

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

Nr. 101

1988

SI-Einheiten in der Ozeanographie

SI Units in Oceanography

von

Gerold Siedler

2. Überarbeitete Auflage

2nd revised edition

DOI 10.3289 / IFM_BER_101B

Kopien dieser Arbeit sind erhältlich bei:

Prof. Dr. G. Siedler
Institut für Meereskunde
Abt. Meeresphysik
Düsternbrooker Weg 20
2300 Kiel 1



1. Auflage: 1982
2. Auflage: 1988

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
Zusammenfassung und Einführung	1
1. Einheiten	2
1.1 Definition der Einheiten	2
1.2 Beispiele von SI-abgeleiteten Größen, Bezeichnungen abgeleitet aus Grundeinheiten	3
1.3 SI-abgeleitete Größen mit besonderen Bezeichnungen	4
1.4 Beispiele von SI-abgeleiteten Größen, Bezeichnung ab- geleitet 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
2. Umwandlung von Einheiten	8
3. Überschriften in Tabellen, Bezeichnung von Diagramm-Koordinaten	8
4. Texte und Schriftzeichen	9
5. Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten	10
6. Besondere Empfehlungen für die Ozeanographie	10
7. Strahlungsenergieübertragung im Ozean	13
Literatur	16

<u>Table of Contents</u>	<u>Page</u>
Abstract and introduction	1
1. Units	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
2. Unit conversion	8
3. Heading of tables, labelling of graphs	8
4. Texts and printing	9
5. Decimal multiples and sub-multiples of SI units	10
6. Specific recommendations for oceanography	10
7. Transfer of radiative energy in the ocean	13
Literature	16

Zusammenfassung und Einführung

Der vorliegende Bericht faßt die grundlegenden Vorschriften des SI-Systems (Système International d'Unités) und die von dem UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO-Ausschuß "Ozeanographische Tabellen und Standards" (JPOTS) erarbeiteten Regeln für die Anwendung in der Ozeanographie zusammen. Grundlage des Berichts ist der SUN Report (IAPSO, 1979) und die IAPSO Publication Scientifique No. 32, veröffentlicht bei der UNESCO (1985).

Die 1. Auflage dieses Berichts von 1982 fand ein großes Interesse. Die vorliegende überarbeitete 2. Auflage berücksichtigt nun entsprechend den jetzt ausgesprochenen Empfehlungen der internationalen Meeresforschungsorganisationen die Definition des "Praktischen Salzgehalts" (Practical Salinity - 1978) und die neue Zustandsgleichung des Meerwassers (Equation of State - 1980). Die Darstellung wurde darüber hinaus in einigen Abschnitten durch Beispiele und Erläuterungen ergänzt und enthält jetzt außerdem eine Zusammenfassung von Größen und Einheiten zur Strahlungsenergieübertragung im Meer. Ergänzende Literatur findet der Leser bei UNESCO (1978, 1979, 1981a, b, c, d) und bei SIEDLER und PETERS (1986). Ich hoffe, daß auch die überarbeitete 2. Auflage im deutschsprachigen Raum dazu beitragen wird, den Übergang zu den SI-Einheiten in der Meeresforschung zu erleichtern.

Abstract and Introduction

This report summarizes 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).

The first edition of this report of 1982 met great interest. The second revised edition now takes account of the recommendations for the definition of "Practical Salinity 1978" and the new "Equation of State 1980" which were accepted by the international oceanographic organizations. This second edition also includes additional comments and examples in several paragraphs. Furthermore, a summary is given of quantities and units related to the radiative transfer of energy in the ocean. Complementary literature can be found in UNESCO (1978, 1979, 1981a, b, c, d) and SIEDLER and PETERS (1986). It is hoped that the revised edition will further facilitate the transition to SI units in the German-speaking oceanographic community.

1. Einheiten
Units

1.1 Definition der Einheiten
Definition of units

SI = Système International d'Unités.
Beschlissen auf Sitzungen der Conférence Générale des Poids et Mesures
(CGPM) zwischen 1948 und 1975.

