

LS

Z802

Berichte aus dem Institut für Meereskunde  
an der Christian-Albrechts-Universität Kiel

Nr. 101C

1998

## SI-Einheiten in der Ozeanographie SI Units in Oceanography

von  
Gerold Siedler



3. überarbeitete Auflage  
3rd revised edition

1. Auflage: 1982  
2. Auflage: 1988

DOI 10.3289/IFM-BER-101C

Kopien dieser Arbeit sind erhältlich bei:

Institut für Meereskunde  
Abt. Meeresphysik  
Düsternbrooker Weg 20  
24105 Kiel  
Germany

<b>Zusammenfassung und Einführung</b> .....	1
<b>1. Einheiten</b> .....	2
1.1 Definition der Einheiten .....	2
1.2 Beispiele von SI-abgeleiteten Einheiten aus Grundeinheiten mit abgeleiteten Bezeichnungen .....	3
1.3 SI-abgeleitete Einheiten mit besonderen Bezeichnungen .....	4
1.4 Beispiele von SI-abgeleiteten Einheiten, Bezeichnung abgeleitet aus besonderer und SI-Einheit .....	5
1.5 Zusätzlich zu SI benutzte Einheiten .....	6
1.6 Einheiten, die zeitweise mit SI benutzt werden dürfen .....	6
1.7 Einheiten, von deren Benutzung dringend abgeraten wird .....	7
<b>2. Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten</b> .....	8
<b>3. Umwandlung von Einheiten</b> .....	8
<b>4. Überschriften in Tabellen, Bezeichnung von Diagramm-Koordinaten</b> .....	9
<b>5. Texte und Formate</b> .....	10
<b>6. Besondere Empfehlungen für die Ozeanographie</b> .....	12
<b>7. Strahlungsenergieübertragung im Ozean</b> .....	15
<b>Literatur</b> .....	17
<b>Danksagung</b> .....	17

<b>Abstract and Introduction</b> .....	1
<b>1. Units</b> .....	2
1.1 Definition of units .....	2
1.2 Examples of SI derived units expressed in terms of base units .....	3
1.3 SI derived units with special names .....	4
1.4 Examples of SI derived units expressed by means of an association of special names and base units .....	5
1.5 Units in use with the SI .....	6
1.6 Units that may be temporarily used together with SI .....	6
1.7 Units whose use is strongly discouraged .....	7
<b>2. Decimal multiples and sub-multiples of SI units</b> .....	8
<b>3. Unit conversion</b> .....	8
<b>4. Headings of tables, labelling of graphs</b> .....	9
<b>5. Texts and formats</b> .....	10
<b>6. Specific recommendations for oceanography</b> .....	12
<b>7. Transfer of radiative energy in the ocean</b> .....	15
<b>References</b> .....	17
<b>Acknowledgements</b> .....	17

## **Zusammenfassung und Einführung**

Die Zusammenstellung zu den SI-Einheiten soll eine praktische Arbeitsgrundlage für die Verwendung dieser Einheiten in der Ozeanographie bereitstellen. Sie paßt die grundlegenden Vorschriften des SI-Systems (Système International d'Unités) und die vom UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO-Ausschuß "Ozeanographische Tabellen und Standards" (JPOTS) erarbeiteten Regeln für die Anwendung in der Ozeanographie zusammen. Grundlagen sind der SUN Report (IAPSO, 1979), die IAPSO-Publication Scientifique No. 32, veröffentlicht bei der UNESCO (1985) und die Empfehlungen der genannten internationalen Meeresforschungsorganisationen zum "Praktischen Salzgehalt" und zur neuen Zustandsgleichung des Meerwassers (UNESCO, 1981, 1983). Außerdem werden Angaben zur neuen internationalen Temperaturskala gegeben (SAUNDERS, 1990). Der Bericht enthält ferner eine Zusammenfassung von Größen und Einheiten zur Strahlungsenergieübertragung im Meer.

Die 3. Auflage wurde gegenüber der 2. Auflage vor allem durch Erläuterungen zu oft gebrauchten Bezeichnungen ergänzt. Bei den Strahlungsgrößen wurden einige Bezeichnungen entsprechend dem überwiegend üblichen Gebrauch verändert bzw. hinzugefügt, und einige Fehler wurden korrigiert. Ergänzende Literatur findet man bei UNESCO (1978, 1979, 1981a,b,c,d) und bei SIEDLER und PETERS (1986). Insbesondere wird auf FEISTEL (1993) verwiesen, wo sich zusätzliche Angaben zu thermodynamischen Eigenschaften finden.

