

# EIGENSCHAFTEN DER MATERIE IN IHREN AGGREGATZUSTÄNDEN

I. TEIL

## MECHANISCH-THERMISCHE ZUSTANDSGRÖSSEN

BEARBEITET VON

J. D'ANS · W. AUER · G. BEGGEROW · H. EBERT  
W. FISCHER · G. G. GRAU · A. HÖPFNER · R. LACMANN  
R. N. LICHTENTHALER · J. OTTO · W. PAUL · KL. SCHÄFER  
U. STILLE · FR. UMLAND · S. VALENTINER

HERAUSGEGEBEN VON

KLAUS SCHÄFER UND GERTRUD BEGGEROW

MIT 131 ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG

BERLIN · HEIDELBERG · NEWYORK

1971

# Inhaltsverzeichnis.

## 20 Allgemeine Tabellen.

### 201 Maßsysteme.

(U. Stille)

2010	Vorbemerkungen . . . . .	1
2011	Vorsätze zur Bezeichnung dezimaler Vielfache und Teile von Einheiten . . . . .	1
2012	Zusammenstellung der Definitionen von internationalen und angelsächsischen Einheiten. . . . .	1
20121	SI-Einheiten . . . . .	1
201211	Basis-Einheiten des SI . . . . .	1
201212	Besondere Namen abgeleiteter SI-Einheiten . . . . .	2
201213	Besondere Namen für abgeleitete CGS-Einheiten . . . . .	2
201214	Zu den SI-Einheiten und zu den CGS-Einheiten inkohärente Einheiten . . . . .	2
201215	Systemfreie (unabhängig vom SI definierte) Einheiten . . . . .	3
20122	Angelsächsische Einheiten. . . . .	3
2013	Stoffmenge, Äquivalentenmenge und relative Atommasse . . . . .	4
20131	Stoffmenge . . . . .	4
201311	Basisgröße Stoffmenge . . . . .	4
201312	Basiseinheit der Stoffmenge . . . . .	4
201313	Stoffmengenbezogene Größen. . . . .	5
20132	Äquivalentenmenge und Mol . . . . .	5
20133	Relative Atommasse und atomare Masseinheit . . . . .	5
201331	Skala der relativen Atommassen ( $A_r$ ) und (vereinheitlichte) atomare Masseinheit ( $u$ ) . . . . .	5
201332	Frühere „physikalische“ ( $A_{ph}$ ) und „chemische“ Atomgewichte ( $A_{ch}$ ) . . . . .	5
201333	Frühere atomare Masseneinheit (amu) . . . . .	6
2014	Temperatur und Temperaturskalen . . . . .	6
20141	Thermodynamische Temperatur $T$ . . . . .	6
201411	Thermodynamische Grundlagen . . . . .	6
201412	Kelvin und thermodynamische Kelvin-Skala . . . . .	6
201413	Angelsächsische Einheit der thermodynamischen Temperatur $T$ . . . . .	7
20142	Celsius-Temperatur $t$ und thermodynamische Celsius-Skala . . . . .	7
20143	Fahrenheit-Temperatur $\vartheta$ und thermodynamische Fahrenheit-Skala . . . . .	7
20144	Umwandlungen und Fundamentalpunkte . . . . .	7
201441	Umrechnungsbeziehungen . . . . .	7
201442	Fundamentalpunkte der thermodynamischen Temperaturskalen . . . . .	8
20145	Internationale Praktische Temperaturskala von 1968 (IPTS-68) . . . . .	8
201451	Definition der IPTS-68 . . . . .	8
201452	Praktische Temperaturskalen für Temperaturwerte unterhalb der IPTS-68 (< 13,81 K) . . . . .	9

2015	Umrechnungstafeln . . . . .	10
20151	Umrechnungstafel für Einheiten der dynamischen Viskosität . . . . .	10
20152	Umrechnungstafel für Einheiten der kinematischen Viskosität . . . . .	10
20153	Umrechnungstafel für Einheiten der Wärmeleitfähigkeit . . . . .	11
20154	Umrechnungstafel für Einheiten des Wärmedurchgangs- und Wärmeübergangs- koeffizienten . . . . .	11
20155	Umrechnungstafel für Energieeinheiten . . . . .	14
20156	Umrechnungstafel für Druckeinheiten . . . . .	13
20157	Umrechnungstafel für Leistungseinheiten . . . . .	13

