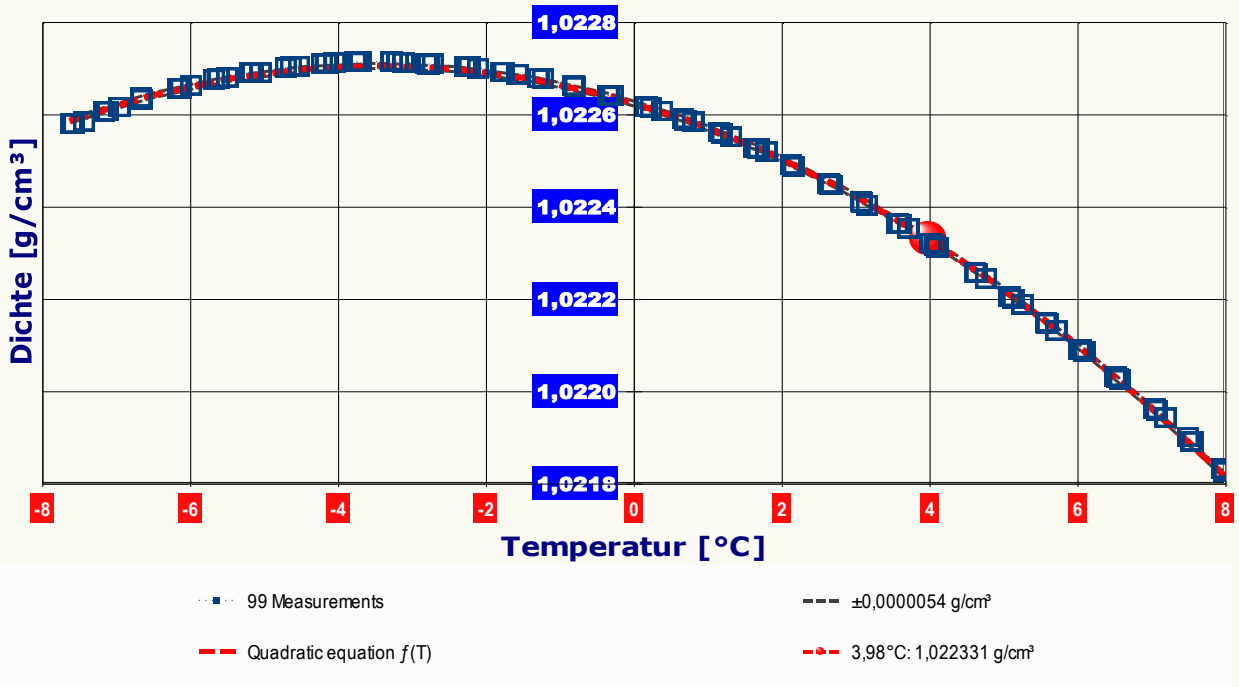
Akquisitionsperiode der 99 Messwerte im Messablauf: 6 bis 246 min, Temperatur ΔT =-15,59 K
Angabewert: ρ = **1,022331 ±<*0,0000017*> g/cm³** (277,13 K, 94,64 kPa)
Streuung: ±**5,45·10^{-6}** g/cm³ absolute bzw. 5,3ppm relative Standardabweichung
Berechnung: quadratische Regressionsgleichung.
Temperaturabhängigkeit zwischen -7,60 und 7,99 °C:
ρ [g/cm³] = $f(\vartheta$[°C]) = 1,0226256 -4,6893·ϑ/1E5 -0,68009·ϑ^2/1E5 r^2=0,99959 s^2=2,97E-11

Der Ausdehnungskoeffizient mit 9,88 [$10^{-5}K^{-1}$] ist wesentlich kleiner als für *Flüssigkeiten normal*. Er bedeutet eine Dichte-Änderung von 99ppm, entsprechend 0,000101 g/cm³ pro Grad bei der Angabetemperatur.