## **Abstract and Introduction**

*The summary of SI units is provided as a manual for the use of these units in oceanography. It gives the basic rules of the SI system (Système International d'Unités) and the instructions for their application in oceanography which were recommended by the UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards (JPOTS). The report is based on the SUN Report (IAPSO, 1979) and IAPSO Publication Scientifique No. 32 published by UNESCO (1985), and the recommendations for the definition of "Practical Salinity 1978" and the new "Equation of State 1980" (UNESCO, 1981, 1983) which were accepted by the above international organisations. Comments are given on the new international temperature scale (SAUNDERS, 1990). The report also contains a summary of quantities and units related to the radiative transfer of energy in the ocean.*

*Changes from the second to the third edition include additional comments on often used quantities and units. Also some names of quantities in the radiation part were changed or added, following the common use, and a few errors were corrected. Complementary literature can be found in UNESCO (1978, 1979, 1981a,b,c,d) and SIEDLER and PETERS (1986). Particular reference is made to FEISTEL (1993) where additional information is provided on thermodynamic properties.*

## 1 Einheiten *Units*

### 1.1 Definition der Einheiten *Definition of units*

SI = *Système International d'Unités*.

Beschlossen auf Sitzungen der *Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM)* zwischen 1948 und 1975.

*Accepted at meetings of the Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) between 1948 and 1975.*

Die SI-Grundeinheiten bilden ein kohärentes System, d.h. abgeleitete Größen bzw. Einheiten der abgeleiteten Größen entstehen durch Multiplikation von Potenzen der Größen bzw. Einheiten ohne Zusatzfaktor.

*The SI units form a coherent system, i.e. derived quantities or units of derived quantities result from a multiplication of powers of the quantities or units, without any additional factor.*

Das SI-System enthält 7 Grundeinheiten und 2 ergänzende Einheiten.

*The SI system has 7 base units and 2 supplementary units.*

#### SI-Grundeinheiten *SI base units*

Größe <i>quantity</i>	Bezeichnung <i>name</i>	Symbol <i>symbol</i>
Länge <i>length</i>	Meter <i>metre</i>	m
Masse <i>mass</i>	Kilogramm <i>kilogram</i>	kg
Zeit <i>time</i>	Sekunde <i>second</i>	s
Elektrischer Strom <i>electric current</i>	Ampere <i>ampere</i>	A
Thermodynamische Temperatur <i>thermodynamic temperature</i>	Kelvin <i>kelvin</i>	K
Stoffmenge <i>amount of substance</i>	Mol <i>mole</i>	mol
Lichtstärke <i>luminous intensity</i>	Candela <i>candela</i>	cd

#### SI - ergänzende Einheiten *SI supplementary units*

Ebener Winkel <i>plane angle</i>	Radian <i>radian</i>	rad
Raumwinkel <i>solid angle</i>	Steradian <i>steradian</i>	sr

**1.2 Beispiele von SI-abgeleiteten Einheiten mit aus Grundeinheiten abgeleiteten Bezeichnungen**  
***Examples of SI derived units expressed in terms of base units***

Größe <i>quantity</i>	Bezeichnung <i>name</i>	Symbol <i>symbol</i>
Fläche <i>area</i>	Quadratmeter <i>square metre</i>	$\text{m}^2$
Volumen <i>volume</i>	Kubikmeter <i>cubic metre</i>	$\text{m}^3$
Geschwindigkeit <i>speed, velocity</i>	Meter pro Sekunde <i>metre per second</i>	$\text{m/s}$
Beschleunigung <i>acceleration</i>	Meter pro Sekunde-Quadrat <i>metre per second squared</i>	$\text{m/s}^2$
Wellenzahl <i>wave number</i>	1 pro Meter <i>1 per metre</i>	$\text{m}^{-1}$
Dichte <i>density, mass density</i>	Kilogramm pro Kubikmeter <i>kilogram per cubic metre</i>	$\text{kg/m}^3$
Stromdichte <i>current density</i>	Ampere pro Quadratmeter <i>ampere per square metre</i>	$\text{A/m}^2$
magnetische Feldstärke <i>magnetic field strength</i>	Ampere pro Meter <i>ampere per metre</i>	$\text{A/m}$
Stoffmengen-Konzentration <i>amount-of-substance concentration</i>	Mol pro Kubikmeter <i>mole per cubic metre</i>	$\text{mol/m}^3$
Spezifisches Volumen <i>specific volume</i>	Kubikmeter pro Kilogramm <i>cubic metre per kilogram</i>	$\text{m}^3/\text{kg}$
Leuchtdichte <i>luminance</i>	Candela pro Quadratmeter <i>candela per square metre</i>	$\text{cd/m}^2$