Die SI-Grundeinheiten bilden ein kohärentes System, d.h. abgeleitete
Gr o en bzw. Einheiten der abgeleiteten Gr o en entstehen durch Multi-
plikation von Potenzen der Gr o en bzw. Einheiten ohne Zusatzfaktor.

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

SI-Grundeinheiten
SI base units

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

SI - erg nzende Einheiten
SI supplementary units

<u>Gr�o�e</u> <u>quantity</u>	<u>Bezeichnung</u> <u>name</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>
Ebener Winkel plane angle	Radian radian	rad
Raumwinkel solid angle	Steradian steradian	sr

1.2 Beispiele von SI-abgeleiteten Größen, Bezeichnungen abgeleitet aus
 Grundeinheiten
Examples of SI derived units expressed in terms of base units

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



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

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

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

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

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

<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Bezeichnung</u> <u>name</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>	<u>In SI-Einheiten</u> <u>in SI units</u>
Zeit time	Minute minute	min	1 min = 60 s
	Stunde hour	h	1 h = 3600 s
	Tag day	d	1 d = 86 400 s
Ebener Winkel plane angle, arc	Grad degree	°	1° = (π/180) rad
	Minute minute	'	1' = (π/10 800) rad
	Sekunde second	''	1'' = (π/648 000) rad
Masse mass	Tonne tonne	t	1 t = 10 ³ kg
	atomare Masseinheit unified atomic mass	u	1 u ≈ 1.660 57 × 10 ⁻²⁷ kg (annähernd)

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

<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Bezeichnung</u> <u>name</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>	<u>In SI-Einheiten</u> <u>in SI units</u>
Länge length	Seemeile nautical mile	-	1 Seemeile = 1 852 m (exakt)
Druck pressure	Bar bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa (exakt)
Schwerebeschleuni- gung acceleration of free fall	Gal gal	Gal	1 Gal = 10 ⁻² m·s ⁻²
Aktivität activity	Curie curie	Ci	1 Ci = 3.7×10 ¹⁰ Bq = 3.7×10 ¹⁰ s ⁻¹

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

<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Bezeichnung</u> <u>name</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>	<u>In SI-Einheiten</u> <u>in SI units</u>
Länge length	Mikron micron	μ	$1 \mu = 1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
Fläche area	Hektar hectare	ha	$1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$
Volumen volume	Liter litre	l	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
Kraft force	Kilopond kilogram-force	kp kgf	$1 \text{ kp} = 9.806 \ 65 \text{ N}$
Druck pressure	Atmosphäre atmosphere, standard atmosphere	atm	1 atm $= 101 \ 325 \text{ Pa}$ (exakt)
	Torr torr	-	$1 \text{ Torr} = (101 \ 325/760) \text{ Pa}$ $\approx 133.322 \ 387 \text{ Pa}$ (annähernd)
	mm Quecksilber conventional mm of mercury	mmHg	1 mmHg $= 133.322 \ 387 \text{ Pa}$
Geschwindigkeit velocity	Knoten knot	-	1 Knoten $= (1 \ 852/3 \ 600) \text{ m/s}$ $\approx 0.514 \text{ m/s}$ (annähernd)
Geopotential geopotential	dynamisches Meter dynamic metre	-	$1 \text{ dynamisches Meter}$ $\approx 10^1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ (annähernd)
Energie energy	Kalorie calorie	cal	$1 \text{ cal} = 4.186 \ 8 \text{ J}$
Magnetische Fluß- dichte, Induktion magnetic flux density	Gamma gamma	γ	$1 \gamma = 10^{-9} \text{ T}$

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

2. 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:

p = 100 dbar in SI-Einheiten?

$$\frac{p}{\text{Pa}} = \frac{p}{\text{dbar}} \cdot \frac{\text{dbar}}{\text{bar}} \cdot \frac{\text{bar}}{\text{Pa}} = 100 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10^5 = 10^6$$

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

3. Überschriften in Tabellen, Bezeichnung von Diagramm-Koordinaten
Heading of tables, labelling of graphs