*Die relativ große Streuung zeigt **Klärungsbedarf** an!! - Die angenommene Messunsicherheit '0,0000017 g/cm³' wird somit durch die Standardabweichung ersetzt. --- Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Formeln stellen Vorschläge dar, wobei sich aus den Umständen der*

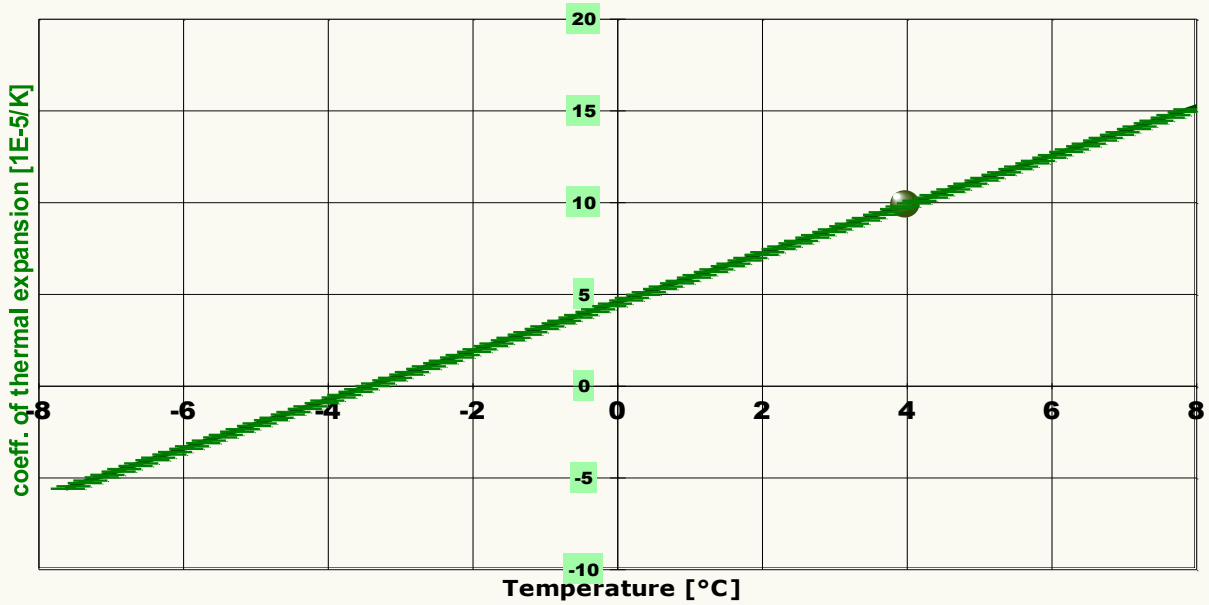
Messung ggf. andere Zusammenhänge ergeben können. - Aus der Abwägung der Einflüsse werden formale Zusammenhänge für die Bewertung ermittelt und auch 'Qualitätsangaben' erzeugt, die, wie hier, offenbar nicht ganz eindeutig sind (eine Messzeitabhängigkeit kann immer Temperatureinflüsse überlagern - Ergebnisse werden eindeutiger, wenn im Messablauf stärker unregelmäßige Temperaturänderungen eingestellt werden). Üblicherweise kann der Ausdehnungskoeffizient für Fluide bei 25°C im Bereich zwischen 50 und 150 $10^{-5}K^{-1}$ liegen. Der Korrelationskoeffizient zeigt die Qualität der gegenseitigen Abhängigkeit an (r^2, der 'ziemlich gut' ist). Die Präzision zwischen den Messwerten und der Regressionsgleichung wird durch die Varianz (s^2) der Residuen qualifiziert - die Standardabweichung ($\sqrt{s^2}$) muss deutlich kleiner als die anzunehmende Messunsicherheit sein.