### 1.3 SI-abgeleitete Einheiten mit besonderen Bezeichnungen SI derived units with special names

Größe <i>quantity</i>	Bezeichnung <i>name</i>	Symbol <i>symbol</i>	andere Einheiten <i>other units</i>	SI-Einheiten <i>SI units</i>
Frequenz <i>frequency</i>	Hertz <i>hertz</i>	Hz		$s^{-1}$
Kraft <i>force</i>	Newton <i>newton</i>	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Druck, Spannung <i>pressure, stress</i>	Pascal <i>pascal</i>	Pa	$N/m^2$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energie, Arbeit, Wärmeenergie <i>energy, work, quantity of heat</i>	Joule <i>joule</i>	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Leistung, Strahlungsleistung <i>power, radiant flux</i>	Watt <i>watt</i>	W	$J/s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Elektrizitätsmenge, elektrische Ladung <i>quantity of electricity, electric charge</i>	Coulomb <i>coulomb</i>	C		$s \cdot A$
Spannung, elektrisches Potential, Potentialdifferenz, elektromotorische Kraft <i>electric potential, potential difference, electromotive force</i>	Volt <i>volt</i>	V	$W/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Kapazität <i>capacitance</i>	Farad <i>farad</i>	F	$C/V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Elektrischer Widerstand <i>electric resistance</i>	Ohm <i>ohm</i>	$\Omega$	$V/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Leitfähigkeit <i>conductance</i>	Siemens <i>siemens</i>	S	$A/V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Magnetischer Fluß <i>magnetic flux</i>	Weber <i>weber</i>	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Magnetische Flußdichte, Induktion <i>magnetic flux density</i>	Tesla <i>tesla</i>	T	$Wb/m^2$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Induktivität <i>inductance</i>	Henry <i>henry</i>	H	$Wb/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Celsius-Temperatur <i>Celsius temperature</i>	Grad Celsius <i>degree Celsius</i>	$^{\circ}C$		K
Lichtstrom <i>luminous flux</i>	Lumen <i>lumen</i>	lm		$cd \cdot sr$
Beleuchtungsstärke <i>illuminance</i>	Lux <i>lux</i>	lx	$lm/m^2$	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
Aktivität <i>activity</i>	Becquerel <i>becquerel</i>	Bq		$s^{-1}$
Energiedosis <i>absorbed dose</i>	Gray <i>gray</i>	Gy	$J/kg$	$m^2 \cdot s^{-2}$

**1.4 Beispiele von SI-abgeleiteten Einheiten, Bezeichnung abgeleitet aus besonderer und SI-Einheit**  
***Examples of SI derived units expressed by means of an association of special names and base units***

<b>Größe</b> <i>quantity</i>	<b>Bezeichnung</b> <i>name</i>	<b>Symbol</b> <i>symbol</i>	<b>SI-Einheiten</b> <i>SI units</i>
Dynamische Viskosität <i>dynamic viscosity</i>	Pascalsekunde <i>pascal second</i>	Pa·s	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
Drehmoment <i>moment of force</i>	Newtonmeter <i>metre newton</i>	N·m	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Oberflächenspannung <i>surface tension</i>	Newton pro Meter <i>newton per metre</i>	N/m	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
Wärmeflußdichte, Strahlungsflußdichte <i>heat flux density, irradiance</i>	Watt pro Quadratmeter <i>watt per square metre</i>	W/m <sup>2</sup>	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Wärmekapazität, Entropie <i>heat capacity, entropy</i>	Joule pro Kelvin <i>joule per kelvin</i>	J/K	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
Spezif. Wärmekapazität, spezif. Entropie <i>specific heat capacity, specific entropy</i>	Joule pro Kilogramm und Kelvin <i>joule per kilogram kelvin</i>	J/(kg·K)	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
Wärmeleitfähigkeit <i>thermal conductivity</i>	Watt pro Meter und Kelvin <i>watt per metre kelvin</i>	W/(m·K)	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
elektrische Feldstärke <i>electric field strength</i>	Volt pro Meter <i>volt per metre</i>	V/m	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
elektrische Ladungsdichte <i>electric charge density</i>	Coulomb pro Kubikmeter <i>coulomb per cubic metre</i>	C/m <sup>3</sup>	$\text{m}^3 \cdot \text{s} \cdot \text{A}$
Permeabilität <i>permeability</i>	Henry pro Meter <i>henry per metre</i>	H/m	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$
molare Energie <i>molar energy</i>	Joule pro Mol <i>joule per mole</i>	J/mol	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$

### 1.5 Zusätzlich zu SI benutzte Einheiten *Units in use with the SI*

Größe <i>quantity</i>	Bezeichnung <i>name</i>	Symbol <i>symbol</i>	SI-Einheiten <i>SI units</i>
Zeit <i>time</i>	Minute <i>minute</i>	min	1 min = 60 s
	Stunde <i>hour</i>	h	1 h = 3 600 s
	Tag <i>day</i>	d	1 d = 86 400 s
Ebener Winkel <i>plane angle, arc</i>	Grad <i>degree</i>	°	1° = ( $\pi$ /180) rad
	Minute <i>minute</i>	'	1' = ( $\pi$ /10 800) rad
	Sekunde <i>second</i>	"	1" = ( $\pi$ /648 000) rad
Masse <i>mass</i>	Tonne <i>ton</i>	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
	atomare Masseinheit <i>unified atomic mass</i>	u	1 u = 1,660 565 5 · 10 <sup>-27</sup> kg (annähernd, <i>approximate</i> )

