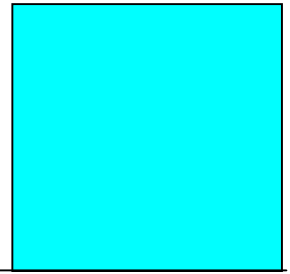


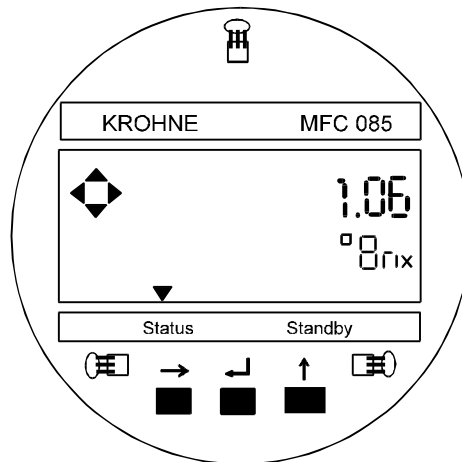
KROHNE



CORIMASS

Betriebshandbuch
für
MFC 081 / 085

Konzentrationsmessung



1. Einleitung	3
2. Begriffsbestimmungen	4
2.1 Volumenkonzentration (C_V)	4
2.2 Massekonzentration (C_M)	4
2.3 Brix	4
2.4 Baumé	4
2.5 Spezifisches Gewicht	5
3. Programmieren des Meßumformers	5
3.1 Menüvarianten für Konzentrationen	5
3.2 Anzeige von Konzentration und Durchflußmenge des gelösten Stoffes	6
3.3 Ausgabe der Konzentrationswerte	7
4. Universelle Konzentration	9
4.1 Mischungen aus zwei unvermischbaren und inkompressiblen Stoffen	9
4.2 Konzentration mischbarer Flüssigkeiten	10
4.3 Bestimmung der Parameter für die universelle Konzentration	11
4.4 Parametereingabe in den Meßumformer	14
5. Praktische Überlegungen zur Konzentrationsmessung	15
5.1 Genauigkeit der Konzentrationsberechnung	15
5.2 Brix-Messungen	16
5.3 Natronlauge (NaOH), Konzentration	17
Anhang 1 Tabelle der Brix-Werte in Abhängigkeit von Dichte und Temperatur	18
Anhang 2 Dichte des Wassers in Abhängigkeit von der Temperatur	25

1. Einleitung

Unsere Massedurchflußumformer MFC 081 und 085 eignen sich in ihrer Standardausführung für das unmittelbare Messen des Gesamtmassestroms, der Massemenge, der Dichte und der Temperatur des durch das Meßrohr gehenden Prozeßmediums. Aus den Meßwerten für Massedurchfluß und Dichte ist es dann möglich, weitere Werte für Volumenstrom und Volumenmenge abzuleiten.

Wenn das Prozeßmedium eine Mischung aus zwei Bestandteilen ist und deren Werte bekannt sind, kann aus der gemessenen Dichte auf das Mischverhältnis geschlossen werden. Wenn freilich die beiden Bestandteile gleiche (oder ähnliche) Einzeldichten haben, hat auch die Mischung dieselbe Dichte, ganz gleich, in welchem Verhältnis sie zusammengesetzt ist. In diesem Falle kann die Konzentration nicht abgeleitet werden. Je mehr sich die Dichten der Mischungsbestandteile bescheiden, desto genauer läßt sich das Mischungsverhältnis bestimmen.

Unsere Meßumformer MFC081 und 085 sind mit erweiterter Software lieferbar, mit der die Konzentrationen von festen/gelösten Anteilen in verschiedenen Mischungen bestimmt werden können. Beispiele solcher Mischungen sind:

Feststoff-/Flüssigsuspensionen oder Schlämme

Öl-/Wasseremulsionen

In Wasser oder anderem Lösungsmittel gelöste Feststoffe

Wegen der verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften solcher Mischungen paßt keine Konzentrationsgleichung für jeden einzelnen Fall. Daher stellt die Software für das Ermitteln der Konzentrationen fünf verschiedenen Versionen zur Verfügung.

Universelle Konzentration

Hier handelt es sich um einen freiprogrammierbaren Algorithmus für Mischungen aus zwei sich nicht mischender Anteilen (Öl-/Wasseremulsionen oder Feststoff-Flüssigschlämme). Er eignet sich auch für die meisten anderen Mischungen, jedoch ist die Meßgenauigkeit unter Umständen nur über einen begrenzten Bereich möglich.

Brix

Konzentration von **Saccharose in reinem Wasser**, gemessen in °BRIX

Baumé Rational

Baumé Commercial

Konzentration von **Saccharose in reinem Wasser**, gemessen in °BAUMÉ. Für diese Skala gibt es zwei Versionen, COMMERCIAL, mehr in den USA gebräuchlich, und RATIONAL für Europa.

NATRONLAUGE, NaOH, KONZENTRATION

Konzentration wässrigeren Natriumhydroxyds (NaOH), Lösungen.

Diese verschiedenen Versionen der Software ermöglichen Messungen der Konzentration (in °Brix, °Baumé oder als Masse-%). Sie ermöglichen auch die Messung der Durchflußmenge des gelösten Stoffes, so daß der Massedurchfluß des Feststoffes / gelösten Stoffes in die Anzeige kommt. Bei der universelle Konzentration kann auch die Volumenkonzentration angezeigt werden.

Anmerkung:

Die Konzentrationsmessungen können nur so gut sein wie die Dichtemessungen, von denen sie abgeleitet werden. Die besten Ergebnisse erzielt man, wenn der Prozeß bei stabiler Temperatur abläuft. Dazu sollte das Gerät auf den Dichtewert bei der gewünschten Temperatur einjustiert werden. Plötzliche Temperaturänderungen sollte man vermeiden.

2. Begriffsbestimmungen

2.1 Volumenkonzentration (C_V)

Eine Mischung mit dem Gesamtvolumen V_T enthält einen Stoffanteil mit dem Volumen V_S . Die Volumenkonzentration C_V dieses Anteils beträgt:

$$C_V = \frac{V_S}{V_T} \times 100\%$$

Anmerkung: V_S , V_T und also auch C_V ändern sich mit der Temperatur.

2.2 Massekonzentration (C_M)

Eine Mischung oder Lösung mit der Gesamtmasse M_T enthält einen Stoffanteil mit der Masse M_S . Die Massenkonzentration C_M dieses Anteils beträgt:

$$C_M = \frac{M_S}{M_T} \times 100\%$$

Massen M_S , M_T und also auch C_M ändern sich **nicht** mit der Temperatur.

2.3 Brix

Brix ist die **Massekonzentration** von Saccharose in reinem Wasser. Eine 10%ige Lösung hat einen Wert von 10°Brix. Der Brix-Wert einer Lösung ändert sich **nicht** mit der Temperatur. Wenn eine 100 g schwere Lösung 10 g Saccharose enthält, enthält sie diese 10 g immer, gleich ob die Temperatur 10, 20 oder 30°C beträgt.

Wenn man nach Brix mißt, erhält man folgendes:

Konzentration Saccharose C_{BX} °Brix

Massestrom Saccharose oder Brix-Durchfluß

C_{BX} wird beschrieben durch:

$$C_{BX} = \frac{M_{SACCHAROSE}}{M_{SACCHAROSE} + M_{WASSER}} \cdot 100$$

Dabei bedeuten:

$M_{SACCHAROSE}$ = Masse der Saccharose

M_{WASSER} = Masse des Wassers

$$BRIX\ RATE = \frac{C_{BX}}{100} \cdot \dot{m}$$

Die Brix-Rate, (Massedurchfluß der Saccharose) wird wiedergegeben durch:

d.h.: \dot{m} = Massestrom der Gesamtlösung

2.4 Baumé

Die Konzentration wässriger Saccharose läßt sich auch mit der Baumé-Skala messen. Die Grundlage ist die Wichte der Saccharose-Lösungen d_{15}^{15} , bezogen auf Wasser bei 15°C und gemessen bei 15°C. Die Konzentration erhält man durch:

$$Conc. = K_B \left(1 - \frac{1}{d_{15}^{15}} \right) \cdot Be$$

Es gibt zwei Baumé-Skalen:

Baumé Commercial (USA) $K_B = 145.0$

Baumé Rational $K_B = 144.3$

2.5 Spezifisches Gewicht d_Y^X

Dies ist die Dichte eines bei X°C gemessenen und auf die Dichte von Wasser bei Y°C bezogenen Meßstoffs.

Beispiel:

Bei 20°C hat Wasser eine Dichte von 0.9982 g/cm³.

Bei 4°C hat Wasser eine Dichte von 0.99997 g/cm³.

Bei 20°C hat eine 10%ige Saccharose-Lösung eine Dichte von 1.0381 g/cm³.

Für die Saccharose-Lösung gilt also:

$$d_{20}^{20} = \frac{1.0381}{0.9982} = 1.03997$$

$$d_4^{20} = \frac{1.0381}{0.99997} = 1.03813$$

3. Programmieren des Meßumformers

3.1 Menüvarianten für Konzentrationen

Aus der nachstehenden Tabelle 3.1.1 ist ersichtlich, wie sich die Menüs für die Meßumformer MFC081 / 085 je nach Wahl der Konzentrationsskala ändern. Die Hauptunterscheidung von der Normalsoftware liegt in den Menüs Fkt. 1.2 und 3.2. Damit kann der Meßwert mit der gewünschten Skala in die Anzeige geholt werden. Bei der universellen Konzentration kann man mit den Funktionen 3.10.1 bis 3.10.7 produktspezifischen Werte eingeben.

Tabelle 3.1.1
Menüwahl für Konzentrationen

Konzentrationsvarianten					
Untermenü	Ohne	Brix	Baume	Univ.Konz.	NaOH
Fkt. 1.2.9 / 3.2.9	nicht möglich	Brix Rate	Substrat Durchfluß	Substrat Durchfluß	Substrat Durchfluß
Fkt. 1.2.10 / 3.2.10	nicht möglich	Brix	Baume	Masse Konz	Masse Konz
Fkt. 1.2.11 / 3.2.11	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Vol Konz.	nicht möglich
Fkt. 3.10.0	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Konz Messung	nicht möglich
Fkt. 3.10.1	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Substrat R20	nicht möglich
Fkt. 3.10.2	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Substrat K1	nicht möglich
Fkt. 3.10.3	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Substrat K2	nicht möglich
Fkt. 3.10.4	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Lösung	nicht möglich
Fkt. 3.10.5	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Lösung R20 [*]	nicht möglich
Fkt. 3.10.6	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Lösung K1 [*]	nicht möglich
Fkt. 3.10.7	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	Lösung K2 [*]	nicht möglich

^{*}Nur verfügbar, wenn mit Fkt. 3.10.4 als Flüssigkeit Nichtwasser gewählt wird

3.2 Anzeige von Konzentration und Durchflußmenge des gelösten Stoffes

Die Tabelle 3.2 zeigt, in welchen Anzeigearten der Meßumformer die Konzentrationen anzeigen kann. Alle Anzeigen bedeuten Massekonzentration (in °Brix, °Baumé oder als Prozent) und Durchflußmenge des Feststoffs. Bei Wahl von universeller Konzentration wird auch nach Volumenprozent angezeigt.

Die Steuerung dieser Anzeigen ist im Grunde immer gleich. Schauen Sie auch in die Standardbetriebsanleitung. Beispiel NaOH, beginnend mit Betriebsart Messen:

Taste	Zeile 1	Zeile 2	Bemerkung
→↑↑	Fkt. 3.(0)	INSTALL	
→↑	Fkt. 3.(2).0	ANZEIGE	
→↑x8	Fkt. 3.2.(9)	SUBST.RATE	
→		(AUS)	Anzeige AUS
↑	00000.000	(g)/min	Anzeige EIN, Taste ↑ wählt Maßeinheit für Masse
↑	00000.000	(kg)/min	
→	00000.000	kg/(min)	Taste ↑ wählt Maßeinheit für Zeit
→	00000(.)000	kg/min	Taste ↑ verschiebt Dezimalpunkt
↑	000000(.)00	kg/min	
↵	Fkt. 3.2.(9)	SUBST.RATE	
↑	Fkt. 3.2.(10)	MASSEKONZ.	
→		(AUS)	Anzeige AUS
↑	000000.00	(MASSEPROZ.)	Anzeige EIN
↵	Fkt. 3.2.(10)	MASSEKONZ.	
↵x4			Aus Menüs heraus und Änderungen speichern

Tabelle 3.2.1 Anzeigewahl für Konzentrationen

Konzentrationsvarianten				
OHNE	Brix	Baume	Univ.Konz.	NaOH
Masse -Dfl.	Masse -Dfl.	Masse -Dfl.	Masse -Dfl.	Masse -Dfl.
Masse.Zaehl.	Masse.Zaehl.	Masse.Zaehl.	Masse.Zaehl.	Masse.Zaehl.
Dichte	Dichte	Dichte	Dichte	Dichte
Temperatur	Temperatur	Temperatur	Temperatur	Temperatur
Vol.-Dfl.	Vol.-Dfl.	Vol.-Dfl.	Vol.-Dfl.	Vol.-Dfl.
Vol.-Zaehl.	Vol.-Zaehl.	Vol.-Zaehl.	Vol.-Zaehl.	Vol.-Zaehl.
	Brix	Baume	Masse Proz.	Masse.Proz.
	Sacchar.Dfl.	Sacchar.Dfl.	Vol Proz.	Sub. Dfl.
			Substr.Rate	

Fett gedruckte Anzeigen sind immer eingeschaltet. Alle anderen Anzeigen müssen im entsprechenden Menü Fkt. 1.2 oder 3.2 erst eingeschaltet werden.

3.3 Ausgabe der Konzentrationswerte

Die Tabellen 3.3.1, 3.3.2 und 3.3.3 enthalten die zusätzlichen Ausgabefunktionen, mit denen die verschiedenen Konzentrationsanzeigen wählbar sind. Sie sind auf normale Art gemäß der Beschreibung im Normalbetriebshandbuch programmierbar.