Diagramm 'Dichte/Temperatur':



Das Diagramm "Dichte/Temperatur" zeigt die 99 Dichtemesswerte in Temperaturabhängigkeit an. Die Regressionsfunktion der Messwerte ist eingezeichnet. Auf ihr ist der als Ergebnis ausgewiesene Angabewert für 3,98°C als Kugelmarke dargestellt sowie, diesen umgebend, der markierte Bereich der Messunsicherheit.

Diagramm 'Ausdehnungs-Koeffizient':



*Das Diagramm, "Ausdehnungs-Koeffizient" zeigt den Verlauf des Ausdehnungskoeffizienten κ der **unbenannte Probe** aus der Ableitung der Dichte-Verlaufsgleichung an. Die Breite entspricht dem hier angenommenen Fehler. Der Angabewert ist als kugelförmiges Symbol eingezeichnet.*

Aus der quadratischen Regressionsgleichung des Dichteverlaufs kann für den Raumausdehnungskoeffizienten eine Gleichung angegeben werden:

κ | $[10^{-5}\cdot K^{-1}] = f(\vartheta[°C]) = (4{,}689+1{,}360 \cdot \vartheta) / (1{,}0226-4{,}6893E-5\cdot\vartheta-6{,}8009E-6\cdot\vartheta^2)$

Die Genauigkeit der Gleichung wird aus der Regressionsfunktion zu $\pm 0{,}07\cdot 10^{-5}$/K übernommen. Bei 3,98 °C beträgt die relative Zunahme des Koeffizienten 13% pro Grad.

*Um das Volumen bzw. eine Volumenänderung für '**unbenannte Probe**' bei einer bestimmten Temperatur ϑ im gültigen Temperaturbereich zwischen -7,6 und 8,0°C vorherzusagen, kann mit dem bei der Temperatur $\vartheta°$ gegebenen Volumen $V0_{\vartheta°}$ das Volumen $V1_{\vartheta}$ bei der Temperatur ϑ über das entsprechende Verhältnis der Dichten berechnet werden:*

$$V1_{\vartheta} = V0_{\vartheta°}\cdot(1{,}0226 -4{,}6893\cdot 10^{-5}\cdot\vartheta° -6{,}8009\cdot 10^{-6}\cdot\vartheta°^2) / (1{,}0226 -4{,}6893\cdot 10^{-5}\cdot\vartheta -6{,}8009\cdot 10^{-6}\cdot\vartheta^2)$$