### 1.6 Einheiten, die zeitweise mit SI benutzt werden dürfen *Units that may be temporarily used together with SI*

Größe <i>quantity</i>	Bezeichnung <i>name</i>	Symbol <i>symbol</i>	SI-Einheiten <i>SI units</i>
Länge <i>length</i>	Seemeile <i>nautical mile</i>	-	1 Seemeile = 1 852 m (exakt) 1 <i>nautical mile</i> = 1 852 m ( <i>exact</i> )
Druck <i>pressure</i>	Bar <i>bar</i>	bar	1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa (exakt, <i>exact</i> )
Schwerebeschleunigung <i>acceleration of free fall</i>	Gal <i>gal</i>	Gal	1 Gal = 10 <sup>-2</sup> m·s <sup>-2</sup>
Aktivität <i>activity</i>	Curie <i>curie</i>	Ci	1 Ci = 3,7 · 10 <sup>10</sup> Bq = 3,7 · 10 <sup>10</sup> s <sup>-1</sup>



**1.7 Einheiten, von deren Benutzung dringend abgeraten wird**  
*Units whose use is strongly discouraged*

Größe <i>quantity</i>	Bezeichnung <i>name</i>	Symbol <i>symbol</i>	SI-Einheiten <i>SI units</i>
Länge <i>length</i>	Mikron <i>micron</i>	$\mu$	$1 \mu = 1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
Fläche <i>area hectare</i>	Hektar	ha	$1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$
Volumen <i>volume</i>	Liter <i>litre</i>	$\ell$	$1 \ell = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
Kraft <i>force</i>	Kilopond <i>kilogram-force</i>	Kilopond <i>kgf</i>	kp $1 \text{ kp} = 9,806 \ 65 \text{ N}$
Druck <i>pressure</i>	Atmosphäre <i>atmosphere, standard atmosphere</i>	atm	$1 \text{ atm} = 101 \ 325 \text{ Pa}$ (exakt, <i>exact</i> )
	Torr <i>torr</i>	-	$1 \text{ Torr} = (101 \ 325/760) \text{ Pa}$ $\approx 133,322 \ 387 \text{ Pa}$ (annähernd, <i>approximate</i> )
	mm Quecksilber <i>conventional mm of mercury</i>	mmHg	$1 \text{ mmHg}$ $= 133,322 \ 387 \text{ Pa}$
Geschwindigkeit <i>velocity</i>	Knoten <i>knot</i>	-	$1 \text{ Knoten}$ $= (1 \ 852/3 \ 600) \text{ m/s}$ $\approx 0,514 \text{ m/s}$ (annähernd, <i>approximate</i> )
Geopotential <i>geopotential</i>	dynamisches Meter <i>dynamic metre</i>	-	$1 \text{ dynamisches Meter}$ $\approx 10^1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ (annähernd, <i>approximate</i> )
Energie <i>energy</i>	Kalorie <i>calorie</i>	cal	$1 \text{ cal} = 4,186 \ 8 \text{ J}$
Magnetische Flußdichte, Induktion <i>magnetic flux density</i>	Gamma <i>gamma</i>	$\gamma$	$1 \gamma = 10^{-9} \text{ T}$

Als Stoffmengeneinheit ist stets das Mol zu verwenden, nicht veraltete Begriffe wie Grammatom, Grammolekül, Grammäquivalent etc.

*The term "mole" should always be used as unit for the amount of substance, and not outdated terms like gram-atom, gram-molecule, gram-equivalent etc.*

## 2. Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten *Decimal multiples and sub-multiples of SI units*

Factor <i>factor</i>	Vorsilbe <i>prefix</i>	Symbol <i>symbol</i>	Faktor <i>factor</i>	Vorsilbe <i>prefix</i>	Symbol <i>symbol</i>
$10^{18}$	Exa	E	$10^{-1}$	deci	d
$10^{15}$	Peta	P	$10^{-2}$	centi	c
$10^{12}$	Tera	T	$10^{-3}$	milli	m
$10^9$	Giga	G	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^6$	Mega	M	$10^{-9}$	nano	n
$10^3$	kilo	k	$10^{-12}$	pico	p
$10^2$	hecto	h	$10^{-15}$	femto	f
$10^1$	deca	da	$10^{-18}$	atto	a

## 3. Umwandlung von Einheiten *Unit conversion*

Multipliziere Faktoren:  $\frac{\text{Größe}}{\text{Einheit}}$  und  $\frac{\text{Einheit}}{\text{Einheit}}$

*Multiply factors:*  $\frac{\text{quantity}}{\text{unit}}$  and  $\frac{\text{unit}}{\text{unit}}$

**Beispiel:**  
**Example:**

$p = 100 \text{ dbar}$  in SI-Einheiten?  
 $p = 100 \text{ dbar}$  in Si units?

$$\frac{p}{\text{Pa}} = \frac{p}{\text{dbar}} \cdot \frac{\text{dbar}}{\text{bar}} \cdot \frac{\text{bar}}{\text{Pa}} = \frac{p}{\text{dbar}} 10^{-1} \cdot 10^5 = \frac{p}{10^4 \text{ dbar}}$$

$$1 \text{ Pa} = 10^{-4} \text{ dbar}$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} = 100 \text{ dbar}$$

**4. Überschriften in Tabellen, Bezeichnung von Diagramm-Koordinaten**  
**Headings of tables, labelling of graphs**

Größe / Einheit

quantity / unit

Beispiele:

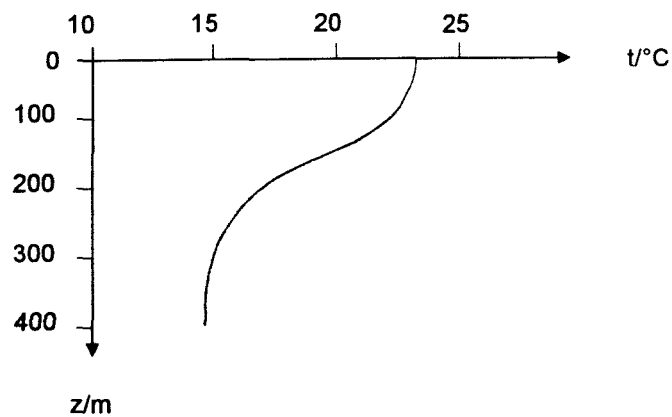
Examples:

Tabelle 12

Table 12

Temperatur  $t$ , Salzgehalt  $S$  und Dichteparameter  $\sigma_t$  in Abhängigkeit von der Tiefe  $z$ .  
 Temperature  $t$ , salinity  $S$  and density parameter  $\sigma_t$  as a function of depth  $z$ .

$z/m$	$t/^\circ\text{C}$	$S$	$\sigma_t/\text{kg m}^{-3}$
0	25,91	36,91	24,53
100	24,59	36,74	24,80
199	15,47	35,57	26,33
590	5,53	34,46	27,21
983	3,71	34,51	27,45
2486	2,77	34,89	27,84
4850	0,78	34,69	27,84



## 5. Texte und Formate *Texts and formats*

Alle in einem wissenschaftlichen Text verwendeten Symbole für Größen sollen erklärt werden, entweder beim ersten Auftreten im Text oder aber in einer Tabelle am Beginn oder Schluß des Textes. Die Bedeutung eines Symbols soll in einem Text nicht verändert werden.

Im allgemeinen werden folgende Formate empfohlen:

- Schriftzeichen:** Größen und zugehörige Symbole: *Kursivschrift*  
Zahlen und Einheiten: Senkrechte Schrift  
(Im vorliegenden Text werden die unterschiedlichen Schriftarten so eingesetzt, daß deutsche und englische Bezeichnungen leicht identifizierbar sind.)
- Dezimalzahlen:** Dezimalkomma im deutschen Text,  
Dezimalpunkt im englischen Text.  
Keine zusätzlichen (Tausender-)Zeichen, je ein Abstand nach je 3 Ziffern rechts bzw. links vom Dezimalzeichen.

*Symbols for quantities must be explained in a scientific text. This can be done when the quantity appears for the first time in the text, or in a table at the beginning or end of the text.*

*In general the following choices of formats are recommended:*

- Characters:** quantities and related symbols: *italic*  
numbers and units: *roman*  
(In the present text characters are instead chosen to best identify German or English expression.)

- Decimal numbers:** decimal comma in German text,  
decimal point in English text.  
no points between other numbers, blanks before or after 3 digits to the left or right of decimal point, respectively.

- Beispiel:**  $p = 1\ 002,310\ 15\ \text{MPa}$  (deutsch, German) oder  
**Example:**  $p = 1\ 002.310\ 15\ \text{MPa}$  (englisch, English)

- Indices:** Hoch- oder tiefgestellte Indices dürfen verwendet werden, Indices 2. Ordnung sollten möglichst vermieden werden. Die Abhängigkeit von Zustandsgrößen sollte nicht als Index angegeben werden.

$r(20^\circ\text{C})$ , nicht  $r_{20^\circ\text{C}}$

- Empfohlene hochgestellte Indices:**
- \* reine Substanz
  - o Standard
  - id. ideal
  - $\infty$  unendliche Verdünnung
  - +,- Ion bzw. Elektrode  
positiv, negativ

- Empfohlene tiefgestellte Indices:**
- p, v,... Druck, Volumen (konstant)
  - g, l, s, c gasförmig, flüssig,  
fest, kristallförmig

**Indices:** *Superscripts and subscripts may be used, indices of second and higher order should be avoided. Indices should not be used to indicate functional dependence.*

*r (20°C), not r<sub>20°C</sub>*

**Recommended superscripts:**

*	<i>pure substance</i>
o	<i>standard</i>
id.	<i>ideal</i>
∞	<i>infinite dilution</i>
+,-	<i>ion or electrode, positive, negative</i>

**Recommended subscripts:**

p, v, ...	<i>pressure, volume (constant)</i>
g, l, s, c	<i>gas, liquid, solid, crystalline</i>

**Kombination von Größen und Einheiten:**

Eine Vermischung von Größen und Einheiten nach dem numerischen Wert ist unzulässig.

