

← Hauptgruppen		Das Periodensystem der Elemente (PSE)																Hauptgruppen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	2																	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
IA	IIA																	VIIA	VIIIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
13	14	15	16	Nebengruppen												17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
IIIA	IVA	VA	VIA	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	VIIA	VIIIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
III A	IV A	V A	VI A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	IX B	X B	XI B	XII B	VI A	VII A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	H Wasserstoff 1,008 <sup>1)</sup>	2	He Helium 4,003	3	Li Lithium 6,94 <sup>1)</sup>	4	Be Beryllium 9,012	5	B Bor 10,81 <sup>1)</sup>	6	C Kohlenstoff 12,01 <sup>1)</sup>	7	N Stickstoff 14,007 <sup>1)</sup>	8	O Sauerstoff 15,999 <sup>1)</sup>	9	F Fluor 18,998	10	Ne Neon 20,1797																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
2	Na Natrium 22,99	3	Mg Magnesium 24,305 <sup>1)</sup>	4	Al Aluminium 26,982	5	Si Silicium 28,085	6	P Phosphor 30,974	7	S Schwefel 32,06 <sup>1)</sup>	8	Cl Chlor 35,45 <sup>1)</sup>	9	Ar Argon 39,948	10	K Kalium 39,098	11	Ca Calcium 40,078	12	Sc Scandium 44,956	13	Ti Titan 47,867	14	V Vanadium 50,942	15	Cr Chrom 51,996	16	Mn Mangan 54,938	17	Fe Eisen 55,845	18	Co Cobalt 58,933	19	Ni Nickel 58,693	20	Cu Kupfer 63,546	21	Zn Zink 65,38	22	Ga Gallium 69,732	23	Ge Germanium 72,630	24	As Arsen 74,922	25	Se Selen 78,971	26	Br Brom 79,904 <sup>1)</sup>	27	Kr Krypton 83,798																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3	Rb Rubidium 85,468	4	Sr Strontium 87,62	5	Y Yttrium 88,906	6	Zr Zirkon 91,224	7	Nb Niob 92,906	8	Mo Molybdän 95,95	9	Tc Technetium (98)	10	Ru Ruthenium 101,07	11	Rh Rhodium 102,906	12	Pd Palladium 106,42	13	Ag Silber 107,868	14	Cd Cadmium 112,414	15	In Indium 114,818	16	Sn Zinn 118,710	17	Sb Antimon 121,760	18	Te Tellur 127,60	19	I Iod 126,904	20	Xe Xenon 131,293	21	Cs Caesium 132,905	22	Ba Barium 137,33	23	La Lanthan 138,905	24	Hf Hafnium 178,49	25	Ta Tantal 180,948	26	W Wolfram 183,84	27	Re Rhenium 186,207	28	Os Osmium 190,23	29	Ir Iridium 192,217	30	Pt Platin 195,084	31	Au Gold 196,967	32	Hg Quecksilber 200,592	33	Tl Thallium 204,38 <sup>1)</sup>	34	Pb Blei 207,2	35	Bi Bismut 208,980	36	Po Polonium (209)	37	At Astat (210)	38	Rn Radon (222)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4	Fr Francium (223)	5	Ra Radium (226)	6	Ac Actinium (227)	7	Rf Rutherfordium (267)	8	Du Dubnium (268)	9	Sg Seaborgium (269)	10	Bh Bohrium (270)	11	Hs Hassium (271)	12	Mt Meitnerium (272)	13	Ds Darmstadtium (281)	14	Rg Roentgenium (282)	15	Cn Copernicium (285)	16	Uu Ununpentium (288)	17	Uup Ununseptium (289)	18	Uuq Ununquadium (293)	19	Uus Ununseptium (294)	20	Uuo Ununoktium (294)	21	Uu1 Ununundium (294)	22	Uu2 Ununbium (294)	23	Uu3 Ununtrium (294)	24	Uu4 