• 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]	Δ*W*$_t$[g]	Δ*t*[s]	*N*
1.	5,9	7,97	1,0218321	0,0000000	37,6153	± 0	1,5	2
2.	7,8	7,99	1,0218271	0,0000000	37,6158	± 0	1,5	2
3.	9,4	7,99	1,0218251	0,0000010	37,6160	-0,0001	1,5	2
4.	14,0	7,56	1,0218901	0,0000000	37,6095	± 0	1,5	2
5.	15,7	7,54	1,0218910	0,0000000	37,6094	± 0	1,5	2
6.	17,4	7,50	1,0219000	0,0000000	37,6085	± 0	1,5	2
7.	19,5	7,20	1,0219420	0,0000000	37,6043	± 0	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	± 0	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	± 0	1,5	2
12.	32,4	6,52	1,0220310	0,0000000	37,5954	± 0	1,5	2
13.	37,1	6,10	1,0220850	0,0000000	37,5900	± 0	1,5	2
14.	39,0	6,05	1,0220910	0,0000000	37,5894	± 0	1,5	2
15.	41,3	6,03	1,0220901	0,0000000	37,5895	± 0	1,5	2
16.	43,3	5,72	1,0221311	0,0000000	37,5854	± 0	1,5	2
17.	45,3	5,60	1,0221461	0,0000010	37,5839	-0,0001	1,5	2
18.	47,2	5,58	1,0221492	-0,0000010	37,5836	0,0001	1,5	2
19.	49,5	5,26	1,0221881	0,0000010	37,5797	-0,0001	1,5	2
20.	51,1	5,14	1,0221991	0,0000000	37,5786	± 0	1,5	2
21.	52,9	5,09	1,0222041	-0,0000010	37,5781	0,0001	1,5	2
22.	55,0	4,77	1,0222432	0,0000000	37,5742	± 0	1,5	2
23.	56,7	4,64	1,0222552	0,0000000	37,5730	± 0	1,5	2
24.	58,4	4,62	1,0222572	0,0000000	37,5728	± 0	1,5	2
25.	63,4	4,11	1,0223114	0,0000000	37,5674	± 0	1,5	2
26.	65,0	4,08	1,0223154	0,0000000	37,5670	± 0	1,5	2
27.	66,8	4,02	1,0223204	0,0000000	37,5665	± 0	1,5	2
28.	69,2	3,72	1,0223525	0,0000000	37,5633	± 0	1,5	2
29.	71,2	3,61	1,0223615	0,0000000	37,5624	± 0	1,5	2
30.	72,9	3,57	1,0223636	0,0000000	37,5622	± 0	1,5	2
31.	77,5	3,16	1,0224027	0,0000000	37,5583	± 0	1,5	2
32.	79,3	3,09	1,0224089	0,0000000	37,5577	± 0	1,5	2
33.	81,0	3,08	1,0224099	0,0000000	37,5576	± 0	1,5	2
34.	85,1	2,68	1,0224460	0,0000000	37,5540	± 0	1,5	2
35.	86,8	2,66	1,0224480	0,0000000	37,5538	± 0	1,5	2
36.	88,5	2,64	1,0224500	0,0000000	37,5536	± 0	1,5	2
37.	93,6	2,17	1,0224863	0,0000010	37,5500	-0,0001	1,5	2
38.	95,2	2,13	1,0224893	0,0000000	37,5497	± 0	1,5	2
39.	97,1	2,13	1,0224912	0,0000000	37,5495	± 0	1,5	2
40.	99,3	1,80	1,0225184	0,0000010	37,5468	-0,0001	1,5	2
41.	101,6	1,69	1,0225245	0,0000000	37,5462	± 0	1,5	2
42.	103,3	1,64	1,0225266	0,0000000	37,5460	± 0	1,5	2
43.	105,5	1,32	1,0225508	0,0000000	37,5436	± 0	1,5	2
44.	107,3	1,20	1,0225569	-0,0000010	37,5430	0,0001	1,5	2
45.	108,9	1,16	1,0225610	0,0000000	37,5426	± 0	1,5	2
46.	111,2	0,81	1,0225842	0,0000010	37,5403	-0,0001	1,5	2
47.	113,0	0,71	1,0225863	-0,0000010	37,5401	0,0001	1,5	2
48.	114,8	0,67	1,0225903	0,0000010	37,5397	-0,0001	1,5	2
49.	116,9	0,39	1,0226066	0,0000000	37,5381	± 0	1,5	2
50.	118,6	0,24	1,0226136	0,0000000	37,5374	± 0	1,5	2
51.	120,9	0,18	1,0226157	0,0000000	37,5372	± 0	1,5	2
52.	125,7	-0,28	1,0226401	0,0000010	37,5348	-0,0001	1,5	2