Tabelle 3.3.1 Varianten des Stromausgangs für Konzentrationen

Konzentrationsvarianten				
Ohne	Brix	Baume	Univ.Konz.	NaOH
Aus Masse- Dfl. Dichte Temperatur Vol.- Dfl. Richtung	Aus Masse- Dfl. Dichte Temperatur Vol.- Dfl. Brix Rate Brix Richtung	Aus Masse- Dfl. Dichte Temperatur Vol.- Dfl. Subst.Rate Baume Richtung	Aus Masse- Dfl. Dichte Temperatur Vol.- Dfl. Subst.Rate Masse.Konz. Vol.Konzent. Richtung	Aus Masse- Dfl. Dichte Temperatur Vol.- Dfl. Subst.Rate Masse.Konz. Richtung

Table 3.3.2 Varianten des Pulsausgangs für Konzentration

Konzentrationsvarianten				
Ohne	Brix	Baume	Univ.Konz.	NaOH
Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Richtung	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Brix Rate Zaehl.Suc. Brix Richtung	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Subst.Rate Zaehl.Subst. Baume Richtung	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Subst.Rate Zaehl.Subst. Masse.Konz. Vol.Konzent. Richtung	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Subst.Rate Zaehl.Subst. Masse.Konz. Richtung

Table 3.3.3 Varianten der Störmeldungen für Konzentration

Konzentrationsoptionen				
OHNE	Brix	Baume	Univ.Konz.	NaOH
Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Richtung Schwere Err Alle Meldg. I 1 Ueberlauf Puls 1 Ueberl Beliebig Ausg Ueblf	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Brix Rate Brix Richtung Schwere Err Alle Meldg. II 1 Ueberlauf Puls 1 Ueberl Beliebig Ausg Ueblf	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Subst.Rate Baume Richtung Schwere Err Alle Meldg. I 1 Ueberlauf Puls 1 Ueberl Beliebig Ausg Ueblf	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Subst.Rate Masse.Konz. Vol.Konzent Richtung Schwere Err Alle Meldg. I 1 Ueberlauf Puls 1 Ueberl Beliebig Ausg Ueblf	Aus Masse- Dfl. Masse.Zaehl. Dichte Temperatur Vol.-Dfl. Vol.-Zaehl. Subst.Rate Masse.Konz. Richtung Schwere Err Alle Meldg. I 1 Ueberlauf Puls 1 Ueberl Beliebig Ausg Ueblf

Beispiel: °Brix, beginnend im Meßbetrieb:

Taste	Zeile 1	Zeile 2	Bemerkung
→↑↑	Fkt. 3.(0)	INSTALL	
→↑↑	Fkt. 3.(3).0	STROMAUSG.I	
→	Fkt. 3.3.(1)	FUNKTION I	
→↑xn		(BRIX)	Mit Taste ↑ Anzeige in °BRIX wählen
↵↑	Fkt. 3.3.(2)	BEREICH I	
→↑xn		4-20mA	Mit Taste↑ Bereich wählen.
↵↑	Fkt. 3.3.(3)	MIN BRIX	
→	(0)0.00	°BRIX	
→↑x4	(4).00	°BRIX	Wert auf 4.0 stellen.
↵↑	Fkt. 3.3.(4)	MAX BRIX	
→	(0)100.00	°BRIX	
→↑x9	(0)00.00	°BRIX	
→↑x2	(2)0.00	°BRIX	Wert auf 20.00 stellen.
↵↵	Fkt. 3.(3).0	STROMAUSG.I	Stromausgang jetzt 4-20°Brix = 4-20mA Bemerkung: Unnötig, Brix-Anzeige erst einzuschalten, um Ausgang auf °Brix zu stellen.
↑	Fkt. 3.(4).0	PULS.AUSG.P	
→	Fkt. 3.4.(1)	FUNKTION P	
→↑xn		(ZAEHL.SUBST)	Mit Taste ↑ gewünschte Funktion wählen. Die Funktion SUBST.ZAEHL. sendet eine Reihe Impulse, von denen jeder vorbestimmte Masse Gelöstes bedeutet.
↵↑	Fkt. 3.4.(2)	PULS/MASS	
→	1.000	I. P. = (g)	Diese Zahl und Maßeinheit ändern und gewünschte Masse je Impulswert wählen.
↵↑	Fkt. 3.4.(3)	PULSBREITE	
→	(0)0.4	mSec	Auf gewünschte Mindestpulsbreite ändern.
↵↵	Fkt. 3.(4).0	PULSAUSG.P	Bei dieser Einstellung gibt der Ausgang einen Impuls 0,4ms pro gemessenes 1,0g Gelöstes ab.
↑	Fkt. 3.(5).0	ALARM.AUS.A	
→	Fkt. 3.5.(1)	FUNKTION A	
→↑xn		BRIX	Mit Taste ↑ gewünschte Funktion wählen.
↵↑↑	Fkt. 3.5.(3)	MIN.GRENZ	
→	(0)0.00	°BAUME	Untere Störmeldegrenze ändern
→↑x4	(4).00	°BAUME	
↵↑	Fkt. 3.5.(4)	MAX.GRENZ	
→	(0)100.00	°BAUME	Obere Störmeldegrenze ändern.
→↑x9	(0)00.000	°BAUME	
→↑	(1)0.000	°BAUME	
↵	Fkt. 3.5.(4)	MAX.GRENZ	
↵x4			Änderungen speichern. Die Störmeldung kommt jetzt, wenn der Brix-Wert außerhalb des Bereichs 4-10 Brix liegt.

4. Universelle Konzentration

4.1 Mischungen aus zwei unvermischbaren und inkompressiblen Stoffen

Unvermischbar bedeutet, daß die zwei Anteile der Mischung eigenständig bleiben und keine Wechselbeziehung zueinander eingehen. Beispiele dafür sind Emulsionen aus Öl und Wasser oder Suspensionen von Feststoffen in Flüssigkeiten. Wenn ein Anteil V_S und der andere V_C beträgt und man beide zusammenbringt, erhält man in diesen Fällen ein Gesamtvolumen V_T :

$$V_T = V_S + V_C$$

Auch für die Massen:

$$M_T = M_S + M_C$$

Auch die Dichten der Anteile ρ_S , ρ_C und die Mischung ρ_M werden ausgedrückt durch:

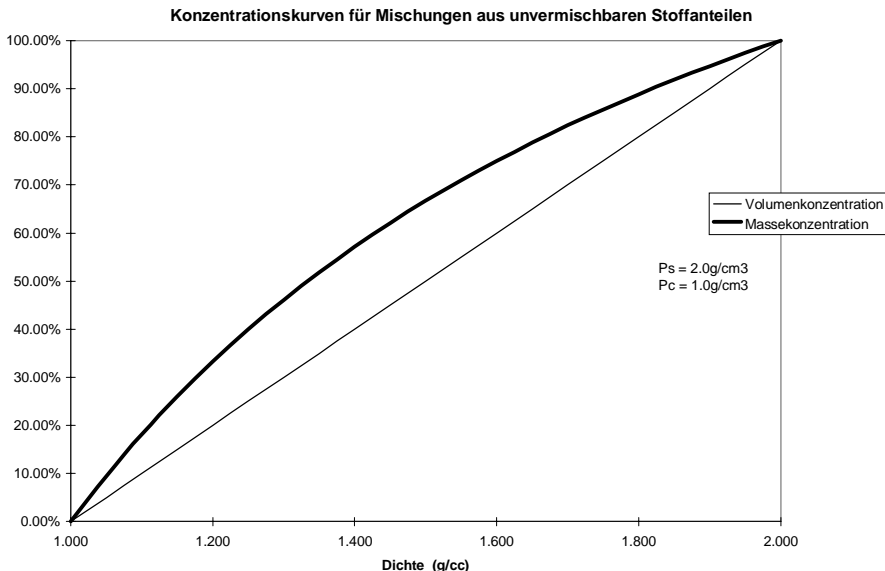
$$\rho_S = \frac{M_S}{V_S}, \quad \rho_C = \frac{M_C}{V_C} \quad \text{und} \quad \rho_M = \frac{M_T}{V_T}$$

Es läßt sich beweisen, daß:

$$C_V = \frac{\rho_M - \rho_C}{\rho_S - \rho_C} \times 100\% \quad \text{Gleichung 1}$$

$$C_M = \frac{\rho_S}{\rho_M} \cdot \frac{\rho_M - \rho_C}{\rho_S - \rho_C} \times 100\% \quad \text{Gleichung 2}$$

In der nachstehenden Abbildung sind die beiden Gleichungen für den Fall $\rho_S=2.0$ und $\rho_C=1.0$ dargestellt. Es ist ersichtlich, daß nur die Kurve C_V , aber nicht die Kurve C_M linear verläuft.



Diese beiden Gleichungen finden im Allgemeinen Konzentrationsalgorithmus des Umformers MFC081/085 Verwendung. ρ_M wird unmittelbar gemessen, und ρ_S und ρ_C sind anhand der jeweiligen Anteile in der Mischung bekannt.

Die Werte für ρ_s und ρ_c sind abhängig von der Temperatur T. Diese Abhängigkeit wird sowohl für ρ_s und ρ_c mittels der folgenden Gleichung kompensiert:

$$\rho = \rho_{20} + K_1 (T-20) + K_2 (T-20)^2 \quad \text{Gleichung 3}$$

Es bedeuten: ρ_{20} , K_1 und K_2 sind Werte, die der Kunde für jeden Mischungsanteil eingibt.

Die Eingabe erfolgt über die Menüs der Fkt. 3.10.

Menü	Bemerkung
Fkt. 3.10.1 SUBST 20	ρ_{20} für den Festanteil
Fkt. 3.10.2 SUBST K1	K_1 für den Festanteil
Fkt. 3.10.3 SUBST K2	K_2 für den Festanteil
Fkt. 3.10.4 FLUESSIGK	Entweder WASSER oder NON WASSER wählen. Falls WASSER, wird ρ_c einer internen Wasser-/Temperaturtabelle entnommen. Bei NON WASSER wird ρ_c anhand der Kennwerte der Menüs 3.10.5 bis 3.10.7 mit Gleichung 3 ermittelt.
Fkt. 3.10.5 FLUESSIGK 20	ρ_{20} für den Flüssiganteil
Fkt. 3.10.6 FLUESSIGK K1	K_1 für den Flüssiganteil
Fkt. 3.10.7 FLUESSIGK K2	K_2 für den Flüssiganteil

Wenn die Konzentrationen berechnet sind, läßt sich die Durchflußmenge der einzelnen Anteile schätzen. Wenn \dot{m} = die gesamte gemessene Massemenge der Mischung ist, dann wird die Massemenge des Feststoffs/Substrats \dot{m} ausgedrückt durch

$$\dot{m} = \frac{C_M}{100} \times \dot{m} \quad \text{Gleichung 4}$$

4.2 Konzentration mischbarer Flüssigkeiten

Wenn sich zwei Flüssigkeiten vermischen oder ineinander auflösen, gelten sie als echt mischbar. Die beiden Anteile können auch kräftig miteinander reagieren. In solchen Mischungen addieren sich die Volumen nicht.

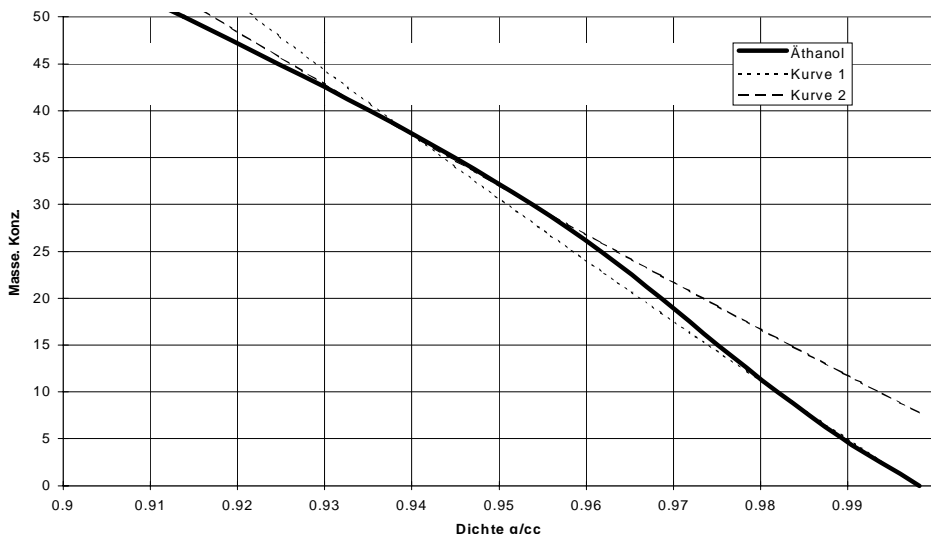
$$V_T \neq V_s + V_c$$

Die vorstehenden Gleichungen 1 und 2 geben das echte Verhalten der Mischung nur annähernd wieder. Die Genauigkeit der Annäherung ist von Mischung zu Mischung verschieden, so daß jeder Fall einzeln zu beurteilen ist. Normalerweise ist eine gute Anpassung möglich, wenn auch nur über einen begrenzten Bereich der beiden Dichten.

Betrachten wir eine Mischung aus Ethanol und Wasser gemäß nachfolgender Abbildung. Die echte Kennlinie verläuft anders als es der im obigen Abschnitt dargestellte Idealfall verlangt. Wenn man die Kompensation der Temperatur außer acht läßt ($K_1 = K_2 = 0$), kann man die Software für die Konzentration anhand eines der folgenden Datensätze programmieren:

	Kurve 1	Kurve 2
Subst 20	0.85659 g/cm ³	0.83678 g/cm ³
FLUESSIGK 20	0.99812 g/cm ³	1.01477 g/cm ³

Konzentration von Äthanol in Wasser bei 20°C



Im obigen Kennfeld deckt sich die Linie von Kurve 1 mit der Kennlinie von etwa 0 bis 12% Ethanol und die Linie von Kurve 2 von 28 bis 43%. Zu beachten ist, daß in diesen Fällen die Flüssigkeit zwar Wasser ist, aber NICHTWASSER einzugeben ist (Fkt. 3.10.4), damit die bestmögliche Deckung der Kurven erzielt wird.