**Beispiele:**

$$C(\text{NaCl}, 20^\circ\text{C}) = 15,2 \text{ mol m}^{-3}$$

richtig

$$\frac{C(\text{NaCl}, 20^\circ\text{C})}{\text{mol m}^{-3}} = 15,2$$

richtig

$$C = 15,2 \text{ mol NaCl/m}^3 20^\circ\text{C}$$

unzulässig



**Combination of quantities and units:**

*A mingling of quantities and units after the numerical value is not permitted.*

**Examples:**

$$C(\text{NaCl}, 20^\circ\text{C}) = 15.2 \text{ mol m}^{-3}$$

*correct*

$$\frac{C(\text{NaCl}, 20^\circ\text{C})}{\text{mol m}^{-3}} = 15.2$$

*correct*

$$C = 15.2 \text{ mol NaCl/m}^3 20^\circ\text{C}$$

*not permitted*

## 6. Besondere Empfehlungen für die Ozeanographie

### *Specific recommendations for oceanography*

#### Temperatur

#### Temperature

Thermodynamische Temperatur <i>thermodynamic temperature</i> ( $T - \theta = 273.15 \text{ K}$ )	T/K
Celsius-Temperatur Celsius temperature	$t/^{\circ}\text{C}$ (auch üblich: $T/^{\circ}\text{C}$ ; also common: $T/^{\circ}\text{C}$ )
Potentielle Temperatur <i>potential temperature</i>	$\theta/^{\circ}\text{C}$
Temperaturintervall, Temperaturdifferenz <i>interval of temperature,</i> <i>difference of temperature</i>	$\Delta T, \Delta t, \Delta \Theta, \Delta \theta$ in K bzw. $^{\circ}\text{C}$ in K or $^{\circ}\text{C}$ , respectively

Die "International Temperature Scale of 1990" (ITS-90) ersetzt die früher festgelegte "International Practical Temperature Scale of 1968" (IPTS-68) im Jahre 1990. Der Tripelpunkt des reinen Wassers blieb gleich bei 273,16 K bzw. 0,010°C, aber der Siedepunkt bei Standardatmosphärendruck verschob sich nach 99.974°C. Im Bereich ozeanischer Temperaturen gilt nach Saunders (1990) die folgende Beziehung zwischen den Temperaturen  $t_{68}$  (IPTS-68) und  $t_{90}$  (ITS-90):

$$t_{90} = 0,99976 t_{68}$$

$$t_{68} = 1,00024 t_{90}$$

*The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) replaced the earlier International Practical Temperature Scale of 1968 (IPTS-68) in 1990. The triple point of water remained unchanged at 273.16 K or 0.010°C, but the boiling point at standard atmospheric pressure changed to 99.974°C. In the range of ocean temperatures the following relations exist between the temperatures  $t_{68}$  (IPTS-68) and  $t_{90}$  (ITS-90) according to Saunders (1990):*

$$t_{90} = 0.99976 t_{68}$$

$$t_{68} = 1.00024 t_{90}$$

Salzgehalt  
Salinity

Der "Praktische Salzgehalt" (*practical salinity*) soll verwendet werden. Wenn es offensichtlich ist, daß vom Praktischen Salzgehalt die Rede ist, kann verkürzt der Begriff "Salzgehalt" benutzt werden. Durch die Definition des "Praktischen Salzgehalts" entfällt der Faktor  $10^{-3}$ , der früher durch ‰ oder ppt ausgedrückt wurde. Es ist weit verbreitet, "psu" (practical salinity unit) wie eine Einheit zu verwenden. Von dieser Nutzung wird dringend abgeraten.

**Beispiel:**

Früher:                    S = 35,014 ‰        bzw.        S = 35,014 ppt  
Jetzt:                     S = 35,014         bzw.        S = 35,014

*The "practical salinity" should be used. If it is obvious that practical salinity is used, the shorter term "salinity" can be employed. Because of the definition of practical salinity, the factor  $10^{-3}$  is no longer needed which was earlier expressed by ‰ or ppt. It has become fairly common to used "psu" (practical salinity unit) like a unit, but this use is strongly discouraged.*

**Example:**

Earlier:                    S = 35.014 ‰        or            S = 35.014 ppt  
Now:                        S = 35.014            or            S = 35.014

Druck  
Pressure

Gesamtdruck  
*total pressure*

p/Pa

Atmosphärendruck  
*atmospheric pressure*

$p_a$ /hPa

Wasserdruck (Druck über Atmosphärendruck)  
*sea pressure (excess of p over  $p_a$ )*

$p_s$ /MPa  
(auch üblich: p/dbar; also common: p/dbar)

Druck einer Standardatmosphäre  
*standard atmosphere*

$p^\circ = 101\,325$  Pa  
(exakt, exact)



Dichte und abgeleitete Größen  
Density and derived quantities

Es sind nur noch dimensionsbehaftete Größen zu verwenden, nicht die relative Dichte.  
 Größenordnung:  $10^3 \text{ kg m}^{-3}$

z.B.  $\rho = 1\,027,355 \text{ kg m}^{-3}$

Reihenfolge der Zustandsgrößen:  $\rho$  (S, t, p)

*Only values with units should be given, not the specific gravity.*  
 Order of magnitude:  $10^3 \text{ kg m}^{-3}$

**Example:**  $\rho = 1\,027.355 \text{ kg m}^{-3}$

Order of variables:  $\rho$  (S, t, p)

Spezifisches Volumen  
Specific volume

Kehrwert der Dichte.  
 Größenordnung:  $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ .  
 $\alpha/\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$  oder  $v/\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$

Reciprocal value of density.  
 Order of magnitude:  $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ .  
 $\alpha/\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$  or  $v/\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$

Dichteparameter  
Excess density

Die Größe  $\sigma$  sollte eigentlich nicht mehr verwendet werden, statt dessen sollte ein numerisch gleicher, stets dimensionsbehafteter Term  $\gamma$  gewählt werden. Diese Empfehlung für den Buchstaben  $\gamma$  hat sich jedoch nicht durchgesetzt, die Bezeichnung  $\sigma$  für den Dichteparameter ist ganz überweigend üblich.