53.	129,3	-0,33	1,0226392	0,0000000	37,5349	± 0	1,5	2
54.	132,4	-0,34	1,0226412	0,0000000	37,5347	± 0	1,5	2
55.	142,5	-0,79	1,0226596	0,0000000	37,5329	± 0	1,5	2
56.	144,2	-0,81	1,0226617	0,0000000	37,5327	± 0	1,5	2
57.	146,3	-0,81	1,0226607	0,0000000	37,5328	± 0	1,5	2
58.	151,3	-1,22	1,0226762	0,0000000	37,5313	± 0	1,5	2
59.	153,1	-1,28	1,0226782	0,0000000	37,5311	± 0	1,5	2
60.	154,8	-1,29	1,0226782	0,0000000	37,5311	± 0	1,5	2
61.	157,0	-1,57	1,0226865	0,0000010	37,5303	-0,0001	1,5	2
62.	159,9	-1,75	1,0226907	-0,0000010	37,5299	0,0001	1,5	2
63.	161,9	-1,78	1,0226908	0,0000000	37,5299	± 0	1,5	2
64.	164,1	-2,10	1,0226991	0,0000000	37,5291	± 0	1,5	2
65.	165,8	-2,22	1,0227023	0,0000010	37,5288	-0,0001	1,5	2
66.	167,7	-2,27	1,0227024	0,0000000	37,5288	± 0	1,5	2
67.	171,9	-2,71	1,0227090	0,0000000	37,5282	± 0	1,5	2
68.	173,7	-2,77	1,0227080	0,0000000	37,5283	± 0	1,5	2
69.	175,5	-2,80	1,0227091	0,0000000	37,5282	± 0	1,5	2
70.	177,6	-3,11	1,0227114	0,0000000	37,5280	± 0	1,5	2
71.	179,2	-3,19	1,0227126	0,0000000	37,5279	± 0	1,5	2
72.	181,8	-3,27	1,0227137	0,0000000	37,5278	± 0	1,5	2
73.	186,7	-3,69	1,0227133	0,0000000	37,5279	± 0	1,5	2
74.	188,5	-3,73	1,0227123	-0,0000010	37,5280	0,0001	1,5	2
75.	190,4	-3,76	1,0227134	0,0000000	37,5279	± 0	1,5	2
76.	192,7	-4,04	1,0227109	-0,0000010	37,5282	0,0001	1,5	2
77.	194,4	-4,15	1,0227090	0,0000000	37,5284	± 0	1,5	2
78.	196,0	-4,21	1,0227091	0,0000000	37,5284	± 0	1,5	2
79.	198,4	-4,52	1,0227036	0,0000000	37,5290	± 0	1,5	2
80.	200,0	-4,63	1,0227027	0,0000000	37,5291	± 0	1,5	2
81.	202,0	-4,70	1,0226999	0,0000000	37,5294	± 0	1,5	2
82.	204,7	-5,04	1,0226895	-0,0000010	37,5305	0,0001	1,5	2
83.	207,2	-5,15	1,0226907	0,0000000	37,5304	± 0	1,5	2
84.	209,1	-5,18	1,0226897	0,0000010	37,5305	-0,0001	1,5	2
85.	211,5	-5,49	1,0226793	-0,0000010	37,5316	0,0001	1,5	2
86.	213,2	-5,61	1,0226774	0,0000000	37,5318	± 0	1,5	2
87.	215,0	-5,67	1,0226756	0,0000010	37,5320	-0,0001	1,5	2
88.	217,4	-5,98	1,0226621	0,0000000	37,5334	± 0	1,5	2
89.	219,2	-6,12	1,0226555	-0,0000010	37,5341	0,0001	1,5	2
90.	221,1	-6,16	1,0226555	0,0000010	37,5341	-0,0001	1,5	2
91.	227,7	-6,65	1,0226315	-0,0000010	37,5366	0,0001	1,5	2
92.	230,0	-6,66	1,0226345	0,0000010	37,5363	-0,0001	1,5	2
93.	232,3	-6,66	1,0226365	0,0000059	37,5361	-0,0006	1,5	2
94.	234,5	-6,95	1,0226151	-0,0000010	37,5383	0,0001	1,5	2
95.	237,3	-7,11	1,0226065	0,0000000	37,5392	± 0	1,5	2
96.	239,5	-7,16	1,0226056	0,0000000	37,5393	± 0	1,5	2
97.	241,7	-7,43	1,0225842	0,0000000	37,5415	± 0	1,5	2
98.	244,0	-7,57	1,0225794	0,0000000	37,5420	± 0	1,5	2
99.	245,9	-7,60	1,0225795	0,0000000	37,5420	± 0	1,5	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.*