4.3 Bestimmung der Parametre für die universelle Konzentration

Fall 1: Feststoffe als Suspension in Wasser

Für diese Fälle neigen die Feststoffteilchen zu einer viel größeren Dichte als die des Wassers, und ihre Dichte ändert sich meist unerheblich mit der Temperatur. Deshalb ist einzugeben:

Menü	Eingabe	Bemerkung
Fkt. 3.10.1 Subst 20	Dichte des trockenen Feststoffs	
Fkt. 3.10.2 Subst K1	0	Keine Kompensation der Temperatur erforderlich
Fkt. 3.10.3 Subst K2	0	
Fkt. 3.10.4 FLÜSSIGKEIT	WASSER	

Dies ist der einfachste Fall. In einigen Ausnahmefällen weicht die Dichte des Feststoffs im trockenen Zustand stark von der scheinbaren Dichte im feuchten Zustand ab. Ein Beispiel dafür ist Stärke, denn Stärke ist im feuchten Zustand mit Wasser vollgesaugt.

Fall 2: Feststoffe als Suspensionen in anderen Flüssigkeiten

Wie im Fall 1, läßt sich die Dichte des trockenen Feststoffs ebenso eingeben. Dem Meßumformer muß aber gesagt werden, wie sich die Dichte der Trägerflüssigkeit mit der Temperatur ändert. Wenn das Verfahren immer bei gleicher Temperatur stattfindet, kann die Dichte der Trägerflüssigkeit mit Fkt. 3.10.5 FLUESSIGK 20 eingegeben und können Fkt. 3.10.6 und 3.10.7 auf Null gestellt werden. Fehler treten jedoch dann auf, wenn im Verfahren auf eine andere Temperatur übergegangen wird.

Wenn die Dichte der Trägerflüssigkeit nur bei zwei verschiedenen Temperaturen bekannt ist, ist nur eine lineare Kompensation möglich.

	Temperatur °C	Dichte
Punkt 1	T_1	ρ_1
Punkt 2	T_2	ρ_2

Eingabe: Fkt. 3.10.4 FLUESSIGK = NON WASSER
 Fkt. 3.10.7 FLUESSIGK K2 = 0
 Fkt. 3.10.6 FLUESSIGK K1 = $\frac{\rho_1 - \rho_2}{T_1 - T_2}$
 Fkt. 3.10.5 FLUESSIGK 20 = $\rho_1 - K_1(T_1 - 20)$

Um die Gleichung für die Temperaturkompensation dem tatsächlichen Meßstoff richtig anpassen zu können, sind drei verschiedene Punkte für Temperatur/Dichte erforderlich, nämlich (ρ_1, T_1) , (ρ_2, T_2) und (ρ_3, T_3) . Dies ergibt drei Gleichungen mit drei Unbekannten, die gleichzeitig zu lösen sind.

$$\rho_1 = \rho_{20} + K_1(T_1 - 20) + K_2(T_1 - 20)^2$$

$$\rho_2 = \rho_{20} + K_1(T_2 - 20) + K_2(T_2 - 20)^2$$

$$\rho_3 = \rho_{20} + K_1(T_3 - 20) + K_2(T_3 - 20)^2$$

Man kann diese Gleichungen schriftlich lösen, besonders wenn eine der Temperaturen T_1 , T_2 oder $T_3 = 20^\circ\text{C}$ beträgt. Es ist jedoch eine mühsame Arbeit, bei der sich leicht Fehler einschleichen. Daher ist das Tabellenprogramm Microsoft Excel™ CONC4.XLT zu empfehlen, um diese Gleichungen automatisch zu lösen.

Sollte kein PC, auf dem Microsoft Excel™ in der Version 5 oder einer höheren Version läuft, zur Verfügung stehen, sind diese Gleichungen wie folgt lösbar:

$$K_2 = \frac{\rho_1(T_3 - T_2) + \rho_2(T_1 - T_3) + \rho_3(T_2 - T_1)}{T_3^2(T_2 - T_1) + T_2^2(T_1 - T_3) + T_1^2(T_3 - T_2)}$$

$$K_1 = \frac{\rho_1 - \rho_2 - K_2(T_1 - 20)^2 + K_2(T_2 - 20)^2}{T_1 - T_2}$$

$$\rho_{20} = \rho_1 - K_1(T_1 - 20) - K_2(T_1 - 20)^2$$

Fall 3: Emulsionen aus Öl und Wasser

Für diesen Fall sollte man das Öl als Festanteil betrachten, und FLUESSIGK (Fkt. 3.10.4) sollte auf WASSER geschaltet werden. Die Berechnung der Kennwerte für die Öldichte (Fkt. 3.10.1 - 3) geschieht auf die gleiche Weise wie für die Trägerflüssigkeit im Fall 2 beschrieben wurde.

Fall 4: Gelöste Feststoffe

Um den Meßumformer für diesen Fall programmieren zu können, braucht man zwei Punkte für Dichte/Konzentration bei drei verschiedenen Temperaturen. Die drei Temperaturen sollten den normalen Betriebsbereich des Verfahrens beinhalten, und die Punkte für Konzentration sollten so gewählt werden, daß sie in die normale Betriebsspannweite für Konzentration passen, über welche höchste Genauigkeit gebraucht wird.

Temp. /°C	Masse Konz./%	Dichte/g/cm ³
T ₁	C ₁₁	ρ ₁₁
	C ₂₁	ρ ₂₁
T ₂	C ₁₂	ρ ₁₂
	C ₂₂	ρ ₂₂
T ₃	C ₁₃	ρ ₁₃
	C ₂₃	ρ ₂₃

Diese Daten sollten dann ins Tabellenprogramm Microsoft Excel™ CONC4.XLT eingegeben werden, damit man die Einstellwerte für die Menüs 3.10 erhält. Ein schriftliches Auflösen der Gleichungen ist möglich, aber Excel ist vorzuziehen, weil man dadurch auch Tabellen und Schaubilder erhält, so daß man den Algorithmus mit den Echtdaten vergleichen und bei Bedarf schnell Angleichungen vornehmen kann.

To solve manually, ρ_s and ρ_c values must be calculated for each of the temperatures, T₁, T₂ and T₃, using the equations:

$$\rho_{C_n} = \frac{\rho_{1n} \rho_{2n} (C_{1n} - C_{2n})}{\rho_{1n} C_{1n} - \rho_{2n} C_{2n}}$$

$$\rho_{S_n} = \frac{C_{1n} \rho_{1n} \rho_{C_n}}{C_{1n} \rho_{1n} - 100(\rho_{1n} - \rho_{C_n})}$$

for temperature T_n

With three temperature / ρ_c points the Liquid ρ_{20} , K₁ and K₂ values can be calculated as detailed for Case 2. The Solute ρ_{20} , K₁ and K₂ values can then be calculated in the same way from the three ρ_s values.

Example: Aqueous Sodium Chloride Solution (NaCl).

The process operates between 10 to 30°C and is required to measure NaCl concentrations between 5 and 15% by mass.

Enter the raw data (bold) into the table below then for each temperature calculate ρ_c and ρ_s using the above equations.

Temp. /°C	Conc. by Mass /%	Density /g/cm ³	ρ_c	ρ_s
10	5.52	1.040473	1.002565	2.9473856
	14.9	1.112023		
20	5.52	1.037835	1.0006212	2.8540898
	14.9	1.107953		
30	5.52	1.034454	0.9977574	2.7906384
	14.9	1.103516		

Transfer the ρ_c and ρ_s into the table below and calculate the ρ_{20} , K1 and K2 values for each using the equations of Case 2:

	Density	Temp.	K ₂	K ₁	ρ_{20}
Liquid	$\rho_1 = $ 1.002565	10	-0.0000046	-0.0002404	1.000621
	$\rho_2 = $ 1.0006212	20			
	$\rho_3 = $ 0.9977574	30			
Solid	$\rho_1 = $ 2.9473856	10	+0.0001492	-0.0078374	2.85409
	$\rho_2 = $ 2.8540898	20			
	$\rho_3 = $ 2.7906384	30			

Program these values into the converter. For this example the fit of the concentration algorithm, over the range 3 to 17%, is accurate to better than ± 0.1

4.4 Parametereingabe in den Meßumformer

Wenn die erforderlichen Kennwerte errechnet sind, müssen sie noch in den Meßumformer eingegeben werden. Bei der Berechnung von ρ_{20} , K₁, K₂ ist die Maßeinheit für die Dichte (g/cm³, kg/m³, lb/US Gallon usw.) unerheblich, jedoch müssen diese Maßeinheiten dann für alle Dateneingaben benutzt werden.

Betrachten wir beispielsweise eine Emulsion aus Öl und Wasser, in der die Öldichten 650.0, 648.5 und 647.3 kg/m³ bei Temperaturen von 10, 20 und 30°C betragen. Aus diesen Werten ergibt sich:

$$\begin{aligned} \rho_{20} &= 648.5 \text{ kg/m}^3 \\ K_1 &= -0.135 \text{ kg/m}^3/\text{°C} \\ K_2 &= 0.0015 \text{ kg/m}^3/\text{°C}^2 \end{aligned}$$

Beginnend im Meßbetrieb:

Taste	Zeile 1	Zeile 2	Bemerkung
→↑↑	Fkt. (3).0	INSTALL	
→↑x9	Fkt. 3.(10).0	KONZ.MESS	
→	Fkt. 3.10.(1)	SUBST 20	
→	+4.0000000	(g)/cm3	Taste ↑ wählt Maßeinheit für Masse
↑	+4.0000000	(kg)/cm3	
→	+4.0000000	kg/(cm3)	Taste ↑ wählt Maßeinh. für Volumen
↑x3	+4.0000000	kg/(m3)	Hier eingegebene Maß einheiten müssen mit den in den Berechnungen benutzten Einheiten übereinstimmen.
→	+(4).0000000	kg/m3	Eingabe des berechneten Wertes
↑↑	+(6).0000000	kg/m3	
→	+6(.)0000000	kg/m3	
↑↑	+600(.)00000	kg/m3	
→↑x5	+600.(5)0000	kg/m3	
→x8	+6(0)0.50000	kg/m3	
↑x4	+6(4)0.50000	kg/m3	
→↑x8	+64(8).50000	kg/m3	
↵↑	Fkt. 3.10.(2)	SUBST K1	
→	(+)0.0000000	/°C	Eingabe des berechneten Wertes K1
↑	(-)0.0000000	/°C	
→→→↑	-0.(1)000000	/°C	
→↑x3	-0.1(3)000000	/°C	
→↑x5	-0.13(5)0000	/°C	
↵↑	Fkt. 3.10.(3)	SUBST K2	Eingabe des berechneten Wertes K2
→	(+)0.0000000	/°C2	
→x5	+0.00(0)0000	/°C2	
↑	+0.00(1)0000	/°C2	
→↑x5	+0.001(5)000	/°C2	
↵↑	Fkt. 3.10.(4)	FLUESSIGK	
→		(NON WASSER)	Als Trägerflüssigkeit Wasser wählen
↑		(WASSER)	
↵	Fkt. 3.10.(4)	FLUESSIGK	
↵x4			Änderungen speichern und in Meßbetrieb zurück.

5. Praktische Überlegungen zur Konzentrationsmessung

5.1 Genauigkeit der Konzentrationsberechnung

Die Ergebnisse der Konzentrationsberechnung hängen von der Genauigkeit der Dichtemeßwerte und der „Paßgenauigkeit“ des Algorithmus ab, von dem auf den Konzentrationswert geschlossen wird. Unter diesen beiden Faktoren kommt es besonders auf die Dichtemessung an. Um den Einfluß von Ungenauigkeit in der Dichtemessung feststellen zu können, muß man den Betrag berücksichtigen, um den sich die Dichte innerhalb des interessierenden Bereichs ändert.

Beispielsweise ist es erforderlich, die Konzentrationen im Bereich 5 bis 10% der Masse zu messen. Innerhalb dieses Bereichs schwankt die Dichte zwischen 1.018 und 1.038 g/cm³, was eine Veränderung von 0.020 g/cm³ bedeutet. Wenn der Durchflußmesser für die Dichte eine

Genauigkeit von $\pm 0.002 \text{g/cm}^3$ aufweist und angenommen wird, daß die Dichteänderung zur Konzentration linear verläuft, beträgt die Meßgenauigkeit ungefähr:

$$\pm \frac{\text{Änderung der Konzentration}}{\text{Änderung der Dichte}} \times \text{Genauigkeit der Dichte} = \pm \frac{5}{0.02} \times 0.002 = \pm 0.5$$

Diese einfache Rechnung berücksichtigt offensichtlich weder die Temperatur noch die Paßgenauigkeit des Algorithmus, ergibt aber sehr schnell einen Hinweis darauf, was mit einem bestimmten Dichtemeßgerät erreichbar ist oder nicht.

Es gibt noch weitere Faktoren, welche die Fähigkeit des Meßgeräts, einen genauen Dichtewert anzuzeigen, beschränken.

- **Einschlüsse aus Luft oder Gas.** Wenn das Prozeßmedium viel Gas enthält, zeigt das Coriolis.-Meßgerät eine zu geringe Dichte an. Die Schuld liegt nicht beim Meßgerät, sondern in seiner Anwendung. Wenn nicht verhindert werden kann, daß Luft in den Meßstoff gelangt, kann man verschiedene Maßnahmen treffen, um den Einfluß so gering wie möglich zu halten. Das Meßgerät sollte senkrecht eingebaut werden, damit sich in ihm keine Luft sammeln kann (bei Geräten mit gebogenem Rohr eventuell zwecklos). Man kann versuchen, die Luftbläschen zu komprimieren, indem man versucht, die Leitung unter Druck zu setzen.
- **Temperatursprünge.** Corimass-Meßgeräte ermöglichen die Temperaturkompensation für ihre Dichtemessungen und können mit sich langsam ändernden Temperaturen fertig werden. Wenn sich die Temperatur aber plötzlich ändert, können sich vorübergehend Dichtefehlanzeigen ergeben, bis sich das Gerät auf die neue Temperatur eingependelt hat. Solche Fehlanzeigen können einige Minuten nach dem Temperatursprung andauern.
- **Ansprechzeit.** Corimass-Meßgeräte zeigen einen „statischen“ Dichtewert an. Sie können schnellen Dichteänderungen nicht folgen. Wenn in dem durch das Meßgerät strömenden Meßstoff eine plötzliche Dichteänderung auftritt, braucht das Gerät durch interne Filterung etwa 30 Sekunden, bevor sich die Dichteanzeige auf den neuen Wert einpendelt.