**202 Praktische Temperaturmessung.**

2021	Allgemeines (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	15
2022	Thermometrische Bezugspunkte 1968 (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	15
20220	Vorbemerkungen . . . . .	15
20221	Zahlenwerte . . . . .	16
2023	Widerstandsthermometer (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	17
20230	Vorbemerkungen . . . . .	17
20231	Zahlentabellen . . . . .	18
2024	Thermoelemente (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	19
20240	Vorbemerkungen . . . . .	19
20241	Zahlentabellen . . . . .	20
2025	Temperaturmessung mit dem Teilstrahlungs-pyrometer (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	21
2026	Erweichungspunkte der Segerkegel (G. G. Grau) . . . . .	22
2027	Temperatur-Meßfarben und -Meßfarbstifte (G. G. Grau) . . . . .	22
2028	Korrektionswerte für Ablesungen an Flüssigkeitsthermometern bei herausragendem Faden (G. G. Grau) . . . . .	23
2029	Tensionsthermometer (J. Otto) . . . . .	23
20291	Dampfdrucke $p$ und normale Siedetemperaturen $T_s$ (bei 760 Torr) kondensierter Gase (J. Otto) . . . . .	23
202910	Vorbemerkungen . . . . .	23
202911	Tabellen . . . . .	24
202912	Literatur zu 20291 . . . . .	33
20292	Siedetemperaturen von Wasser, Sauerstoff und Schwefel in Abhängigkeit vom Druck nach den Formeln der Internationalen Temperaturskala von 1950 (G. G. Grau) . . . . .	34
20210	Internationale Praktische Temperaturskala von 1948 (Kl. Schäfer) . . . . .	35

**203 Volumenbestimmungen.**

2031	Dichte des Wassers (H. Ebert) . . . . .	36
2032	Dichte $\rho$ von Quecksilber in $\text{gcm}^{-3}$ bei $p = 1 \text{ atm}$ (H. Ebert) . . . . .	37
2033	Volumen eines Glasgefäßes von gewogenem Wasser- oder Quecksilberinhalt (G. G. Grau) . . . . .	38
2034	Reduktion eines Gasvolumens auf $0^\circ\text{C}$ und 760 Torr (G. G. Grau) . . . . .	38

2035	Reduktion eines mit Wasserdampf gesättigten Gasvolumens auf 0°C, 760 Torr und Trockenheit (G. G. Grau) . . . . .	40
2036	Psychrometrische Daten zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit (G. G. Grau) . . . . .	41
2037	Dichte der Luft (feuchte Luft) (H. Ebert) . . . . .	42
2038	Spezifisches Gewicht der Luft bei 760 Torr und verschiedenen Temperaturen (G. G. Grau) . . . . .	43
2039	Reduktion einer mit Messinggewichten ausgeführten Wägung auf den luftleeren Raum (G. G. Grau) . . . . .	44

### 204 Druckmessungen.

(G. G. Grau)

2041	Normalatmosphäre . . . . .	44
2042	Reduktion der an Messingskalen abgelesenen Barometerstände auf 0°C . . . . .	45
2043	Reduktion der an Glasskalen abgelesenen Barometerstände auf 0°C . . . . .	46
2044	Korrektionswert des Meniskus von Wasser . . . . .	46
2045	Kapillardepression des Quecksilbers . . . . .	47
2046	Umrechnung des Barometerstandes auf die Normfallbeschleunigung 980,665 cms <sup>-2</sup> im Meeresniveau . . . . .	47
2047	Ortstabelle für die Fallbeschleunigung . . . . .	48

### 205 Härte.

(G. Beggerow/Kl. Schäfer)

2051	Definition und Meßmethoden . . . . .	49
2052	Verschiedene Härteskalen . . . . .	49

### 206 Allgemeine Tabellen zur Systematik der chemischen Elemente.

2061	Periodisches System der chemischen Elemente (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	50
2062	Relative Atommassen (Atomgewichte) (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	50
2063	Natürlich vorkommende Isotope der Elemente (W. Paul) . . . . .	52
2064	Relative Häufigkeit der Elemente auf der Erde (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	58
2065	Grundkonstanten (G. Beggerow/Kl. Schäfer) . . . . .	58

## 21 Mechanisch-thermische Konstanten homogener Systeme.

### 211 Dichte, Ausdehnung und Kompressibilität im Thermischen Gleichgewicht als Funktion von Druck und Temperatur.

2111	Gase (W. Fischer/Fr. Umland) . . . . .	61
21111	Normal-Litergewicht von Gasen (Präzisionsmessungen) . . . . .	61
211110	Vorbemerkungen . . . . .	61
211111	Zahlentafel . . . . .	62
211112	Anmerkungen . . . . .	65
211113	Literatur zu 21111 . . . . .	66
	Anhang zu 211111 Zahlentafel . . . . .	68