- **Messkörper**

Eingesetzter Messkörper '**Quarz-Standard**', Masse 140,9169±0,00015 g, Volumen$^{(25°C)}$ 101,1026±0,00015 cm³, kubischer Ausdehnungskoeffizient $1{,}41 \cdot 10^{-6} K^{-1}$. Die Druckangabe, die im Ergebnis angegeben ist, wird aus der Luftdichte zum Angabezeitpunkt ermittelt (p_{abs}=94,31 kPa) und aus dem hydrostatischen Druck (p_H=0,326 kPa), der auf den Messkörper in der mittleren Eintauchtiefe von 33 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 0,00000097g/cm³ (0,95ppm). Die für die Messung angegebene Messunsicherheit der Wägung (±0,4 mg) bedeutet messkörperbezogen $\pm 3{,}9 \cdot 10^{-6}$ g/cm³. Die Fehlerfortpflanzung der Messkörperdaten ergibt eine Unsicherheit von $\pm 1{,}7 \cdot 10^{-6}$ g/cm³. Entscheidend ist jedoch die Unsicherheit durch die Temperaturmessung: Bezogen auf die Dichte und Wärmedeh-

nung von ***unbenannte Probe***, wie in dieser Messung bestimmt, erlaubt die Messauflösung des Temperatursensors (0,01 K) die Auflösung der Dichte zu ±1,0·10^{-6} g/cm³ anzugeben. Die einschränkend vorgegebene Unsicherheit der Temperaturmessung (±0,03 K) bedeutet demnach eine Unsicherheit von ±3,0·10^{-6}g/cm³. Insgesamt wird somit die Messunsicherheit bei 3,98°C zu **±5,2·10^{-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 3,254 mm führt mit der Querschnittsfläche der Aufhängung (Ø = 0,07070 mm²) zu einer Korrektur der Auftriebskraft über das Volumen 0,230 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.

In diesem Bericht werden nicht alle verfügbaren Diagramme ausgegeben. Sie können die Ausgabe der Grafiken durch Aktivierung der entsprechenden "Checkboxen" (unter der Registerkarte "Optionen") bewirken.
Nicht angezeigte Charts: *Mit Diagramm 3, "Messwerte - 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.*
Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen: *Erläuterungstexte, detaillierte Ergebnisse, allgemeine Angaben, Vergleichsanalyse, formatierte Tabellen, Prüfmittelüberwachung, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Berichtseinstellungen, Authentifizierungen.*
Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen: *Datenbankvorschläge anzeigen, Bearbeitungshinweise, Audit-Trail, sensorische Zusatzdaten + IFG-Ereignisse werden nicht angezeigt.*
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 83, Datenbank imeter-Beispiele) 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 ***"QuarzGenau+Thermostat"***, type 8/50. Die Messung wurde programmgemäß ausgeführt.

.....

Prüfmittel

Das Wägesystem (BP221S) wurde zuletzt 50 Sekunden vor dem Beginn dieser Messung von M.Breitwieser justiert.
IMETER ID081007074: Systemdaten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit*) 0,4 mg, Dichte der Justiermasse*) 8,000 g/cm³, Luftdichte*) 1,184 kg/m³; Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,80769 m/sec² für die Fallbeschleunigung*).

.....

Nachträgliche Anmerkung(en):
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) =6,77776E-08*T(°C)³ - 6,845303E-06*T(°C)² - 4,951866E-05T*(°C) + 1,0226261 (mit r² = 0.999975)" leicht abgeleitet werden.*** > Kommentar

"Kommentare" sind freie Texte, die der Operator zur Dokumentation der Messung hinzufügt.

.....