Damit gute Dichtemeßwerte erzielt werden,

- a) darauf achten, daß das Meßgerät richtig eingebaut und befestigt ist.
- b) Der Meßstoff darf keine Luftblasen enthalten (siehe oben).
- c) Die Dichtemessung an Ort und Stelle justieren, möglichst bei der normalen Betriebstemperatur des Verfahrens. Siehe Beschreibung im Normalbetriebshandbuch.

5.2 Brix-Messungen

Viele Unternehmen bedienen sich bei der Überwachung/Steuerung des Saccharose-Gehalts ihrer Erzeugnisse der Brix-Skala.

Sie verwenden dafür meist ein Refraktometer. Man nimmt eine kleine Probe von der Leitung und legt sie auf den Refraktometer. Dieser mißt dann den Brechungsindex der Probe.

Der Brechungsindex von Saccharose-Lösungen ändert sich sowohl mit der Konzentration als auch der Temperatur. Moderne Refraktometer messen auch die Temperatur und sind dann in der Lage, den **abgeleiteten** Brix-Wert anzuzeigen. Dabei liegt die Annahme zugrunde, daß die gemessene Probe eine Lösung von Saccharose in Wasser ist. Das ganze Verfahren verläuft prozeßgekoppelt und kann umständlich sein. Prozeß-Refraktometer gibt es, jedoch ist deren Unzuverlässigkeit und häufiger Reinigungs- und Instandhaltungsbedarf bekannt.

In der Praxis arbeiten sehr wenige Firmen mit reinen Saccharose-Lösungen, verwenden aber immer noch Refraktometer für das Messen der Brix-Werte. Nichtalkoholische Getränke enthalten außer der Saccharose noch etliche andere Zusätze (Traubenzucker, Fruchtzucker, Fruchtsäuren, Eiweiße, Schwebstoffe usw.). Viele der anderen Bestandteile können den Gesamtbrechungsindex beeinflussen. Infolgedessen ist die Refraktometeranzeige lediglich ein Annäherungswert an den tatsächlichen Zuckergehalt.

Die Coriolis-Massedurchflußmesser erfassen die Dichte und die Temperatur. Aus diesen Meßergebnissen und den bekannten Kennlinien für Saccharose-Lösungen läßt sich ein Brix-Wert errechnen. Wenn weitere Bestandteile enthalten sind, ist der angezeigte Brix-Wert wie beim Refraktometer nur ein Näherungswert. Von diesem kann man nicht erwarten, daß er mit der Refraktometernäherung genau übereinstimmt. Deshalb haben die Verunreinigungen nicht immer den gleichen Einfluß auf den Brechungsindex wie auf die Dichte. Festteilchen im Meßstoff beeinflussen nicht die Brechung des Lichts durch die Flüssigkeit, beeinflussen aber die Dichte.

Unter diesen Umständen ist es unangebracht, die Variante universelle Konzentration zu wählen. Die Kennwerte sollten so eingestellt werden, daß die Anzeige 'PROZENT M' den Refraktometer imitiert. Dazu ist es erforderlich, daß gemäß Abschnitt 4.3, Fall 4 die Eigenschaften des Meßstoffs voll genannt werden.

5.3 Natronlauge (NaOH), Konzentration

Der NaOH-Algorithmus stimmt mit der echten Kennlinie des Meßstoffs bis auf eine Dezimalstelle überein (± 0.1).

Die Übereinstimmung liegt jedoch nur im Bereich von 10 bis 40°C und 0 bis 50% Lösung. Für Durchflußmesser Titanium MFM 4085, Baureihe G, ist dies kein großes Hindernis. Erst höhere Konzentrationen und Temperaturen würden das Meßrohr zerfressen (Meßgeräte aus Zirkon und nichtrostendem Stahl werden durch Natronlauge nicht geschädigt).

Anhang 1 Tabelle der Brix-Werte in Abhängigkeit von Dichte und Temperatur

Lichte g/cm ³	Temperatur																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
0.958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52
0.962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	1.07
0.964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.61	1.62
0.966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	1.15	2.17
0.968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.74	1.69	2.72
0.970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.37	1.28	2.23	3.26
0.972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.91	1.81	2.77	3.79	
0.974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.59	1.44	2.35	3.30	4.33	
0.976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	1.12	1.98	2.88	3.84	4.86	
0.978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.84	1.66	2.51	3.41	4.37	5.39	
0.980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	1.37	2.19	3.04	3.94	4.89	5.92	
0.982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	1.11	1.90	2.71	3.56	4.46	5.42	6.45	
0.984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	0.91	1.64	2.42	3.24	4.09	4.99	5.94	6.97	
0.986	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	0.74	1.44	2.17	2.95	3.77	4.61	5.51	6.46	7.49	
0.988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.61	1.27	1.97	2.69	3.47	4.29	5.13	6.03	6.98	8.00	
0.990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.51	1.13	1.80	2.50	3.22	4.00	4.81	5.65	6.54	7.50	8.52	
0.992	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	1.03	1.66	2.33	3.02	3.74	4.52	5.33	6.17	7.06	8.01	9.03	
0.994	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.99	1.56	2.19	2.85	3.54	4.26	5.03	5.85	6.68	7.57	8.52	9.54	
0.996	-	-	-	-	-	0.08	0.51	0.99	1.51	2.08	2.71	3.37	4.06	4.78	5.55	6.36	7.19	8.09	9.03	10.05	
0.998	-	-	-	-	0.25	0.60	1.03	1.51	2.03	2.60	3.23	3.89	4.58	5.29	6.07	6.87	7.71	8.59	9.54	10.55	
1.000	0.03	-	0.00	0.12	0.46	0.77	1.12	1.56	2.03	2.55	3.12	3.75	4.41	5.10	5.81	6.58	7.39	8.22	9.10	10.04	11.06
1.002	0.53	0.50	0.52	0.65	0.98	1.29	1.64	2.08	2.55	3.07	3.64	4.27	4.93	5.61	6.32	7.09	7.90	8.72	9.61	10.55	11.56
1.004	1.03	1.01	1.04	1.18	1.49	1.80	2.16	2.59	3.07	3.59	4.16	4.78	5.44	6.13	6.83	7.60	8.40	9.23	10.11	11.05	12.05
1.006	1.53	1.52	1.56	1.71	2.01	2.31	2.67	3.11	3.59	4.10	4.67	5.30	5.96	6.64	7.34	8.11	8.91	9.73	10.61	11.55	12.55
1.008	2.03	2.02	2.07	2.23	2.52	2.83	3.18	3.62	4.10	4.62	5.18	5.81	6.47	7.15	7.85	8.61	9.41	10.23	11.11	12.05	13.04
1.010	2.52	2.53	2.58	2.75	3.03	3.34	3.70	4.13	4.61	5.13	5.69	6.32	6.98	7.65	8.36	9.12	9.92	10.73	11.61	12.54	13.54
1.012	3.02	3.03	3.09	3.27	3.53	3.84	4.21	4.64	5.12	5.64	6.20	6.83	7.48	8.16	8.86	9.62	10.42	11.23	12.11	13.03	14.03
1.014	3.51	3.53	3.60	3.79	4.04	4.35	4.71	5.15	5.63	6.14	6.71	7.33	7.99	8.67	9.36	10.12	10.92	11.73	12.60	13.52	14.51
1.016	4.00	4.03	4.10	4.30	4.54	4.85	5.22	5.66	6.14	6.65	7.22	7.84	8.49	9.17	9.86	10.62	11.41	12.23	13.09	14.01	15.00
1.018	4.48	4.52	4.61	4.81	5.04	5.36	5.72	6.16	6.64	7.15	7.72	8.34	9.00	9.67	10.36	11.12	11.91	12.72	13.58	14.50	15.48
1.020	4.97	5.02	5.11	5.32	5.54	5.86	6.23	6.67	7.14	7.66	8.22	8.84	9.50	10.17	10.86	11.61	12.40	13.21	14.07	14.99	15.96
1.022	5.45	5.51	5.61	5.82	6.04	6.36	6.73	7.17	7.65	8.16	8.72	9.34	9.99	10.66	11.35	12.11	12.90	13.70	14.56	15.47	16.44
1.024	5.94	6.00	6.10	6.32	6.54	6.85	7.22	7.67	8.15	8.66	9.22	9.84	10.49	11.16	11.85	12.60	13.39	14.19	15.05	15.95	16.92
1.026	6.42	6.49	6.60	6.82	7.03	7.35	7.72	8.17	8.64	9.15	9.72	10.34	10.99	11.65	12.34	13.09	13.87	14.67	15.53	16.43	17.39
1.028	6.90	6.97	7.09	7.32	7.53	7.85	8.22	8.66	9.14	9.65	10.21	10.83	11.48	12.15	12.83	13.58	14.36	15.16	16.01	16.91	17.87
1.030	7.37	7.46	7.58	7.82	8.02	8.34	8.71	9.16	9.63	10.14	10.71	11.32	11.97	12.64	13.32	14.07	14.85	15.64	16.49	17.39	18.34
1.032	7.85	7.94	8.07	8.31	8.51	8.83	9.20	9.65	10.13	10.63	11.20	11.81	12.46	13.12	13.81	14.55	15.33	16.12	16.97	17.86	18.81
1.034	8.32	8.42	8.56	8.80	9.00	9.32	9.69	10.14	10.62	11.12	11.69	12.30	12.95	13.61	14.29	15.03	15.81	16.60	17.45	18.33	19.28
1.036	8.80	8.90	9.04	9.29	9.48	9.81	10.18	10.63	11.11	11.61	12.18	12.79	13.43	14.10	14.78	15.52	16.29	17.08	17.92	18.80	19.74
1.038	9.27	9.38	9.52	9.78	9.97	10.29	10.67	11.11	11.59	12.10	12.66	13.28	13.92	14.58	15.26	16.00	16.77	17.55	18.39	19.27	20.21
1.040	9.74	9.86	10.00	10.26	10.45	10.78	11.16	11.60	12.08	12.59	13.15	13.76	14.40	15.06	15.74	16.48	17.25	18.03	18.86	19.74	20.67
1.042	10.20	10.33	10.48	10.74	10.93	11.26	11.64	12.08	12.56	13.07	13.63	14.24	14.88	15.54	16.22	16.95	17.72	18.50	19.33	20.21	21.13
1.044	10.67	10.80	10.96	11.22	11.41	11.74	12.12	12.57	13.05	13.55	14.11	14.72	15.36	16.02	16.70	17.43	18.20	18.97	19.80	20.67	21.59
1.046	11.14	11.27	11.43	11.70	11.89	12.22	12.60	13.05	13.53	14.03	14.59	15.20	15.84	16.50	17.17	17.90	18.67	19.44	20.27	21.13	22.05
1.048	11.60	11.74	11.91	12.18	12.37	12.70	13.08	13.53	14.01	14.51	15.07	15.68	16.32	16.97	17.65	18.37	19.14	19.91	20.73	21.59	22.50
1.050	12.06	12.21	12.38	12.65	12.84	13.17	13.56	14.00	14.48	14.99	15.55	16.16	16.79	17.45	18.12	18.85	19.61	20.38	21.20	22.05	22.95