Ununquadium (294)	25	Uu5 Ununpentium (294)	26	Uu6 Ununhexium (294)	27	Uu7 Ununseptium (294)	28	Uu8 Ununoctium (294)	29	Uu9 Ununennium (294)	30	Uu10 Unundecium (294)	31	Uu11 Unundecium (294)	32	Uu12 Ununbium (294)	33	Uu13 Ununtrium (294)	34	Uu14 Ununquadium (294)	35	Uu15 Ununpentium (294)	36	Uu16 Ununhexium (294)	37	Uu17 Ununseptium (294)	38	Uu18 Ununoctium (294)	39	Uu19 Ununennium (294)	40	Uu20 Ununbium (294)	41	Uu21 Ununtrium (294)	42	Uu22 Ununquadium (294)	43	Uu23 Ununpentium (294)	44	Uu24 Ununhexium (294)	45	Uu25 Ununseptium (294)	46	Uu26 Ununoctium (294)	47	Uu27 Ununennium (294)	48	Uu28 Ununbium (294)	49	Uu29 Ununtrium (294)	50	Uu30 Ununquadium (294)	51	Uu31 Ununpentium (294)	52	Uu32 Ununhexium (294)	53	Uu33 Ununseptium (294)	54	Uu34 Ununoctium (294)	55	Uu35 Ununennium (294)	56	Uu36 Ununbium (294)	57	Uu37 Ununtrium (294)	58	Uu38 Ununquadium (294)	59	Uu39 Ununpentium (294)	60	Uu40 Ununhexium (294)	61	Uu41 Ununseptium (294)	62	Uu42 Ununoctium (294)	63	Uu43 Ununennium (294)	64	Uu44 Ununbium (294)	65	Uu45 Ununtrium (294)	66	Uu46 Ununquadium (294)	67	Uu47 Ununpentium (294)	68	Uu48 Ununhexium (294)	69	Uu49 Ununseptium (294)	70	Uu50 Ununoctium (294)	71	Uu51 Ununennium (294)	72	Uu52 Ununbium (294)	73	Uu53 Ununtrium (294)	74	Uu54 Ununquadium (294)	75	Uu55 Ununpentium (294)	76	Uu56 Ununhexium (294)	77	Uu57 Ununseptium (294)	78	Uu58 Ununoctium (294)	79	Uu59 Ununennium (294)	80	Uu60 Ununbium (294)	81	Uu61 Ununtrium (294)	82	Uu62 Ununquadium (294)	83	Uu63 Ununpentium (294)	84	Uu64 Ununhexium (294)	85	Uu65 Ununseptium (294)	86	Uu66 Ununoctium (294)	87	Uu67 Ununennium (294)	88	Uu68 Ununbium (294)	89	Uu69 Ununtrium (294)	90	Uu70 Ununquadium (294)	91	Uu71 Ununpentium (294)	92	Uu72 Ununhexium (294)	93	Uu73 Ununseptium (294)	94	Uu74 Ununoctium (294)	95	Uu75 Ununennium (294)	96	Uu76 Ununbium (294)	97	Uu77 Ununtrium (294)	98	Uu78 Ununquadium (294)	99	Uu79 Ununpentium (294)	100	Uu80 Ununhexium (294)	101	Uu81 Ununseptium (294)	102	Uu82 Ununoctium (294)	103	Uu83 Ununennium (294)	104	Uu84 Ununbium (294)	105	Uu85 Ununtrium (294)	106	Uu86 Ununquadium (294)	107	Uu87 Ununpentium (294)	108	Uu88 Ununhexium (294)	109	Uu89 Ununseptium (294)	110	Uu90 Ununoctium (294)	111	Uu91 Ununennium (294)	112	Uu92 Ununbium (294)	113	Uu93 Ununtrium (294)	114	Uu94 Ununquadium (294)	115	Uu95 Ununpentium (294)	116	Uu96 Ununhexium (294)	117	Uu97 Ununseptium (294)	118	Uu98 Ununoctium (294)	119	Uu99 Ununennium (294)	120	Uu100 Ununbium (294)	121	Uu101 Ununtrium (294)	122	Uu102 Ununquadium (294)	123	Uu103 Ununpentium (294)	124	Uu104 Ununhexium (294)	125	Uu105 Ununseptium (294)	126	Uu106 Ununoctium (294)	127	Uu107 Ununennium (294)	128	Uu108 Ununbium (294)	129	Uu109 Ununtrium (294)	130	Uu110 Ununquadium (294)	131	Uu111 Ununpentium (294)	132	Uu112 Ununhexium (294)	133	Uu113 Ununseptium (294)	134	Uu114 Ununoctium (294)	135	Uu115 Ununennium (294)	136	Uu116 Ununbium (294)	137	Uu117 Ununtrium (294)	138	Uu118 Ununquadium (294)	139	