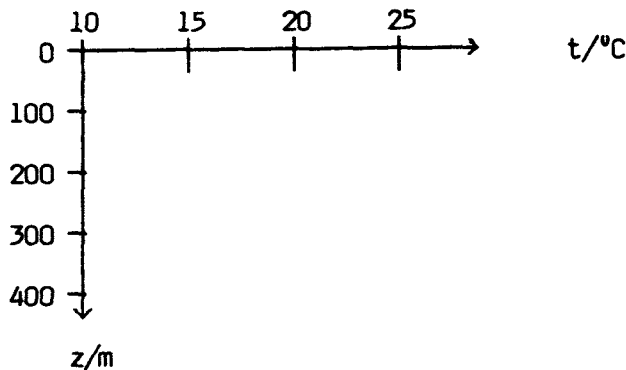
$\frac{\text{Größe}}{\text{Einheit}}$, $\frac{\text{quantity}}{\text{unit}}$

Beispiele:

Tabelle 12

Temperatur t, Salzgehalt S und Dichteparameter γ_t in Abhängigkeit von der Tiefe z auf der METEOR-Station Nr. 156 (25. Mai 1926, $\phi=15^\circ 19' \text{N}$, $\lambda=23^\circ 59' \text{W}$)

z/m	$t/^\circ\text{C}$	S	$\gamma_t/\text{kg m}^{-3}$
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



4. Texte und Schriftzeichen Texts and printing

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

Schriftzeichen: Größen und zugehörige Symbole: Kursivschrift
Zahlen und Einheiten-Symbole: Senkrechte Schrift

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.

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

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.

ρ (20°C), nicht $\rho_{20^\circ\text{C}}$

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

Empfohlene tiefgestellte Indices: p, v, t,...Druck, Volumen, Temperatur,... konstant

g, l, s, c Bezug auf Gas-, flüssige(liquid), feste(solid), Kristall(crystalline)-Phase

Kombination von Größen und Einheiten-Symbolen:

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

Beispiele:

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

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

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

5. Dezimale Vielfache und Teile von SI-Einheiten
Decimal multiples and sub-multiples of SI units

<u>Factor</u> <u>factor</u>	<u>Vorsilbe</u> <u>prefix</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>	<u>Faktor</u> <u>factor</u>	<u>Vorsilbe</u> <u>prefix</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>
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	μ
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

6. Besondere Empfehlungen für die Ozeanographie
Specific recommendations for oceanography

Temperatur
temperature

Thermodynamische Temperatur
 thermodynamic temperature
 (T - θ = 273.15 K)

T/K

Celsius-Temperatur
 Celsius temperature

t/°C oder θ/°C

Potentielle Temperatur
 potential temperature

θ/°C

Temperaturintervall,
 Temperaturdifferenz
 interval of temperature,
 difference of temperature

ΔT, Δt, Δθ, Δθ
 in K oder °C

Falls Celsius-Temperatur und Zeit im gleichen Text vorkommen, muß für die Zeit t verwendet werden. Eindeutige Bezeichnungen ergeben sich stets mit:

Thermodynamische Temperatur

T/K

Celsius-Temperatur

θ/°C

Potentielle Temperatur

θ/°C

Zeit

t/s

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.

Beispiel:

Frühere Schreibweise $S = 35,014 \text{ ‰}$ bzw. $S = 35.014 \text{ ppt}$

Neue Schreibweise: $S = 35,014$ bzw. $S = 35.014$

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
Druck einer Standardatmosphäre standard atmosphere	$p^0 = 101\,325 \text{ Pa}$ (exakt)

Dichte und abgeleitete Größen
Density and derived quantities

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

z.B.

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

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

Spezifisches Volumen
Specific volume

Kehrwert der Dichte. Größenordnung: $10^{-3} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$.

$$\alpha/\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1} \text{ oder } v/\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$$

Dichteparameter
Density parameter

Die Größe σ soll nicht mehr verwendet werden. Der neue Term γ ist numerisch gleich, aber dimensionsbehaftet.