	Temperatur																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.052	12.52	12.68	12.85	13.12	13.31	13.65	14.03	14.48	14.96	15.46	16.03	16.63	17.26	17.92	18.59	19.31	20.07	20.84	21.66	22.51	23.41
1.054	12.98	13.14	13.31	13.59	13.79	14.12	14.51	14.95	15.43	15.94	16.50	17.10	17.74	18.39	19.06	19.78	20.54	21.30	22.12	22.97	23.86
1.056	13.44	13.60	13.78	14.06	14.26	14.59	14.98	15.43	15.91	16.41	16.97	17.58	18.21	18.86	19.53	20.25	21.00	21.76	22.57	23.42	24.31
1.058	13.89	14.06	14.24	14.53	14.72	15.06	15.45	15.90	16.38	16.88	17.44	18.04	18.67	19.33	19.99	20.71	21.46	22.22	23.03	23.87	24.75
1.060	14.35	14.52	14.71	14.99	15.19	15.53	15.92	16.37	16.85	17.35	17.91	18.51	19.14	19.79	20.46	21.18	21.92	22.68	23.49	24.32	25.20
1.062	14.80	14.98	15.17	15.45	15.66	16.00	16.39	16.84	17.31	17.82	18.38	18.98	19.61	20.26	20.92	21.64	22.38	23.14	23.94	24.77	25.64
1.064	15.25	15.44	15.63	15.91	16.12	16.46	16.85	17.30	17.78	18.29	18.84	19.44	20.07	20.72	21.38	22.10	22.84	23.59	24.39	25.22	26.09
1.066	15.70	15.89	16.08	16.37	16.58	16.93	17.32	17.77	18.25	18.75	19.31	19.91	20.53	21.18	21.84	22.55	23.30	24.05	24.84	25.67	26.53
1.068	16.15	16.34	16.54	16.83	17.04	17.39	17.78	18.23	18.71	19.21	19.77	20.37	20.99	21.64	22.30	23.01	23.75	24.50	25.29	26.11	26.97
1.070	16.60	16.79	16.99	17.28	17.50	17.85	18.24	18.69	19.17	19.68	20.23	20.83	21.45	22.10	22.76	23.47	24.20	24.95	25.74	26.55	27.41
1.072	17.04	17.24	17.45	17.74	17.96	18.31	18.70	19.15	19.63	20.14	20.69	21.29	21.91	22.55	23.21	23.92	24.65	25.40	26.18	27.00	27.84
1.074	17.49	17.69	17.90	18.19	18.42	18.77	19.16	19.61	20.09	20.59	21.15	21.74	22.36	23.01	23.67	24.37	25.10	25.85	26.63	27.44	28.28
1.076	17.93	18.14	18.35	18.64	18.87	19.22	19.62	20.07	20.55	21.05	21.61	22.20	22.82	23.46	24.12	24.82	25.55	26.29	27.07	27.88	28.71
1.078	18.37	18.58	18.79	19.09	19.33	19.68	20.08	20.52	21.00	21.51	22.06	22.65	23.27	23.91	24.57	25.27	26.00	26.74	27.51	28.31	29.15
1.080	18.81	19.03	19.24	19.53	19.78	20.13	20.53	20.98	21.46	21.96	22.52	23.11	23.72	24.36	25.02	25.72	26.44	27.18	27.95	28.75	29.58
1.082	19.25	19.47	19.68	19.98	20.23	20.58	20.98	21.43	21.91	22.41	22.97	23.56	24.17	24.81	25.47	26.16	26.89	27.62	28.39	29.18	30.01
1.084	19.69	19.91	20.13	20.42	20.68	21.03	21.43	21.88	22.36	22.87	23.42	24.01	24.62	25.26	25.91	26.61	27.33	28.06	28.83	29.62	30.43
1.086	20.13	20.35	20.57	20.86	21.12	21.48	21.88	22.33	22.81	23.32	23.87	24.46	25.07	25.71	26.36	27.05	27.77	28.50	29.26	30.05	30.86
1.088	20.56	20.79	21.01	21.30	21.57	21.93	22.33	22.78	23.26	23.76	24.32	24.90	25.51	26.15	26.80	27.49	28.21	28.94	29.70	30.48	31.29
1.090	21.00	21.22	21.45	21.74	22.02	22.37	22.78	23.23	23.70	24.21	24.76	25.35	25.96	26.59	27.24	27.93	28.65	29.37	30.13	30.91	31.71
1.092	21.43	21.66	21.88	22.18	22.46	22.82	23.22	23.67	24.15	24.66	25.21	25.79	26.40	27.03	27.68	28.37	29.08	29.80	30.56	31.34	32.13
1.094	21.86	22.09	22.32	22.61	22.90	23.26	23.67	24.11	24.59	25.10	25.65	26.23	26.84	27.47	28.12	28.81	29.52	30.24	30.99	31.76	32.56
1.096	22.29	22.53	22.75	23.05	23.34	23.70	24.11	24.56	25.04	25.54	26.09	26.67	27.28	27.91	28.56	29.24	29.95	30.67	31.42	32.19	32.98
1.098	22.72	22.96	23.19	23.48	23.78	24.14	24.55	25.00	25.48	25.98	26.53	27.11	27.72	28.35	29.00	29.68	30.38	31.10	31.84	32.61	33.40
1.100	23.14	23.39	23.62	23.91	24.22	24.58	24.99	25.44	25.92	26.42	26.97	27.55	28.15	28.79	29.43	30.11	30.81	31.53	32.27	33.03	33.81
1.102	23.57	23.81	24.05	24.34	24.65	25.02	25.43	25.88	26.35	26.86	27.41	27.99	28.59	29.22	29.86	30.54	31.24	31.95	32.69	33.45	34.23
1.104	23.99	24.24	24.48	24.77	25.09	25.46	25.87	26.31	26.79	27.30	27.85	28.42	29.02	29.65	30.30	30.97	31.67	32.38	33.12	33.87	34.65
1.106	24.42	24.67	24.91	25.20	25.52	25.89	26.30	26.75	27.23	27.73	28.28	28.86	29.46	30.08	30.73	31.40	32.10	32.80	33.54	34.29	35.06
1.108	24.84	25.09	25.33	25.62	25.96	26.32	26.74	27.18	27.66	28.17	28.72	29.29	29.89	30.51	31.16	31.83	32.52	33.23	33.96	34.71	35.47
1.110	25.26	25.51	25.76	26.05	26.39	26.76	27.17	27.62	28.09	28.60	29.15	29.72	30.32	30.94	31.58	32.26	32.95	33.65	34.38	35.12	35.88
1.112	25.68	25.94	26.18	26.47	26.82	27.19	27.60	28.05	28.52	29.03	29.58	30.15	30.74	31.37	32.01	32.68	33.37	34.07	34.79	35.54	36.30
1.114	26.10	26.36	26.60	26.89	27.24	27.62	28.03	28.48	28.95	29.46	30.01	30.58	31.17	31.80	32.43	33.10	33.79	34.49	35.21	35.95	36.70
1.116	26.52	26.78	27.02	27.31	27.67	28.04	28.46	28.91	29.38	29.89	30.44	31.01	31.60	32.22	32.86	33.52	34.21	34.91	35.63	36.36	37.11
1.118	26.93	27.19	27.44	27.73	28.10	28.47	28.89	29.33	29.81	30.32	30.86	31.43	32.02	32.64	33.28	33.95	34.63	35.32	36.04	36.77	37.52
1.120	27.35	27.61	27.86	28.15	28.52	28.90	29.31	29.76	30.24	30.75	31.29	31.86	32.45	33.07	33.70	34.36	35.04	35.74	36.45	37.18	37.93
1.122	27.76	28.03	28.28	28.57	28.94	29.32	29.74	30.18	30.66	31.17	31.71	32.28	32.87	33.49	34.12	34.78	35.46	36.15	36.86	37.59	38.33
1.124	28.18	28.44	28.69	28.99	29.37	29.74	30.16	30.61	31.08	31.59	32.13	32.70	33.29	33.91	34.54	35.20	35.87	36.56	37.27	38.00	38.73
1.126	28.59	28.85	29.11	29.40	29.79	30.17	30.58	31.03	31.51	32.02	32.56	33.12	33.71	34.32	34.96	35.61	36.29	36.97	37.68	38.40	39.14
1.128	29.00	29.27	29.52	29.81	30.21	30.59	31.00	31.45	31.93	32.44	32.98	33.54	34.12	34.74	35.37	36.03	36.70	37.38	38.09	38.81	39.54
1.130	29.41	29.68	29.93	30.23	30.62	31.01	31.42	31.87	32.35	32.86	33.40	33.96	34.54	35.16	35.79	36.44	37.11	37.79	38.49	39.21	39.94
1.132	29.82	30.09	30.34	30.64	31.04	31.42	31.84	32.29	32.76	33.27	33.81	34.37	34.96	35.57	36.20	36.85	37.52	38.20	38.90	39.61	40.34
1.134	30.22	30.50	30.75	31.05	31.46	31.84	32.26	32.70	33.18	33.69	34.23	34.79	35.37	35.98	36.61	37.26	37.93	38.60	39.30	40.01	40.73
1.136	30.63	30.90	31.16	31.46	31.87	32.25	32.67	33.12	33.60	34.11	34.64	35.20	35.78	36.40	37.02	37.67	38.33	39.01	39.70	40.41	41.13
1.138	31.03	31.31	31.57	31.86	32.28	32.67	33.09	33.53	34.01	34.52	35.06	35.62	36.19	36.81	37.43	38.08	38.74	39.41	40.10	40.81	41.53
1.140	31.44	31.71	31.98	32.27	32.69	33.08	33.50	33.95	34.42	34.93	35.47	36.03	36.60	37.21	37.84	38.48	39.14	39.81	40.50	41.21	41.92
1.142	31.84	32.12	32.38	32.68	33.10	33.49	33.91	34.36	34.84	35.35	35.88	36.44	37.01	37.62	38.24	38.89	39.54	40.22	40.90	41.60	42.31
1.144	32.24	32.52	32.79	33.08	33.51	33.90	34.33	34.77	35.25	35.76	36.29	36.85	37.42	38.03	38.65	39.29	39.95	40.61	41.30	42.00	42.71

Dichte g/cm ³	Temperatur																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.146	32.64	32.92	33.19	33.48	33.92	34.31	34.73	35.18	35.66	36.17	36.70	37.25	37.83	38.43	39.05	39.69	40.35	41.01	41.70	42.39	43.10
1.148	33.04	33.32	33.59	33.89	34.33	34.72	35.14	35.59	36.06	36.57	37.11	37.66	38.23	38.84	39.46	40.09	40.74	41.41	42.09	42.78	43.49
1.150	33.44	33.72	33.99	34.29	34.74	35.13	35.55	36.00	36.47	36.98	37.51	38.07	38.64	39.24	39.86	40.49	41.14	41.81	42.49	43.18	43.88
1.152	33.84	34.12	34.39	34.69	35.14	35.53	35.96	36.40	36.88	37.39	37.92	38.47	39.04	39.64	40.26	40.89	41.54	42.20	42.88	43.57	44.26
1.154	34.23	34.52	34.79	35.09	35.54	35.94	36.36	36.81	37.28	37.79	38.32	38.87	39.44	40.04	40.66	41.29	41.93	42.60	43.27	43.96	44.65
1.156	34.63	34.92	35.19	35.49	35.95	36.34	36.76	37.21	37.68	38.19	38.72	39.27	39.84	40.44	41.05	41.69	42.33	42.99	43.66	44.34	45.04
1.158	35.02	35.31	35.59	35.89	36.35	36.74	37.17	37.61	38.09	38.60	39.13	39.67	40.24	40.84	41.45	42.08	42.72	43.38	44.05	44.73	45.42
1.160	35.42	35.71	35.98	36.28	36.75	37.14	37.57	38.01	38.49	39.00	39.53	40.07	40.64	41.24	41.85	42.48	43.11	43.77	44.44	45.12	45.81
1.162	35.81	36.10	36.38	36.68	37.15	37.54	37.97	38.41	38.89	39.40	39.93	40.47	41.04	41.63	42.24	42.87	43.50	44.16	44.82	45.50	46.19
1.164	36.20	36.49	36.77	37.07	37.54	37.94	38.37	38.81	39.29	39.80	40.32	40.87	41.43	42.03	42.63	43.26	43.89	44.55	45.21	45.89	46.57
1.166	36.59	36.88	37.16	37.47	37.94	38.34	38.76	39.21	39.68	40.19	40.72	41.26	41.83	42.42	43.03	43.65	44.28	44.93	45.59	46.27	46.95
1.168	36.98	37.27	37.55	37.86	38.33	38.73	39.16	39.61	40.08	40.59	41.12	41.66	42.22	42.81	43.42	44.04	44.67	45.32	45.98	46.65	47.33
1.170	37.37	37.66	37.95	38.25	38.73	39.13	39.56	40.00	40.48	40.98	41.51	42.05	42.61	43.20	43.81	44.43	45.06	45.70	46.36	47.03	47.71
1.172	37.76	38.05	38.34	38.64	39.12	39.52	39.95	40.40	40.87	41.38	41.90	42.44	43.00	43.59	44.19	44.81	45.44	46.09	46.74	47.41	48.09
1.174	38.14	38.44	38.72	39.03	39.51	39.92	40.34	40.79	41.26	41.77	42.30	42.84	43.39	43.98	44.58	45.20	45.83	46.47	47.12	47.79	48.46
1.176	38.53	38.82	39.11	39.42	39.91	40.31	40.74	41.18	41.66	42.16	42.69	43.23	43.78	44.37	44.97	45.58	46.21	46.85	47.50	48.17	48.84
1.178	38.91	39.21	39.50	39.81	40.30	40.70	41.13	41.57	42.05	42.55	43.08	43.61	44.17	44.76	45.35	45.97	46.59	47.23	47.88	48.54	49.21
1.180	39.30	39.59	39.89	40.20	40.68	41.09	41.52	41.96	42.44	42.94	43.46	44.00	44.56	45.14	45.74	46.35	46.97	47.61	48.26	48.92	49.59
1.182	39.68	39.98	40.27	40.59	41.07	41.48	41.91	42.35	42.82	43.33	43.85	44.39	44.94	45.53	46.12	46.73	47.35	47.99	48.63	49.29	49.96
1.184	40.06	40.36	40.66	40.97	41.46	41.86	42.29	42.74	43.21	43.72	44.24	44.77	45.33	45.91	46.50	47.11	47.73	48.36	49.01	49.66	50.33
1.186	40.44	40.74	41.04	41.36	41.84	42.25	42.68	43.13	43.60	44.10	44.62	45.16	45.71	46.29	46.88	47.49	48.11	48.74	49.38	50.04	50.70
1.188	40.82	41.12	41.42	41.74	42.23	42.64	43.07	43.51	43.98	44.49	45.01	45.54	46.09	46.67	47.26	47.87	48.48	49.11	49.75	50.41	51.07
1.190	41.20	41.50	41.80	42.12	42.61	43.02	43.45	43.90	44.37	44.87	45.39	45.92	46.47	47.05	47.64	48.25	48.86	49.49	50.13	50.78	51.44
1.192	41.58	41.88	42.18	42.51	42.99	43.40	43.83	44.28	44.75	45.26	45.77	46.31	46.85	47.43	48.02	48.62	49.23	49.86	50.50	51.15	51.81
1.194	41.96	42.26	42.56	42.89	43.38	43.79	44.22	44.66	45.13	45.64	46.15	46.69	47.23	47.81	48.39	49.00	49.60	50.23	50.87	51.51	52.17
1.196	42.33	42.64	42.94	43.27	43.76	44.17	44.60	45.04	45.52	46.02	46.53	47.07	47.61	48.19	48.77	49.37	49.98	50.60	51.24	51.88	52.54
1.198	42.71	43.01	43.32	43.65	44.14	44.55	44.98	45.42	45.90	46.40	46.91	47.44	47.99	48.56	49.14	49.74	50.35	50.97	51.60	52.25	52.90
1.200	43.08	43.39	43.70	44.03	44.51	44.93	45.36	45.80	46.27	46.78	47.29	47.82	48.36	48.94	49.52	50.11	50.72	51.34	51.97	52.61	53.27
1.202	43.46	43.76	44.07	44.41	44.89	45.30	45.73	46.18	46.65	47.15	47.67	48.20	48.74	49.31	49.89	50.49	51.09	51.71	52.34	52.98	53.63
1.204	43.83	44.14	44.45	44.79	45.27	45.68	46.11	46.56	47.03	47.53	48.04	48.57	49.11	49.68	50.26	50.85	51.45	52.07	52.70	53.34	53.99
1.206	44.20	44.51	44.83	45.16	45.64	46.06	46.49	46.94	47.41	47.91	48.42	48.94	49.49	50.05	50.63	51.22	51.82	52.44	53.06	53.70	54.35
1.208	44.57	44.88	45.20	45.54	46.02	46.43	46.86	47.31	47.78	48.28	48.79	49.32	49.86	50.42	51.00	51.59	52.19	52.80	53.43	54.06	54.71
1.210	44.94	45.25	45.57	45.91	46.39	46.81	47.24	47.68	48.16	48.66	49.17	49.69	50.23	50.79	51.37	51.96	52.55	53.17	53.79	54.42	55.07
1.212	45.31	45.63	45.94	46.29	46.76	47.18	47.61	48.06	48.53	49.03	49.54	50.06	50.60	51.16	51.73	52.32	52.92	53.53	54.15	54.78	55.43
1.214	45.68	46.00	46.32	46.66	47.14	47.55	47.98	48.43	48.90	49.40	49.91	50.43	50.97	51.53	52.10	52.69	53.28	53.89	54.51	55.14	55.78
1.216	46.05	46.36	46.69	47.04	47.51	47.92	48.35	48.80	49.27	49.77	50.28	50.80	51.34	51.90	52.46	53.05	53.64	54.25	54.87	55.50	56.14
1.218	46.41	46.73	47.06	47.41	47.88	48.29	48.72	49.17	49.64	50.14	50.65	51.17	51.70	52.26	52.83	53.41	54.00	54.61	55.23	55.85	56.49
1.220	46.78	47.10	47.43	47.78	48.24	48.66	49.09	49.54	50.01	50.51	51.01	51.53	52.07	52.63	53.19	53.78	54.36	54.97	55.58	56.21	56.85
1.222	47.15	47.47	47.79	48.15	48.61	49.03	49.46	49.91	50.38	50.88	51.38	51.90	52.44	52.99	53.55	54.14	54.72	55.33	55.94	56.56	57.20
1.224	47.51	47.83	48.16	48.52	48.98	49.40	49.83	50.28	50.75	51.24	51.75	52.27	52.80	53.35	53.92	54.50	55.08	55.68	56.29	56.92	57.55
1.226	47.87	48.20	48.53	48.89	49.35	49.76	50.19	50.64	51.11	51.61	52.11	52.63	53.16	53.71	54.28	54.86	55.44	56.04	56.65	57.27	57.90
1.228	48.24	48.56	48.89	49.26	49.71	50.13	50.56	51.01	51.48	51.97	52.48	52.99	53.52	54.08	54.64	55.21	55.79	56.39	57.00	57.62	58.25
1.230	48.60	48.92	49.26	49.63	50.07	50.49	50.92	51.37	51.84	52.34	52.84	53.35	53.89	54.44	54.99	55.57	56.15	56.75	57.35	57.97	58.60
1.232	48.96	49.28	49.62	49.99	50.44	50.86	51.29	51.74	52.21	52.70	53.20	53.72	54.25	54.79	55.35	55.93	56.50	57.10	57.71	58.32	58.95
1.234	49.32	49.65	49.99	50.36	50.80	51.22	51.65	52.10	52.57	53.06	53.56	54.08	54.61	55.15	55.71	56.28	56.86	57.45	58.06	58.67	59.29
1.236	49.68	50.01	50.35	50.73	51.16	51.58	52.01	52.46	52.93	53.42	53.92	54.44	54.96	55.51	56.06	56.64	57.21	57.80	58.41	59.02	59.64
1.238	50.04	50.37	50.71	51.09	51.52	51.94	52.37	52.82	53.29	53.78	54.28	54.79	55.32	55.87	56.42	56.99	57.56	58.15	58.75	59.37	59.98