Report created by IMETER

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

IMETER V.5.0 rev.43

automatischer Report (5926B7M16312B), imeter/MSB, Augsburg

ID N° 83 - Fluid Dichte, & Dilatation & Reinheit

Titel: **SALZWASSER I**

…

Report

…

• Datenbankvergleich zu "*Wasser, Augsburg, Dest.*" für 3,98°C

	Referenz	Messung	Δ absolut	Δ relativ	Δ / u
ρ	0,999968	1,022331	+0,022363 g/cm³	2%	**4141**

*Der Ergebnisvergleich mit den Angaben, die in der Referenzdatenbank zu 'WASSER, AUGSBURG, DEST.' 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, $-\Delta\rho/\Delta T$ für die absolute Änderung bei einem Grad Temperaturabnahme (bei 3,98°C); 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.*

• Reinheit

		% $^{m}/_{m}$	% $^{V}/_{V}$	
Wasser, Augsburg, Dest.	**:**		**95,9430**	**98,0887**
NaCl (Kochsalz)	**:**	**4,0570**	**1,9113**	

Die Gehaltsbestimmung basiert auf vorliegenden Datenbankeinträgen:

<u>*Wasser, Augsburg, Dest., ID101391.3*</u>:

$\rho_1 = f(\zeta[°C])=(99983557.6+6766.661\cdot\zeta-901.5886\cdot\zeta^2+9.517959\cdot\zeta^3 - 0.1000876\cdot\zeta^4+5.54E-4\cdot\zeta^5)/1E8$

Präzision: sechs gültige Dezimalen.

Ref. Anmerkungen: *'aus Messungen und dem typischen Isotopenverhältnis im Einzugsbereich der Wasserversorgung (Lechfeld) abgeleitet (Stand 2003)'*.

<u>*NaCl (Kochsalz), ID20229.3*</u>: $\rho_2 = f(\zeta[°C])=2.17-2.60E-4 \cdot (\zeta - 20)$

Präzision: zwei gültige Dezimalen.

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

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

Die Berechnung der Reinheit bzw. des Gehalts beruht auf der Beziehung: $\rho_{Ges} = (m_1+m_2) /(m_1/\rho_1 + m_2/\rho_2)$. Dabei ist ρ_{Ges} der hier gemessene Dichtewert, dessen Verhältnis in der Summe der Massen ($m_1 + m_2$) und der Volumen (jeweils $V=m/\rho$) 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 konzentrationsabhängig), ist der Zahlenwert, der mit $\rho 1$ multipliziert wird, [illegible]ckt den Schwund ($\phi_{1/2} > 1$) oder die Expansion ($\phi_{1/2} < 1$) durch die Wirkung der Mischung auf die Gesamtdichte aus. Der Wert '1' ist, wie angegeb[illegible] ideale Dispersionen und Lösungen, Emulsionen und Schäume sowie in der Regel bei geringfügigen Beimen[illegible] (Kochsalz)) kann sich ein nicht ermittelter $\phi_{1/2}$ - Koeffizient verstärkt auswirken! Die [illegible] Nachkommastellen bestimmt. Die Korrektheit der Gehaltsangabe wird dadurch bee[illegible]

…

„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, kennt den Fall, dass manche Werte nicht ins Bild passen - Ausreißer? Die Dokumentation von Messungen, wie sie IMETER hier bietet, erlaubt es, sehr viel später noch die Plausibilität zu überprüfen. Das gibt Sicherheit und fördert Entdeckungen.