Uu119 Ununpentium (294)	140	Uu120 Ununhexium (294)	141	Uu121 Ununseptium (294)	142	Uu122 Ununoctium (294)	143	Uu123 Ununennium (294)	144	Uu124 Ununbium (294)	145	Uu125 Ununtrium (294)	146	Uu126 Ununquadium (294)	147	Uu127 Ununpentium (294)	148	Uu128 Ununhexium (294)	149	Uu129 Ununseptium (294)	150	Uu130 Ununoctium (294)	151	Uu131 Ununennium (294)	152	Uu132 Ununbium (294)	153	Uu133 Ununtrium (294)	154	Uu134 Ununquadium (294)	155	Uu135 Ununpentium (294)	156	Uu136 Ununhexium (294)	157	Uu137 Ununseptium (294)	158	Uu138 Ununoctium (294)	159	Uu139 Ununennium (294)	160	Uu140 Ununbium (294)	161	Uu141 Ununtrium (294)	162	Uu142 Ununquadium (294)	163	Uu143 Ununpentium (294)	164	Uu144 Ununhexium (294)	165	Uu145 Ununseptium (294)	166	Uu146 Ununoctium (294)	167	Uu147 Ununennium (294)	168	Uu148 Ununbium (294)	169	Uu149 Ununtrium (294)	170	Uu150 Ununquadium (294)	171	Uu151 Ununpentium (294)	172	Uu152 Ununhexium (294)	173	Uu153 Ununseptium (294)	174	Uu154 Ununoctium (294)	175	Uu155 Ununennium (294)	176	Uu156 Ununbium (294)	177	Uu157 Ununtrium (294)	178	Uu158 Ununquadium (294)	179	Uu159 Ununpentium (294)	180	Uu160 Ununhexium (294)	181	Uu161 Ununseptium (294)	182	Uu162 Ununoctium (294)	183	Uu163 Ununennium (294)	184	Uu164 Ununbium (294)	185	Uu165 Ununtrium (294)	186	Uu166 Ununquadium (294)	187	Uu167 Ununpentium (294)	188	Uu168 Ununhexium (294)	189	Uu169 Ununseptium (294)	190	Uu170 Ununoctium (294)	191	Uu171 Ununennium (294)	192	Uu172 Ununbium (294)	193	Uu173 Ununtrium (294)	194	Uu174 Ununquadium (294)	195	Uu175 Ununpentium (294)	196	Uu176 Ununhexium (294)	197	Uu177 Ununseptium (294)	198	Uu178 Ununoctium (294)	199	Uu179 Ununennium (294)	200	Uu180 Ununbium (294)	201	Uu181 Ununtrium (294)	202	Uu182 Ununquadium (294)	203	Uu183 Ununpentium (294)	204	Uu184 Ununhexium (294)	205	Uu185 Ununseptium (294)	206	Uu186 Ununoctium (294)	207	Uu187 Ununennium (294)	208	Uu188 Ununbium (294)	209	Uu189 Ununtrium (294)	210	Uu190 Ununquadium (294)	211	Uu191 Ununpentium (294)	212	Uu192 Ununhexium (294)	213	Uu193 Ununseptium (294)	214	Uu194 Ununoctium (294)	215	Uu195 Ununennium (294)	216	Uu196 Ununbium (294)	217	Uu197 Ununtrium (294)	218	Uu198 Ununquadium (294)	219	Uu199 Ununpentium (294)	220	Uu200 Ununhexium (294)	221	Uu201 Ununseptium (294)	222	Uu202 Ununoctium (294)	223	Uu203 Ununennium (294)	224	Uu204 Ununbium (294)	225	Uu205 Ununtrium (294)	226	Uu206 Ununquadium (294)	227	Uu207 Ununpentium (294)	228	Uu208 Ununhexium (294)	229	Uu209 Ununseptium (294)	230	Uu210 Ununoctium (294)	231	Uu211 Ununennium (294)	232	Uu212 Ununbium (294)	233	Uu213 Ununtrium (294)	234	Uu214 Ununquadium (294)	235	Uu215 Ununpentium (294)	236	Uu216 Ununhexium (294)	237	Uu217 Ununseptium (294)	238	Uu218 Ununoctium (294)	239	Uu219 Ununennium (294)	240	Uu220 Ununbium (294)	241	Uu221 Ununtrium (294)	242	Uu222 Ununquadium (294)	243	Uu223 Ununpentium (294)	244	Uu224 Ununhexium (294)	245	Uu225 Ununseptium (294)	246	Uu226 Ununoctium (294)	247	Uu227 