Dichte g/cm ³	Temperatur																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.240	50.39	50.73	51.07	51.46	51.88	52.30	52.73	53.18	53.65	54.14	54.64	55.15	55.68	56.22	56.77	57.34	57.91	58.50	59.10	59.71	60.33
1.242	50.75	51.09	51.44	51.82	52.24	52.66	53.09	53.54	54.01	54.50	55.00	55.51	56.03	56.58	57.12	57.69	58.26	58.85	59.45	60.06	60.67
1.244	51.11	51.44	51.79	52.18	52.60	53.02	53.45	53.90	54.37	54.86	55.35	55.86	56.39	56.93	57.48	58.04	58.61	59.20	59.80	60.40	61.01
1.246	51.46	51.80	52.15	52.54	52.95	53.37	53.81	54.26	54.72	55.21	55.71	56.22	56.74	57.28	57.83	58.39	58.96	59.55	60.14	60.74	61.35
1.248	51.82	52.16	52.51	52.90	53.31	53.73	54.16	54.61	55.08	55.57	56.06	56.57	57.10	57.63	58.18	58.74	59.31	59.89	60.48	61.09	61.70
1.250	52.17	52.51	52.87	53.27	53.67	54.09	54.52	54.97	55.44	55.92	56.42	56.93	57.45	57.98	58.53	59.09	59.66	60.24	60.83	61.43	62.03
1.252	52.52	52.87	53.23	53.63	54.02	54.44	54.87	55.32	55.79	56.28	56.77	57.28	57.80	58.33	58.88	59.44	60.00	60.58	61.17	61.77	62.37
1.254	52.88	53.22	53.58	53.98	54.37	54.79	55.23	55.68	56.14	56.63	57.12	57.63	58.15	58.68	59.22	59.78	60.35	60.93	61.51	62.11	62.71
1.256	53.23	53.57	53.94	54.34	54.73	55.15	55.58	56.03	56.50	56.98	57.47	57.98	58.50	59.03	59.57	60.13	60.69	61.27	61.85	62.45	63.05
1.258	53.58	53.93	54.29	54.70	55.08	55.50	55.93	56.38	56.85	57.33	57.83	58.33	58.85	59.38	59.92	60.47	61.03	61.61	62.19	62.78	63.38
1.260	53.93	54.28	54.65	55.06	55.43	55.85	56.28	56.73	57.20	57.68	58.17	58.68	59.20	59.73	60.26	60.82	61.38	61.95	62.53	63.12	63.72
1.262	54.28	54.63	55.00	55.41	55.78	56.20	56.63	57.08	57.55	58.03	58.52	59.03	59.54	60.07	60.61	61.16	61.72	62.29	62.87	63.46	64.05
1.264	54.63	54.98	55.35	55.77	56.13	56.55	56.98	57.43	57.90	58.38	58.87	59.37	59.89	60.42	60.95	61.50	62.06	62.63	63.21	63.79	64.38
1.266	54.97	55.33	55.70	56.12	56.48	56.90	57.33	57.78	58.25	58.73	59.22	59.72	60.24	60.76	61.29	61.84	62.40	62.97	63.54	64.13	64.71
1.268	55.32	55.68	56.05	56.48	56.82	57.25	57.68	58.13	58.59	59.07	59.56	60.06	60.58	61.10	61.64	62.19	62.74	63.31	63.88	64.46	65.04
1.270	55.67	56.03	56.40	56.83	57.17	57.59	58.03	58.48	58.94	59.42	59.91	60.41	60.92	61.45	61.98	62.53	63.08	63.64	64.22	64.79	65.37
1.272	56.01	56.37	56.75	57.18	57.52	57.94	58.37	58.82	59.29	59.76	60.25	60.75	61.27	61.79	62.32	62.86	63.42	63.98	64.55	65.12	65.70
1.274	56.36	56.72	57.10	57.53	57.86	58.28	58.72	59.17	59.63	60.11	60.60	61.10	61.61	62.13	62.66	63.20	63.75	64.32	64.88	65.46	66.03
1.276	56.70	57.06	57.45	57.88	58.21	58.63	59.06	59.51	59.98	60.45	60.94	61.44	61.95	62.47	63.00	63.54	64.09	64.65	65.22	65.79	66.36
1.278	57.05	57.41	57.80	58.23	58.55	58.97	59.40	59.86	60.32	60.80	61.28	61.78	62.29	62.81	63.33	63.88	64.42	64.98	65.55	66.12	66.68
1.280	57.39	57.75	58.14	58.58	58.89	59.32	59.75	60.20	60.66	61.14	61.62	62.12	62.63	63.15	63.67	64.21	64.76	65.32	65.88	66.44	67.01
1.282	57.73	58.10	58.49	58.93	59.24	59.66	60.09	60.54	61.00	61.48	61.96	62.46	62.97	63.49	64.01	64.55	65.09	65.65	66.21	66.77	67.33
1.284	58.07	58.44	58.84	59.28	59.58	60.00	60.43	60.88	61.34	61.82	62.30	62.80	63.31	63.82	64.34	64.88	65.43	65.98	66.54	67.10	67.66
1.286	58.41	58.78	59.18	59.62	59.92	60.34	60.77	61.22	61.69	62.16	62.64	63.14	63.65	64.16	64.68	65.22	65.76	66.31	66.87	67.42	67.98
1.288	58.75	59.12	59.52	59.97	60.26	60.68	61.11	61.56	62.02	62.50	62.98	63.47	63.98	64.49	65.01	65.55	66.09	66.64	67.19	67.75	68.30
1.290	59.09	59.47	59.87	60.31	60.60	61.02	61.45	61.90	62.36	62.83	63.32	63.81	64.32	64.83	65.35	65.88	66.42	66.97	67.52	68.07	68.62
1.292	59.43	59.81	60.21	60.66	60.94	61.36	61.79	62.24	62.70	63.17	63.65	64.15	64.65	65.16	65.68	66.21	66.75	67.30	67.85	68.40	68.94
1.294	59.76	60.14	60.55	61.00	61.27	61.70	62.13	62.58	63.04	63.51	63.99	64.48	64.99	65.50	66.01	66.54	67.08	67.63	68.17	68.72	69.26
1.296	60.10	60.48	60.89	61.34	61.61	62.03	62.46	62.92	63.37	63.84	64.32	64.81	65.32	65.83	66.34	66.88	67.41	67.95	68.50	69.04	69.58
1.298	60.44	60.82	61.23	61.68	61.95	62.37	62.80	63.25	63.71	64.18	64.66	65.15	65.65	66.16	66.67	67.20	67.74	68.28	68.82	69.36	69.89
1.300	60.77	61.16	61.57	62.03	62.28	62.70	63.13	63.59	64.04	64.51	64.99	65.48	65.99	66.49	67.00	67.53	68.07	68.61	69.15	69.68	70.21
1.302	61.11	61.49	61.91	62.37	62.62	63.04	63.47	63.92	64.38	64.85	65.33	65.81	66.32	66.82	67.33	67.86	68.39	68.93	69.47	70.00	70.52
1.304	61.44	61.83	62.24	62.70	62.95	63.37	63.80	64.26	64.71	65.18	65.66	66.14	66.65	67.15	67.66	68.19	68.72	69.26	69.79	70.32	70.84
1.306	61.77	62.16	62.58	63.04	63.28	63.71	64.14	64.59	65.04	65.51	65.99	66.47	66.98	67.48	67.99	68.52	69.05	69.58	70.11	70.64	71.15
1.308	62.10	62.50	62.91	63.38	63.62	64.04	64.47	64.92	65.38	65.84	66.32	66.80	67.31	67.81	68.32	68.84	69.37	69.90	70.43	70.96	71.46
1.310	62.44	62.83	63.25	63.72	63.95	64.37	64.80	65.25	65.71	66.17	66.65	67.13	67.64	68.14	68.64	69.17	69.70	70.23	70.75	71.27	71.77
1.312	62.77	63.16	63.58	64.05	64.28	64.70	65.13	65.58	66.04	66.50	66.98	67.46	67.96	68.46	68.97	69.49	70.02	70.55	71.07	71.59	72.09
1.314	63.10	63.50	63.92	64.39	64.61	65.03	65.46	65.91	66.37	66.83	67.31	67.79	68.29	68.79	69.30	69.82	70.34	70.87	71.39	71.90	72.40
1.316	63.43	63.83	64.25	64.72	64.94	65.36	65.79	66.24	66.70	67.16	67.63	68.12	68.62	69.11	69.62	70.14	70.66	71.19	71.71	72.22	72.70
1.318	63.75	64.16	64.58	65.05	65.27	65.69	66.12	66.57	67.02	67.48	67.96	68.44	68.94	69.44	69.94	70.46	70.99	71.51	72.02	72.53	73.01
1.320	64.08	64.49	64.91	65.39	65.60	66.02	66.45	66.90	67.35	67.81	68.29	68.77	69.27	69.76	70.27	70.78	71.31	71.83	72.34	72.84	73.32
1.322	64.41	64.82	65.24	65.72	65.93	66.35	66.77	67.23	67.68	68.14	68.61	69.09	69.59	70.09	70.59	71.11	71.63	72.15	72.66	73.15	73.63
1.324	64.73	65.14	65.57	66.05	66.25	66.67	67.10	67.55	68.00	68.46	68.94	69.42	69.91	70.41	70.91	71.43	71.95	72.46	72.97	73.46	73.93
1.326	65.06	65.47	65.90	66.38	66.58	67.00	67.43	67.88	68.33	68.79	69.26	69.74	70.24	70.73	71.23	71.75	72.27	72.78	73.29	73.77	74.24
1.328	65.38	65.80	66.23	66.70	66.91	67.33	67.75	68.20	68.65	69.11	69.58	70.06	70.56	71.05	71.55	72.07	72.58	73.10	73.60	74.08	74.54
1.330	65.71	66.12	66.55	67.03	67.23	67.65	68.08	68.53	68.98	69.43	69.91	70.38	70.88	71.37	71.88	72.39	72.90	73.41	73.91	74.39	74.84
1.332	66.03	66.45	66.88	67.36	67.56	67.97	68.40	68.85	69.30	69.76	70.23	70.71	71.20	71.69	72.19	72.70	73.22	73.73	74.22	74.70	75.15