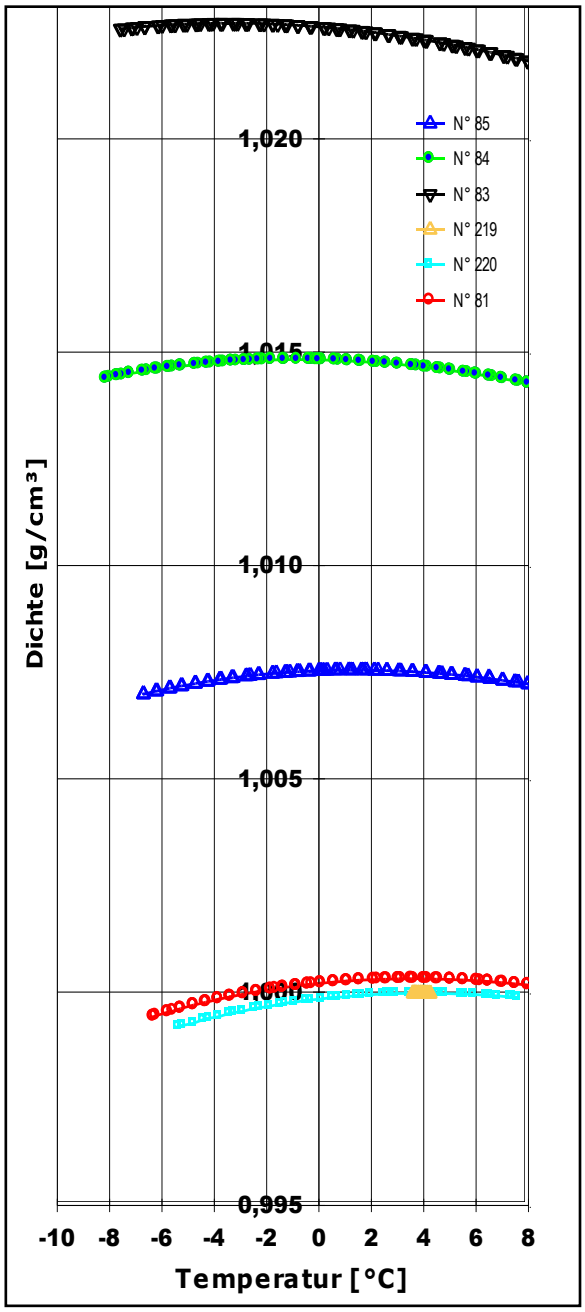
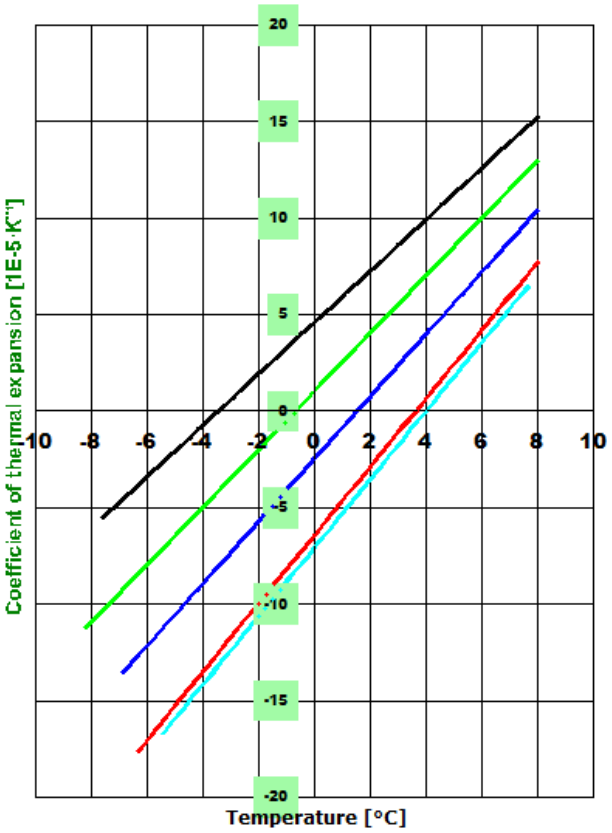


Diagramm (*imeter*-Vergleichsfunktion):
- Weitere Ergebnisse zu Dichte/Dichtemaxima, Ausdehungskoeffizienten, Eistemperatur und Salzkonzentration -

Schwarz: 3%NaCl (-3.20°C)
Grün: 2% NaCl, (-1.62°C)
Blau: 1% NaCl, (-0.98°C)
Rot: Leitungswasser- Augsburg (-0.34°C)
Türkis: Dest. Wasser (0.0°C)



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!