21 112	Kompressibilität und zweite und höhere Virialkoeffizienten (J. Otto) . . . . .	69
21 1121	Übersichtstabelle . . . . .	69
21 1122	Kompressibilität . . . . .	72
	A. Vorbemerkungen . . . . .	72
	B. Reine anorganische Gase . . . . .	73
	C. Reine organische Gase . . . . .	142
	D. Binäre Gasgemische . . . . .	190
	a) Anorganisch-anorganische und anorganisch-organische Gasgemische . . . . .	190
	b) Organisch-organische Gasgemische . . . . .	220
	E. Ternäre und höhere Gasgemische . . . . .	238
21 1123	Zweite und höhere Virialkoeffizienten . . . . .	245
	A. Vorbemerkungen . . . . .	245
	B. Reine anorganische Gase . . . . .	245
	C. Reine organische Gase . . . . .	257
	D. Gasgemische . . . . .	260
	a) Vorbemerkungen . . . . .	260
	b) Zahlentabellen . . . . .	260
21 1124	Literatur zu 21 112 . . . . .	265
21 113	Zweite Virialkoeffizienten und zwischenmolekulare Kräfte. . . . .	271
21 1130	Vorbemerkungen (Kl. Schäfer) . . . . .	271
21 1131	Reduzierte Werte ( $f$ ) des 2. Virialkoeffizienten (1. Form; $m = 6$ ) (W. Auer/A. Höpfner). . . . .	274
21 1132	Reduzierte Werte ( $F$ ) des 2. Virialkoeffizienten (2. Form; $m = 6$ ) (R. N. Lichtenthaler). . . . .	280
21 1133	Reduzierte Werte ( $f$ ) des 2. Virialkoeffizienten (1. Form; $m = 7$ ) (R. N. Lichtenthaler). . . . .	286
21 1134	Reduzierte Werte ( $F$ ) des 2. Virialkoeffizienten (2. Form; $m = 7$ ) (R. N. Lichtenthaler). . . . .	292
21 114	Zustandsgleichungen (J. Otto) . . . . .	298
21 1141	Literatur zu 21 114 . . . . .	309
21 115	Fugazität von Gasen (J. Otto) . . . . .	310
21 1150	Vorbemerkungen . . . . .	310
21 1151	Übersichtstabelle . . . . .	310
21 1152	Zahlentabellen . . . . .	310
21 1153	Diagramme . . . . .	326
21 1154	Literatur zu 21 115 . . . . .	327
21 116	Kritische Größen (S. Valentiner) . . . . .	328
21 1160	Vorbemerkungen . . . . .	328
21 1161	Kritische Größen von Einstoffen . . . . .	328
	A. Einleitung . . . . .	328
	B. Zahlenwerte kritischer Größen. . . . .	331
21 1162	Kritische Größen von Mehrstoffsystemen . . . . .	356
	A. Binäre Systeme . . . . .	356
	B. Systeme mit mehr als 2 Komponenten . . . . .	365
21 1163	Literatur zu 21 116 . . . . .	368
21 12	Reine Stoffe in kondensierten Phasen . . . . .	378
21 121	Nullpunktsvolumina (H. Ebert) . . . . .	378
21 1210	Vorbemerkungen . . . . .	378
21 1211	Zahlentabelle . . . . .	378
21 122	Elemente (H. Ebert) . . . . .	379
21 1220	Vorbemerkungen . . . . .	379
21 1221	Übersichtstabelle zu 21 122 und 21 123. . . . .	381
21 1222	Zahlenwerte und Diagramme. . . . .	384