Dichte
g/cm³

Temperatur

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.334	66.35	66.77	67.20	67.68	67.88	68.30	68.72	69.17	69.62	70.08	70.55	71.03	71.52	72.01	72.51	73.02	73.54	74.04	74.54	75.01	75.45
1.336	66.67	67.10	67.53	68.01	68.20	68.62	69.05	69.50	69.95	70.40	70.87	71.35	71.84	72.33	72.83	73.34	73.85	74.36	74.85	75.32	75.75
1.338	67.00	67.42	67.85	68.33	68.53	68.94	69.37	69.82	70.27	70.72	71.19	71.67	72.16	72.65	73.15	73.66	74.17	74.67	75.16	75.62	76.05
1.340	67.32	67.74	68.17	68.65	68.85	69.26	69.69	70.14	70.59	71.04	71.51	71.98	72.48	72.97	73.47	73.97	74.48	74.98	75.47	75.93	76.35
1.342	67.63	68.06	68.50	68.97	69.17	69.59	70.01	70.46	70.91	71.36	71.83	72.30	72.80	73.28	73.78	74.29	74.80	75.29	75.78	76.23	76.65
1.344	67.95	68.38	68.82	69.29	69.49	69.91	70.33	70.78	71.22	71.68	72.14	72.62	73.11	73.60	74.10	74.60	75.11	75.61	76.08	76.54	76.94
1.346	68.27	68.70	69.14	69.61	69.81	70.23	70.65	71.10	71.54	71.99	72.46	72.94	73.43	73.92	74.41	74.92	75.42	75.92	76.39	76.84	77.24
1.348	68.59	69.02	69.45	69.93	70.13	70.55	70.97	71.42	71.86	72.31	72.78	73.25	73.74	74.23	74.73	75.23	75.74	76.23	76.70	77.14	77.54
1.350	68.90	69.34	69.77	70.25	70.45	70.86	71.29	71.73	72.18	72.63	73.09	73.57	74.06	74.55	75.04	75.54	76.05	76.54	77.01	77.44	77.83
1.352	69.22	69.65	70.09	70.56	70.77	71.18	71.61	72.05	72.49	72.94	73.41	73.88	74.37	74.86	75.36	75.86	76.36	76.85	77.31	77.74	78.13
1.354	69.53	69.97	70.40	70.88	71.08	71.50	71.92	72.37	72.81	73.26	73.72	74.20	74.69	75.17	75.67	76.17	76.67	77.16	77.62	78.04	78.42
1.356	69.85	70.28	70.72	71.19	71.40	71.82	72.24	72.68	73.12	73.57	74.04	74.51	75.00	75.49	75.98	76.48	76.98	77.46	77.92	78.34	78.72
1.358	70.16	70.60	71.03	71.50	71.72	72.13	72.55	73.00	73.44	73.89	74.35	74.82	75.31	75.80	76.29	76.79	77.29	77.77	78.23	78.64	79.01
1.360	70.47	70.91	71.35	71.82	72.03	72.45	72.87	73.31	73.75	74.20	74.66	75.13	75.62	76.11	76.61	77.10	77.60	78.08	78.53	78.94	79.30
1.362	70.78	71.22	71.66	72.13	72.35	72.76	73.18	73.63	74.07	74.51	74.97	75.45	75.93	76.42	76.92	77.41	77.91	78.39	78.83	79.24	79.59
1.364	71.09	71.54	71.97	72.44	72.66	73.08	73.50	73.94	74.38	74.82	75.29	75.76	76.25	76.73	77.23	77.72	78.22	78.69	79.14	79.54	79.88
1.366	71.40	71.85	72.28	72.74	72.96	73.39	73.81	74.25	74.69	75.13	75.60	76.07	76.56	77.04	77.54	78.03	78.52	79.00	79.44	79.84	80.17
1.368	71.71	72.16	72.59	73.05	73.29	73.70	74.12	74.56	75.00	75.44	75.91	76.38	76.86	77.35	77.85	78.34	78.83	79.30	79.74	80.13	80.46
1.370	72.02	72.47	72.90	73.36	73.60	74.02	74.44	74.88	75.31	75.75	76.22	76.69	77.17	77.66	78.15	78.65	79.14	79.61	80.04	80.43	80.75
1.372	72.33	72.77	73.20	73.66	73.91	74.33	74.75	75.19	75.62	76.06	76.52	77.00	77.48	77.97	78.46	78.96	79.44	79.91	80.34	80.72	81.04
1.374	72.64	73.08	73.51	73.96	74.23	74.64	75.06	75.50	75.93	76.37	76.83	77.30	77.79	78.27	78.77	79.26	79.75	80.21	80.64	81.02	81.33
1.376	72.94	73.39	73.82	74.27	74.54	74.95	75.37	75.81	76.24	76.68	77.14	77.61	78.10	78.58	79.08	79.57	80.05	80.52	80.94	81.31	81.62
1.378	73.25	73.69	74.12	74.57	74.85	75.26	75.68	76.11	76.55	76.99	77.45	77.92	78.40	78.89	79.38	79.87	80.36	80.82	81.24	81.61	81.90
1.380	73.55	74.00	74.42	74.87	75.16	75.57	75.99	76.42	76.85	77.29	77.75	78.22	78.71	79.19	79.69	80.18	80.66	81.12	81.54	81.90	82.19
1.382	73.85	74.30	74.72	75.16	75.47	75.88	76.30	76.73	77.16	77.60	78.06	78.53	79.01	79.50	79.99	80.49	80.97	81.42	81.83	82.19	82.47
1.384	74.16	74.60	75.02	75.46	75.77	76.19	76.60	77.04	77.47	77.91	78.36	78.83	79.32	79.80	80.30	80.79	81.27	81.72	82.13	82.48	82.76
1.386	74.46	74.90	75.32	75.76	76.08	76.49	76.91	77.34	77.77	78.21	78.67	79.14	79.62	80.11	80.60	81.09	81.57	82.02	82.43	82.77	83.04
1.388	74.76	75.20	75.62	76.05	76.39	76.80	77.22	77.65	78.08	78.52	78.97	79.44	79.93	80.41	80.91	81.40	81.87	82.32	82.72	83.06	83.33
1.390	75.06	75.50	75.92	76.35	76.70	77.11	77.52	77.95	78.38	78.82	79.27	79.74	80.23	80.71	81.21	81.70	82.18	82.62	83.02	83.36	83.61
1.392	75.36	75.80	76.22	76.64	77.00	77.41	77.83	78.26	78.68	79.12	79.58	80.05	80.53	81.01	81.51	82.00	82.48	82.92	83.32	83.65	83.90
1.394	75.65	76.10	76.51	76.93	77.31	77.72	78.13	78.56	78.99	79.43	79.88	80.35	80.83	81.32	81.82	82.30	82.78	83.22	83.61	83.93	84.18
1.396	75.95	76.39	76.80	77.22	77.62	78.03	78.44	78.87	79.29	79.73	80.18	80.65	81.13	81.62	82.12	82.61	83.08	83.52	83.90	84.22	84.46
1.398	76.25	76.69	77.10	77.50	77.92	78.33	78.74	79.17	79.59	80.03	80.48	80.95	81.43	81.92	82.42	82.91	83.38	83.81	84.20	84.51	84.74
1.400	76.54	76.98	77.39	77.79	78.23	78.63	79.05	79.47	79.89	80.33	80.78	81.25	81.73	82.22	82.72	83.21	83.68	84.11	84.49	84.80	85.02
1.402	76.84	77.28	77.68	78.08	78.53	78.94	79.35	79.77	80.19	80.63	81.08	81.55	82.03	82.52	83.02	83.51	83.98	84.41	84.78	85.09	85.31
1.404	77.13	77.57	77.97	78.36	78.83	79.24	79.65	80.07	80.49	80.93	81.38	81.85	82.33	82.82	83.32	83.81	84.27	84.70	85.08	85.38	85.59
1.406	77.42	77.86	78.25	78.64	79.14	79.54	79.95	80.37	80.79	81.23	81.68	82.15	82.63	83.12	83.62	84.11	84.57	85.00	85.37	85.66	85.87
1.408	77.71	78.15	78.54	78.92	79.44	79.85	80.25	80.67	81.09	81.53	81.97	82.45	82.93	83.41	83.92	84.41	84.87	85.29	85.66	85.95	86.15
1.410	78.00	78.44	78.83	79.20	79.74	80.15	80.56	80.97	81.39	81.82	82.27	82.74	83.23	83.71	84.22	84.71	85.17	85.59	85.95	86.23	86.43
1.412	78.29	78.73	79.11	79.48	80.04	80.45	80.86	81.27	81.68	82.12	82.57	83.04	83.52	84.01	84.51	85.00	85.46	85.88	86.24	86.52	86.71
1.414	78.58	79.01	79.39	79.75	80.34	80.75	81.16	81.57	81.98	82.42	82.86	83.34	83.82	84.31	84.81	85.30	85.76	86.18	86.53	86.81	86.99
1.416	78.87	79.30	79.67	80.03	80.64	81.05	81.45	81.87	82.28	82.71	83.16	83.63	84.12	84.60	85.11	85.60	86.06	86.47	86.82	87.09	87.27
1.418	79.16	79.58	79.95	80.30	80.94	81.35	81.75	82.16	82.57	83.01	83.45	83.93	84.41	84.90	85.41	85.89	86.35	86.76	87.11	87.38	87.55
1.420	79.44	79.86	80.23	80.57	81.24	81.65	82.05	82.46	82.87	83.30	83.75	84.22	84.71	85.19	85.70	86.19	86.65	87.06	87.40	87.66	87.83
1.422	79.73	80.15	80.51	80.84	81.54	81.94	82.35	82.76	83.16	83.60	84.04	84.52	85.00	85.49	86.00	86.49	86.94	87.35	87.69	87.94	88.10
1.424	80.01	80.43	80.78	81.11	81.84	82.24	82.65	83.05	83.46	83.89	84.33	84.81	85.29	85.78	86.29	86.78	87.23	87.64	87.98	88.23	88.38
1.426	80.29	80.70	81.06	81.38	82.14	82.54	82.94	83.35	83.75	84.19	84.62	85.10	85.59	86.08	86.59	87.08	87.53	87.93	88.27	88.51	88.66

	Temperatur																					
	Dichte g/cm3	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.428	80.58	80.98	81.33	81.64	82.44	82.84	83.24	83.64	84.04	84.48	84.92	85.40	85.88	86.37	86.88	87.37	87.82	88.22	88.55	88.79	88.94	
1.430	80.86	81.26	81.60	81.91	82.73	83.13	83.53	83.93	84.33	84.77	85.21	85.69	86.17	86.66	87.17	87.67	88.11	88.51	88.84	89.08	89.22	
1.432	81.14	81.53	81.87	82.17	83.03	83.43	83.83	84.23	84.63	85.06	85.50	85.98	86.46	86.95	87.47	87.96	88.41	88.80	89.13	89.36	89.50	
1.434	81.41	81.81	82.14	82.43	83.32	83.72	84.12	84.52	84.92	85.35	85.79	86.27	86.76	87.24	87.76	88.25	88.70	89.09	89.41	89.64	89.78	
1.436	81.69	82.08	82.41	82.69	83.62	84.02	84.42	84.81	85.21	85.64	86.08	86.56	87.05	87.54	88.05	88.55	88.99	89.38	89.70	89.92	90.05	
1.438	81.97	82.35	82.67	82.95	83.91	84.31	84.71	85.10	85.50	85.93	86.36	86.85	87.34	87.83	88.34	88.84	89.28	89.67	89.99	90.21	90.33	
1.440	82.24	82.62	82.93	83.20	84.21	84.61	85.00	85.39	85.79	86.22	86.65	87.14	87.63	88.12	88.63	89.13	89.57	89.96	90.27	90.49	90.61	
1.442	82.52	82.89	83.20	83.45	84.50	84.90	85.30	85.68	86.07	86.51	86.94	87.43	87.92	88.41	88.92	89.42	89.86	90.25	90.56	90.77	90.89	
1.444	82.79	83.16	83.46	83.71	84.80	85.19	85.59	85.97	86.36	86.80	87.23	87.72	88.20	88.70	89.21	89.71	90.15	90.54	90.84	91.05	91.17	
1.446	83.06	83.43	83.72	83.96	85.09	85.49	85.88	86.26	86.65	87.08	87.51	88.00	88.49	88.98	89.50	90.01	90.44	90.82	91.13	91.33	91.45	
1.448	83.33	83.69	83.97	84.20	85.38	85.78	86.17	86.55	86.94	87.37	87.80	88.29	88.78	89.27	89.79	90.30	90.73	91.11	91.41	91.61	91.73	
1.450	83.60	83.95	84.23	84.45	85.68	86.07	86.46	86.84	87.22	87.66	88.08	88.58	89.07	89.56	90.08	90.59	91.02	91.40	91.69	91.90	92.01	
1.452	83.87	84.21	84.48	84.70	85.97	86.36	86.75	87.13	87.51	87.94	88.37	88.86	89.35	89.85	90.37	90.88	91.31	91.68	91.98	92.18	92.29	
1.454	84.14	84.47	84.74	84.94	86.26	86.65	87.04	87.42	87.79	88.23	88.65	89.15	89.64	90.13	90.66	91.17	91.60	91.97	92.26	92.46	92.57	
1.456	84.41	84.73	84.99	85.18	86.55	86.94	87.33	87.70	88.08	88.51	88.93	89.43	89.93	90.42	90.95	91.45	91.88	92.26	92.54	92.74	92.85	
1.458	84.67	84.99	85.24	85.42	86.84	87.23	87.62	87.99	88.36	88.80	89.22	89.72	90.21	90.71	91.23	91.74	92.17	92.54	92.83	93.02	93.13	
1.460	84.94	85.25	85.48	85.66	87.13	87.52	87.91	88.27	88.64	89.08	89.50	90.00	90.50	90.99	91.52	92.03	92.46	92.83	93.11	93.30	93.41	
1.462	85.20	85.50	85.73	85.89	87.42	87.81	88.19	88.56	88.93	89.36	89.78	90.29	90.78	91.28	91.80	92.32	92.74	93.11	93.39	93.58	93.69	
1.464	85.46	85.75	85.97	86.12	87.71	88.10	88.48	88.84	89.21	89.65	90.06	90.57	91.06	91.56	92.09	92.61	93.03	93.40	93.67	93.86	93.97	
1.466	85.72	86.00	86.21	86.36	88.00	88.39	88.77	89.13	89.49	89.93	90.34	90.85	91.35	91.84	92.37	92.89	93.32	93.68	93.96	94.14	94.25	
1.468	85.98	86.25	86.45	86.59	88.28	88.67	89.05	89.41	89.77	90.21	90.62	91.13	91.63	92.13	92.66	93.18	93.60	93.96	94.24	94.42	94.54	
1.470	86.24	86.50	86.69	86.81	88.57	88.96	89.34	89.69	90.05	90.49	90.90	91.41	91.91	92.41	92.94	93.47	93.89	94.25	94.52	94.70	94.82	
1.472	86.50	86.75	86.93	87.04	88.86	89.25	89.62	89.97	90.33	90.77	91.18	91.70	92.20	92.69	93.23	93.75	94.17	94.53	94.80	94.98	95.11	
1.474	86.75	86.99	87.16	87.26	89.15	89.53	89.91	90.26	90.61	91.05	91.45	91.98	92.48	92.97	93.51	94.04	94.45	94.81	95.08	95.27	95.39	
1.476	87.01	87.23	87.39	87.48	89.43	89.82	90.19	90.54	90.89	91.33	91.73	92.26	92.76	93.26	93.79	94.32	94.74	95.09	95.36	95.55	95.68	
1.478	87.26	87.48	87.62	87.70	89.72	90.10	90.48	90.82	91.17	91.60	92.01	92.53	93.04	93.54	94.07	94.61	95.02	95.38	95.64	95.83	95.96	
1.480	87.51	87.71	87.85	87.92	90.00	90.39	90.76	91.10	91.45	91.88	92.28	92.81	93.32	93.82	94.35	94.89	95.30	95.66	95.92	96.11	96.25	
1.482	87.76	87.95	88.08	88.13	90.29	90.67	91.04	91.38	91.72	92.16	92.56	93.09	93.60	94.10	94.64	95.18	95.59	95.94	96.20	96.39	96.54	
1.484	88.01	88.19	88.30	88.35	90.57	90.95	91.32	91.66	92.00	92.44	92.83	93.37	93.88	94.38	94.92	95.46	95.87	96.22	96.49	96.67	96.82	
1.486	88.26	88.42	88.53	88.56	90.86	91.24	91.61	91.94	92.28	92.71	93.10	93.65	94.16	94.65	95.20	95.74	96.15	96.50	96.77	96.96	97.11	
1.488	88.50	88.65	88.75	88.77	91.14	91.52	91.89	92.21	92.55	92.99	93.38	93.92	94.44	94.93	95.48	96.03	96.43	96.78	97.05	97.24	97.40	
1.490	88.75	88.88	88.97	88.97	91.43	91.80	92.17	92.49	92.83	93.26	93.65	94.20	94.71	95.21	95.75	96.31	96.71	97.06	97.33	97.52	97.69	
1.492	88.99	89.11	89.18	89.18	91.71	92.09	92.45	92.77	93.10	93.54	93.92	94.47	94.99	95.49	96.03	96.59	97.00	97.34	97.61	97.80	97.99	
1.494	89.23	89.34	89.40	89.38	91.99	92.37	92.73	93.04	93.37	93.81	94.19	94.75	95.27	95.77	96.31	96.87	97.28	97.62	97.89	98.09	98.28	
1.496	89.47	89.56	89.61	89.58	92.27	92.65	93.01	93.32	93.65	94.08	94.46	95.02	95.55	96.04	96.59	97.15	97.56	97.90	98.16	98.37	98.57	
1.498	89.71	89.79	89.82	89.78	92.56	92.93	93.28	93.60	93.92	94.35	94.73	95.30	95.82	96.32	96.86	97.43	97.84	98.18	98.44	98.65	98.87	
1.500	89.95	90.01	90.02	89.97	92.84	93.21	93.56	93.87	94.19	94.63	95.00	95.57	96.10	96.59	97.14	97.71	98.12	98.46	98.72	98.94	99.17	
1.502	90.19	90.23	90.23	90.17	93.12	93.49	93.84	94.15	94.46	94.90	95.27	95.84	96.37	96.87	97.42	97.99	98.40	98.73	99.00	99.22	99.46	
1.504	90.42	90.44	90.43	90.36	93.40	93.77	94.12	94.42	94.73	95.17	95.54	96.12	96.65	97.14	97.69	98.27	98.67	99.01	99.28	99.51	99.76	
1.506	90.66	90.66	90.63	90.55	93.68	94.05	94.40	94.69	95.00	95.44	95.80	96.39	96.92	97.42	97.97	98.55	98.95	99.29	99.56	99.79	-	
1.508	90.89	90.87	90.83	90.73	93.96	94.32	94.67	94.96	95.27	95.71	96.07	96.66	97.20	97.69	98.24	98.83	99.23	99.57	99.84	-	-	
1.510	91.12	91.08	91.03	90.92	94.24	94.60	94.95	95.24	95.54	95.98	96.33	96.93	97.47	97.96	98.51	99.11	99.51	99.85	-	-	-	
1.512	91.35	91.29	91.22	91.10	94.52	94.88	95.22	95.51	95.81	96.24	96.60	97.20	97.74	98.24	98.79	99.39	99.79	-	-	-	-	
1.514	91.57	91.50	91.41	91.28	94.80	95.16	95.50	95.78	96.08	96.51	96.86	97.47	98.02	98.51	99.06	99.67	-	-	-	-	-	
1.516	91.80	91.70	91.60	91.45	95.07	95.43	95.77	96.05	96.34	96.78	97.13	97.74	98.29	98.78	99.33	99.94	-	-	-	-	-	
1.518	92.02	91.90	91.79	91.63	95.35	95.71	96.05	96.32	96.61	97.04	97.39	98.01	98.56	99.05	99.60	-	-	-	-	-	-	
1.520	92.25	92.10	91.97	91.80	95.63	95.99	96.32	96.59	96.88	97.31	97.65	98.28	98.83	99.32	99.87	-	-	-	-	-	-	