$\sigma = (\rho - 10^3) \text{ kg m}^{-3}$  bzw.  $\gamma = (\rho - 10^3) \text{ kg m}^{-3}$

Beispiel:  $\rho = 1\,027,355 \text{ kg m}^{-3}$   
 $\sigma$  bzw.  $\gamma = 27,355 \text{ kg m}^{-3}$

*It had been recommended to use no longer the term  $\sigma$  as the excess density. Instead, an excess density  $\gamma$  was proposed which is a dimensional quantity. However, the use of the letter  $\gamma$  was not accepted by the oceanographic community, and  $\sigma$  is most commonly used.*

$\sigma = \rho - 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  or  $\gamma = \rho - 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

Example:  $\rho = 1\,027.355 \text{ kg m}^{-3}$   
 $\sigma$  or  $\gamma = 27.355 \text{ kg m}^{-3}$



Anomalie des spezifischen Volumens oder sterische Anomalie  
Specific volume anomaly or steric anomaly

$$\delta = \alpha(S, t, p) - \alpha(35, 0, p) \quad \text{für beliebigen Druck } p \\ \text{for variable pressure } p$$

Thermosterische Anomalie  
Thermosteric anomaly

$$\Delta = \alpha(S, t, p) - \alpha(35, 0, p) \quad \text{für } p = p_a \text{ bzw. } p_s = 0 \\ \text{for } p = p_a \text{ or } p_s = 0$$

Geopotential  
Geopotential

Alle Begriffe mit "dynamisch" und das Symbol D sollen in diesem Zusammenhang nicht mehr verwendet werden, statt dessen:

*The terms with "dynamic" and the symbol D should no longer be used in this context, instead:*

dynamische Tiefe <i>dynamic height</i>	→ Geopotential → <i>geopotential</i>
Anomalie der dynamischen Tiefe <i>dynamic height anomaly</i>	→ Anomalie des Geopotentials → <i>geopotential anomaly</i>
Differenz der dynamischen Tiefen <i>dynamic height difference</i>	→ Geopotential-Differenz → <i>geopotential difference</i>
Niveaufläche <i>equipotential surface</i>	→ Äquipotentialfläche → <i>equipotential surface</i>
dynamische Topographie der Meeres- oberfläche bezogen auf 1000 dbar-Fläche <i>dynamic topography at the sea surface relative to 1000 dbar surface</i>	→ (Topographie der) Anomalien des Geopotentials bezogen auf die 10MPa-Fläche → <i>(topography of) geopotential anomaly at the sea surface relative to 10-MPa surface</i>
Einheit des Geopotentials: <i>unit of geopotential:</i>	$\text{m}^2/\text{s}^2 = \text{J}/\text{kg}$ $\text{m}^2/\text{s}^2 = \text{J}/\text{kg}$
1 dynamischer Meter = $10^1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ (annähernd)	
1 <i>dynamic metre</i> = $10^1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ (approximate)	

## 7. Strahlungsenergieübertragung im Ozean *Transfer of radiative energy in the ocean*

Der Zusammenhang zwischen strahlungsphysikalischen und lichttechnischen Größen und Einheiten ergibt sich aus der folgenden Gegenüberstellung:

*The correspondence between radiative and light transfer quantities and units is presented in the following:*

<u>Strahlung</u> <u>radiation</u>		<u>Licht</u> <u>light</u>	
<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Einheit</u> <u>unit</u>	<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Einheit</u> <u>unit</u>
Strahlungsintensität <i>radiant intensity</i>	$W \cdot sr^{-1}$	Lichtstärke <i>luminous intensity</i>	
Strahlungsleistung <i>radiant flux</i>	W	Lichtstrom <i>luminous flux</i>	cd·sr
Strahlungsenergie <i>quantity of radiant energy</i>	W·s	Lichtmenge <i>quantity of light</i>	cd·sr·s
Strahldichte <i>radiance</i>	$W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$	Leuchtdichte <i>luminance</i>	$cd \cdot m^{-2}$
Strahlungsflußdichte, Bestrahlungsstärke <i>irradiance</i>	$W \cdot m^{-2}$	Beleuchtungsstärke <i>illumination</i>	$cd \cdot sr \cdot m^{-2}$

Die folgende Auswahl bezieht sich auf nichtpolarisierte Strahlung. Wenn wellenlängen- bzw. frequenzabhängige Größen gemeint sind, ist dies durch einen tiefgestellten Index  $\lambda$  bzw.  $\nu$  anzugeben. Dimensionslose Größen haben in der Einheitenspalte eine 1.