21 123	Anorganische Verbindungen (H. Ebert)	449
21 1231	Wasser	449
21 1232	Weitere anorganische Verbindungen	459
21 1233	Literatur zu 21 122 und 21 123	603
21 124	Organische Verbindungen (H. Ebert)	632
21 1241	C—H-Verbindungen	632
21 1242	C—H—Halogen-Verbindungen	651
21 1243	C—H—O-Verbindungen	662
21 1243a	C—H—O—Halogen-Verbindungen	684
21 1244	C—H—S-Verbindungen	687
21 1245	C—H—N-Verbindungen	688
a)	C—H—N—Halogen-Verbindungen	691
b)	C—H—O—N-Verbindungen	692
c)	C—H—O—N—Halogen-Verbindungen	699
d)	C—H—S—N-Verbindungen	700
e)	C—H—O—S—N-Verbindungen	701
f)	H—N—B-Verbindungen	701
21 1246	C—H—O—P-Verbindungen	702
a)	C—H—O—S—P-Verbindungen	702
21 1247	Salze organischer Säuren	702
21 1248	Hochpolymere und technische organische Stoffe	704
a)	Weitere organische Stoffe	715
21 1249	Literatur zu 21 124	715
21 125	Volumenänderung beim Schmelzen (H. Ebert)	719
21 1250	Vorbemerkungen	719
21 1251	Elemente	719
21 1252	Anorganische Verbindungen	722
21 1253	Legierungen	724
21 1254	Organische Verbindungen	725
21 1255	Literatur zu 21 125	730
21 126	Elastizitätskonstanten von polykristallinen Stoffen	732
21 1260	Vorbemerkungen (Kl. Schäfer)	732
21 1261	Elemente (G. Beggerow/Kl. Schäfer)	734
21 1262	Literatur zu 21 1261	745
21 113	Lösungen und Mischungen in kondensierten Phasen	747
21 130	Vorbemerkungen (H. Ebert)	747
21 131	Stoffe mit ausgezeichneter Zusammensetzung: Legierungen, Minerale, Porzellane, Gläser (H. Ebert)	748
21 1311	Binäre Legierungen (H. Ebert)	748
A.	Übersichtstabelle (G. Beggerow)	748
B.	Zahlenwerte und Diagramme (H. Ebert)	750
21 1312	Ternäre und höhere Legierungen	780
21 1313	Literatur zu 21 1311 und 21 1312	788
21 1314	Minerale, Porzellane	792
21 1315	Literatur zu 21 1314	799
21 1316	Gläser	800
21 1317	Literatur zu 21 1316	811
21 132	Stoffe mit stark variierender Zusammensetzung (H. Ebert)	814
21 1321	Feste binäre Systeme aus zwei anorganischen Komponenten	814
21 1322	Flüssige binäre Systeme aus zwei anorganischen Komponenten	815
21 1323	Binäre Systeme aus einer anorganischen Komponente und Wasser	817
21 1324	Binäre Systeme aus einer anorganischen und einer organischen Komponente	827
21 1325	Binäre Systeme aus einer organischen Komponente und Wasser	828

21 1326	Binäre Systeme aus zwei organischen Komponenten . . . . .	830
21 1327	Ternäre Systeme . . . . .	832
21 1328	Literatur zu 21 132 . . . . .	833
21 133	Elastizitätskonstanten von speziellen Legierungen, Gläsern usw. (G. Beggerow/ Kl. Schäfer) . . . . .	834
21 1330	Vorbemerkungen . . . . .	834
21 1331	Legierungen . . . . .	834
21 1332	Literatur zu 21 1331 . . . . .	837
21 1333	Gläser, Email, Keramik, Natursteine, Holz . . . . .	838
21 1334	Literatur zu 21 1333 . . . . .	838
21 134	Dichte von Lösungen (Auswahl) (J. D'Ans/R. Lacmann) . . . . .	839
21 1340	Vorbemerkungen . . . . .	839
21 1341	Wässrige Lösungen . . . . .	840
21 1342	Nichtwässrige Lösungen . . . . .	889

### 212 Gleichgewichte nicht-ionisierter Stoffe in Lösungen (Auswahl).

21 20	Vorbemerkungen (R. N. Lichtenthaler / Kl. Schäfer) . . . . .	918
21 21	Keto-Enol-Gleichgewichte (R. N. Lichtenthaler) . . . . .	919
21 211	Übersichtstabelle . . . . .	919
21 212	Zahlentabellen . . . . .	921
21 213	Literatur zu 21 212 . . . . .	929
21 214	Neuere Literatur zu 21 21 . . . . .	930
21 22	Assoziationen (R. N. Lichtenthaler) . . . . .	930
21 221	Zahlentabellen . . . . .	930
21 222	Literatur zu 21 221 . . . . .	936
21 223	Neuere Literatur zu 21 22 . . . . .	936
21 23	Molekülverbindungen (R. N. Lichtenthaler) . . . . .	939
21 231	Zahlentabellen . . . . .	939
21 232	Literatur zu 21 231 . . . . .	943
21 233	Neuere Literatur zu 21 23 . . . . .	943