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

$$\begin{aligned} \text{Beispiel: } \rho &= 1\,027,355 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} \\ \gamma &= 27,355 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} \end{aligned}$$

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

$$\delta = \alpha(S, \theta, p) - \alpha(35, 0, p) \text{ für beliebigen Druck } p$$

Thermosterische Anomalie
Thermosteric anomaly

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

Geopotential
Geopotential

Alle Begriffe mit "dynamisch" und das Symbol D sollen nicht mehr verwendet werden, stattdessen:

dynamische Tiefe
dynamic height

Geopotential
→ geopotential

Anomalie der dynamischen Tiefe
dynamic height anomaly

Anomalie des Geopotentials
→ geopotential anomaly

Differenz der dynamischen Tiefen
dynamic height difference

Geopotential-Differenz
→ geopotential difference

Niveaufläche
equipotential surface

Äquipotentialfläche
→ equipotential surface

dynamische Topographie der Meeresoberfläche bezogen auf 1000 dbar-Fläche

(Topographie der) Anomalien des Geopotentials bezogen auf die 10MPa-Fläche

dynamic topography at the sea surface relative to 1000 dbar surface

→ (topography of) geopotential anomaly at the sea surface relative to 10-MPa surface

Einheit des Geopotentials: $\text{m}^2/\text{s}^2 = \text{J}/\text{kg}$

1 dynamisches Meter $\approx 10^1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$
(annähernd)

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:

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

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

<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>
<u>GRUNDGRÖßEN</u> <u>FUNDAMENTAL QUANTITIES</u>	
Wellenlänge wavelength	m
Brechungsindex refractive index	1
Photon photon	J
Strahlungsenergie quantity of radiant energy	J
Strahlungsleistung radiant flux	W
Strahlungsintensität radiant intensity	$W \cdot sr^{-1}$
Strahldichte radiance	$W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$
Strahlungsflußdichte, Bestrahlungsstärke irradiance	$W \cdot m^{-2}$

<u>Größe</u> <u>quantity</u>	<u>Symbol</u> <u>symbol</u>
<u>STRAHLUNGSENERGIE IM OZEAN</u> <u>RADIANT ENERGY IN THE OCEAN</u>	
Abwärts gerichtete Strahlungsflußdichte downward irradiance	$W \cdot m^{-2}$
Aufwärts gerichtete Strahlungsflußdichte upward irradiance	$W \cdot m^{-2}$
Sphärische Bestrahlungsstärke spherical irradiance	$W \cdot m^{-2}$
Bestrahlungsstärke-Verhältnis irradiance ratio	1
<u>MATERIALEIGENSCHAFTEN</u> <u>MATERIAL CHARACTERISTICS</u>	
Emissionsvermögen emissivity	1
Absorptionsvermögen absorptance	1
Streuvermögen scatterance	1
Vorwärts-Streuvermögen forward scatterance	1
Attenuationsvermögen, Extinktionsvermögen attenuance	1
Reflexionsvermögen reflectance	1
Transmissionsvermögen transmittance	1

MATERIALKONSTANTEN
INHERENT PROPERTIES

(Volumen-)Absorptionskoeffizient absorption coefficient	m^{-1}
Volumen-Streufunktion volume scattering function	$m^{-1} sr^{-1}$
(Volumen-)Streukoeffizient (total) scattering coefficient	m^{-1}
Vorwärts-Streukoeffizient forward scattering coefficient	m^{-1}
Rückwärts-Streukoeffizient backward scattering coefficient	m^{-1}
(Volumen-)Extinktionskoeffizient (total) attenuation coefficient	m^{-1}

VERHÄLTNISGRÖßEN
RATIOS

Vorwärts-Rückwärts-Streuverhältnis forward and backward scattering ratio	1
Optische Dicke, Tiefe optical thickness, depth	1

Literatur

- IAPSO (1979): SUN Report. IAPSO Publication Scientifique No. 31, December 1979, IUGG Publications Office, 39ter, rue Gay-Lussac, Paris.
- 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 Sea Water 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 pp., Unesco, Paris.