*The following selection refers to non-polarized radiation. A subscript  $\lambda$  or  $\nu$  should be used if the quantities refer to terms which are functions of wavelength or frequency, respectively. The number 1 signifies dimensionless quantities in the units column.*

<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Einheit</u> <u>unit</u>
<u>Grundgrößen</u> <u>Fundamental quantities</u>	
Wellenlänge <i>wavelength</i>	m
Brechungsindex <i>refractive index</i>	1
Photon <i>photon</i>	J
Strahlungsenergie <i>quantity of radiant energy</i>	J
Strahlungsleistung <i>radiant flux</i>	W
Strahlungsintensität <i>radiant intensity</i>	$W \cdot sr^{-1}$
Strahldichte <i>radiance</i>	$W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$
Strahlungsflußdichte, Bestrahlungsstärke <i>irradiance</i>	$W \cdot m^{-2}$

<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Einheit</u> <u>unit</u>
<b>Strahlungsenergie im Ozean</b> <u>Radiant energy in the ocean</u>	
Abwärts gerichtete Strahlungsflußdichte <i>downward irradiance</i>	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
Aufwärts gerichtete Strahlungsflußdichte <i>upward irradiance</i>	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
Sphärische Bestrahlungsstärke <i>spherical irradiance</i>	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
Bestrahlungsstärke-Verhältnis <i>irradiance ratio</i>	1
<b>Materialeigenschaften</b> <u>Material properties</u>	
Emissionsvermögen <i>emissivity</i>	1
Absorptionsvermögen <i>absorptance</i>	1
Streuvermögen <i>scatterance</i>	1
Vorwärts-Streuvermögen <i>forward scatterance</i>	1
Attenuationsvermögen, Extinktionsvermögen <i>attenuance</i>	1
Reflexionsvermögen <i>reflectance</i>	1
Transmissionsvermögen <i>transmittance</i>	1
<b>Materialkonstanten</b> <u>Inherent properties</u>	
(Volumen-)Absorptionskoeffizient <i>absorption coefficient</i>	$\text{m}^{-1}$
Volumen-Streufunktion <i>volume scattering function</i>	$\text{m}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$
(Volumen-)Streukoeffizient <i>(total) scattering coefficient</i>	$\text{m}^{-1}$
Vorwärts-Streukoeffizient <i>forward scattering coefficient</i>	$\text{m}^{-1}$
Rückwärts-Streukoeffizient <i>backward scattering coefficient</i>	$\text{m}^{-1}$
(Volumen-)Extinktionskoeffizient <i>(total) attenuation coefficient</i>	$\text{m}^{-1}$
<b>Verhältnisgrößen</b> <u>Ratios</u>	
Vorwärts-Rückwärts-Streuverhältnis <i>forward and backward scattering ratio</i>	1
Optische Dicke, Tiefe <i>optical thickness, depth</i>	1

**Literatur****References**

- FEISTEL, R. (1993): Equilibrium thermodynamics of seawater revisited. *Prog. Oceanog.*, 31, 101-179.
- IAPSO (1979): SUN Report. IAPSO Publication Scientifique No. 31, December 1979, IUGG Publications Office, 39ter, rue Gay-Lussac, Paris.
- SAUNDERS, P.M. (1990): The International Temperature Scale of 1990, ITS-90. *WOCE Newsletter*, No. 10, WOCE International Planning Office, Wormley, UK.
- SIEDLER, G. and H. PETERS (1986): Properties of sea water, Physical properties (general). In: *LANDOLT-BÖRNSTEIN, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, New Series, Oceanography* (Ed. J. SÜNDERMANN), V/3a, 233-264.
- UNESCO (1978): Eighth Report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 28, 35 p., Unesco, Paris.
- UNESCO (1979): Ninth Report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 30, 32 p., Unesco, Paris. Recommendation I/1978, pp. 17-20.
- UNESCO (1981a): The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980, Tenth Report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 36, 25 p., Unesco, Paris.
- UNESCO (1981b): Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 37, 144 p., Unesco, Paris.
- UNESCO (1981c): Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater 1980. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 38, 191 p., Unesco, Paris.
- UNESCO (1981d): International Oceanographic Tables in English, French, Spanish, Russian and Arabic. Vol. 3. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 39, 111 p., Unesco, Paris.
- UNESCO (1985): The International System of Units (SI) in Oceanography. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 45, 124 p., Unesco, Paris.
- UNESCO (1983): Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. *Unesco Tech. Pap. Mar. Sci.*, No. 44, 53 p., Unesco, Paris.

**Danksagung:**

Ich danke für die kritische Durchsicht und Beratung durch G. Zickwolff, H. Graßl, E. Ruprecht und P. Saunders bei der Überarbeitung des Berichts.

**Acknowledgements:**

*The advice on the revision of this report by G. Zickwolff, H. Graßl, E. Ruprecht and P. Saunders is gratefully acknowledged.*