Dichte g/cm ³	Temperatur																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.522	92.47	92.30	92.15	91.97	95.91	96.26	96.59	96.86	97.14	97.57	97.91	98.55	99.10	99.59	-	-	-	-	-	-	-
1.524	92.69	92.50	92.33	92.13	96.18	96.54	96.87	97.13	97.41	97.84	98.17	98.81	99.37	99.86	-	-	-	-	-	-	-
1.526	92.90	92.69	92.51	92.30	96.46	96.81	97.14	97.40	97.67	98.10	98.43	99.08	99.64	-	-	-	-	-	-	-	-
1.528	93.12	92.88	92.68	92.46	96.74	97.09	97.41	97.66	97.93	98.37	98.69	99.35	99.91	-	-	-	-	-	-	-	-
1.530	93.33	93.07	92.85	92.62	97.01	97.36	97.68	97.93	98.20	98.63	98.95	99.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.532	93.54	93.25	93.02	92.78	97.29	97.63	97.95	98.20	98.46	98.89	99.21	99.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.534	93.76	93.44	93.19	92.93	97.56	97.90	98.22	98.46	98.72	99.15	99.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.536	93.96	93.62	93.35	93.08	97.84	98.18	98.49	98.73	98.98	99.41	99.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.538	94.17	93.80	93.51	93.23	98.11	98.45	98.76	98.99	99.24	99.67	99.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.540	94.38	93.97	93.66	93.37	98.38	98.72	99.03	99.26	99.50	99.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.542	94.58	94.15	93.82	93.52	98.66	98.99	99.30	99.52	99.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.544	94.78	94.32	93.97	93.66	98.93	99.26	99.56	99.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.546	94.98	94.48	94.12	93.80	99.20	99.53	99.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.548	95.18	94.65	94.26	93.93	99.47	99.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.550	95.38	94.81	94.41	94.06	99.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.552	95.57	94.97	94.55	94.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.554	95.76	95.13	94.68	94.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.556	95.95	95.29	94.82	94.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.558	96.14	95.44	94.95	94.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.560	96.33	95.59	95.08	94.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.562	96.51	95.73	95.20	94.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.564	96.69	95.88	95.32	94.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.566	96.87	96.02	95.44	95.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.568	97.05	96.16	95.55	95.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.570	97.23	96.29	95.66	95.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.572	97.40	96.42	95.77	95.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.574	97.57	96.55	95.88	95.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.576	97.74	96.68	95.98	95.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.578	97.91	96.80	96.08	95.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.580	98.08	96.92	96.17	95.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.582	98.24	97.03	96.26	95.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.584	98.40	97.15	96.35	95.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.586	98.56	97.25	96.43	95.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.588	98.71	97.36	96.51	96.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.590	98.87	97.46	96.59	96.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.592	99.02	97.56	96.66	96.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anhang 2 Dichte des Wassers in Abhängigkeit von der Temperatur

Temperatur in		Dichte in	
°C	°F	kg/m ³	lb/ft ³
0	32	999.8396	62.41999
0.5	32.9	999.8712	62.42197
1	33.8	999.8986	62.42367
1.5	34.7	999.9213	62.42509
2	35.6	999.9399	62.42625
2.5	36.5	999.9542	62.42714
3	37.4	999.9642	62.42777
3.5	38.3	999.9701	62.42814
4	39.2	999.9720	62.42825
4.5	40.1	999.9699	62.42812
5	41	999.9638	62.42774
5.5	41.9	999.9540	62.42713
6	42.8	999.9402	62.42627
6.5	43.7	999.9227	62.42517
7	44.6	999.9016	62.42386
7.5	45.5	999.8766	62.42230
8	46.4	999.8482	62.42053
8.5	47.3	999.8162	62.4185
9	48.2	999.7808	62.41632
9.5	49.1	999.7419	62.41389
10	50	999.6997	62.41125
10.5	50.9	999.6541	62.40840
11	51.8	999.6051	62.40535
11.5	52.7	999.5529	62.40209
12	53.6	999.4975	62.39863
12.5	54.5	999.4389	62.39497
13	55.4	999.3772	62.39112
13.5	56.3	999.3124	62.38708
14	57.2	999.2446	62.38284
14.5	58.1	999.1736	62.37841
15	59	999.0998	62.37380
15.5	59.9	999.0229	62.36901
16	60.8	998.9432	62.36403
16.5	61.7	998.8607	62.35887
17	62.6	998.7752	62.35354
17.5	63.5	998.6870	62.34803
18	64.4	998.5960	62.34235
18.5	65.3	998.5022	62.33650
19	66.2	998.4058	62.33047
19.5	67.1	998.3066	62.32428
20	68	998.2048	62.31793
20.5	68.9	998.1004	62.31141
21	69.8	997.9934	62.30473
21.5	70.7	997.8838	62.29788
22	71.6	997.7716	62.29088
22.5	72.5	997.6569	62.28372
23	73.4	997.5398	62.27641
23.5	74.3	997.4201	62.26894
24	75.2	997.2981	62.26132
24.5	76.1	997.1736	62.25355

Temperatur in		Dichte in	
°C	°F	kg/m ³	lb/ft ³
25	77	997.0468	62.24563
25.5	77.9	996.9176	62.23757
26	78.8	996.7861	62.22936
26.5	79.7	996.6521	62.22099
27	80.6	996.5159	62.21249
27.5	81.5	996.3774	62.20384
28	82.4	996.2368	62.19507
28.5	83.3	996.0939	62.18614
29	84.2	995.9487	62.17708
29.5	85.1	995.8013	62.16788
30	86	995.6518	62.15855
30.5	86.9	995.5001	62.14907
31	87.8	995.3462	62.13947
31.5	88.7	995.1903	62.12973
32	89.6	995.0322	62.11986
32.5	90.5	994.8721	62.10987
33	91.4	994.7100	62.09975
33.5	92.3	994.5458	62.08950
34	93.2	994.3796	62.07912
34.5	94.1	994.2113	62.06861
35	95	994.0411	62.05799
35.5	95.9	993.8689	62.04724
36	98.6	993.6948	62.03637
36.5	97.7	993.5187	62.02537
37	98.6	993.3406	62.01426
37.5	99.5	993.1606	62.00302
38	100.4	992.9789	61.99168
38.5	101.3	992.7951	61.98020
39	102.2	992.6096	61.96862
39.5	103.1	992.4221	61.95692
40	104	992.2329	61.94510
40.5	104.9	992.0418	61.93317
41	105.8	991.8489	61.92113
41.5	106.7	991.6543	61.90898
42	107.6	991.4578	61.89672
42.5	108.5	991.2597	61.88434
43	109.4	991.0597	61.87186
43.5	110.3	990.8581	61.85927
44	111.2	990.6546	61.84657
44.5	112.1	990.4494	61.83376
45	113	990.2427	61.82085
45.5	113.9	990.0341	61.80783
46	114.8	989.8239	61.79471
46.5	115.7	989.6121	61.78149
47	116.6	989.3986	61.76816
47.5	117.5	989.1835	61.75473
48	118.4	988.9668	61.74120
48.5	119.3	988.7484	61.72756
49	120.2	988.5285	61.71384
49.5	121.1	988.3069	61.70000

Temperatur in		Dichte in	
°C	°F	kg/m ³	lb/ft ³

50	122	988.0839	61.68608
50.5	122.9	987.8592	61.67205
51	123.8	987.6329	61.65793
51.5	124.7	987.4051	61.64371
52	125.6	987.1758	61.62939
52.5	126.5	986.9450	61.61498
53	127.4	986.7127	61.60048
53.5	128.3	986.4788	61.58588
54	129.2	986.2435	61.57118
54.5	130.1	986.0066	61.55640
55	131	985.7684	61.54153
55.5	131.9	985.5287	61.52656
56	132.8	985.2876	61.51150
56.5	133.7	985.0450	61.49636
57	134.6	984.8009	61.48112
57.5	135.5	984.5555	61.46580
58	136.4	984.3086	61.45039
58.5	137.3	984.0604	61.43489
59	138.2	983.8108	61.41931
59.5	139.1	983.5597	61.40364
60	140	983.3072	61.38787
60.5	140.9	983.0535	61.37203
61	141.8	982.7984	61.35611
61.5	142.7	982.5419	61.34009
62	143.6	982.2841	61.32400
62.5	144.5	982.0250	61.30783
63	145.4	981.7646	61.29157
63.5	146.3	981.5029	61.27523
64	147.2	981.2399	61.25881
64.5	148.1	980.9756	61.24231
65	149	980.7099	61.22573

Temperatur in		Dichte in	
°C	°F	kg/m ³	lb/ft ³

65.5	149.9	980.4432	61.20907
66	150.8	980.1751	61.19233
66.5	151.7	979.9057	61.17552
67	152.6	979.6351	61.15862
67.5	153.5	979.3632	61.14165
68	154.4	979.0901	61.12460
68.5	155.3	978.8159	61.10748
69	156.2	978.5404	61.09028
69.5	157.1	978.2636	61.07300
70	158	977.9858	61.05566
70.5	158.9	977.7068	61.03823
71	159.8	977.4264	61.02074
71.5	160.7	977.1450	61.00316
72	161.6	976.8624	60.98552
72.5	162.5	976.5786	60.96781
73	163.4	976.2937	60.95002
73.5	164.3	976.0076	60.93216
74	165.2	975.7204	60.91423
74.5	166.1	975.4321	60.89623
75	167	975.1428	60.87816
75.5	167.9	974.8522	60.86003
76	168.8	974.5606	60.84182
76.5	169.7	974.2679	60.82355
77	170.6	973.9741	60.80520
77.5	171.5	973.6792	60.78680
78	172.4	973.3832	60.76832
78.5	173.3	973.0862	60.74977
79	174.2	972.7881	60.73116
79.5	175.1	972.4890	60.71249
80	176	972.1880	60.69375