Ununennium (294)	248	Uu228 Ununbium (294)	249	Uu229 Ununtrium (294)	250	Uu230 Ununquadium (294)	251	Uu231 Ununpentium (294)	252	Uu232 Ununhexium (294)	253	Uu233 Ununseptium (294)	254	Uu234 Ununoctium (294)	255	Uu235 Ununennium (294)	256	Uu236 Ununbium (294)	257	Uu237 Ununtrium (294)	258	Uu238 Ununquadium (294)	259	Uu239 Ununpentium (294)	260	Uu240 Ununhexium (294)	261	Uu241 Ununseptium (294)	262	Uu242 Ununoctium (294)	263	Uu243 Ununennium (294)	264	Uu244 Ununbium (294)	265	Uu245 Ununtrium (294)	266	Uu246 Ununquadium (294)	267	Uu247 Ununpentium (294)	268	Uu248 Ununhexium (294)	269	Uu249 Ununseptium (294)	270	Uu250 Ununoctium (294)	271	Uu251 Ununennium (294)	272	Uu252 Ununbium (294)	273	Uu253 Ununtrium (294)	274	Uu254 Ununquadium (294)	275	Uu255 Ununpentium (294)	276	Uu256 Ununhexium (294)	277	Uu257 Ununseptium (294)	278	Uu258 Ununoctium (294)	279	Uu259 Ununennium (294)	280	Uu260 Ununbium (294)	281	Uu261 Ununtrium (294)	282	Uu262 Ununquadium (294)	283	Uu263 Ununpentium (294)	284	Uu264 Ununhexium (294)	285	Uu265 Ununseptium (294)	286	Uu266 Ununoctium (294)	287	Uu267 Ununennium (294)	288	Uu268 Ununbium (294)	289	Uu269 Ununtrium (294)	290	Uu270 Ununquadium (294)	291	Uu271 Ununpentium (294)	292	Uu272 Ununhexium (294)	293	Uu273 Ununseptium (294)	294	Uu274 Ununoctium (294)	295	Uu275 Ununennium (294)	296	Uu276 Ununbium (294)	297	Uu277 Ununtrium (294)	298	Uu278 Ununquadium (294)	299	Uu279 Ununpentium (294)	300	Uu280 Ununhexium (294)	301	Uu281 Ununseptium (294)	302	Uu282 Ununoctium (294)	303	Uu283 Ununennium (294)	304	Uu284 Ununbium (294)	305	Uu285 Ununtrium (294)	306	Uu286 Ununquadium (294)	307	Uu287 Ununpentium (294)	308	Uu288 Ununhexium (294)	309	Uu289 Ununseptium (294)	310	Uu290 Ununoctium (294)	311	Uu291 Ununennium (294)	312	Uu292 Ununbium (294)	313	Uu293 Ununtrium (294)	314	Uu294 Ununquadium (294)	315	Uu295 Ununpentium (294)	316	Uu296 Ununhexium (294)	317	Uu297 Ununseptium (294)	318	Uu298 Ununoctium (294)	319	Uu299 Ununennium (294)	320



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

Grundlagen **1**

Technische  
Physik **2**

Technische  
Kommunikation **3**

Stoffkunde **4**

Fertigungs-  
technik **5**

Klimatechnik **6**

Kältetechnik **7**

Allgemeine  
Anlagentechnik **8**

# Tabellenbuch

# Wärme • Kälte • Klima

## 11. überarbeitete Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselderger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 1731X

**Autoren:**

Ewald Bach	Oberstudienrat
Peter Bertrand	Studienrat
Walter Bierwerth	Studiendirektor a. D., Dipl.-Ing.
Baha Yücel	M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) VDI

**Lektorat:**

Walter Bierwerth

**Autor und Leiter des Arbeitskreises bis 2013:**

Dipl.-Ing. Horst Herr                      Fachoberlehrer a. D. VDI, DKV

**Bildbearbeitung:**

Michael M. Kappenstein  
Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Die Bilder des Buches, für die keine Quellen aufgeführt sind, wurden von den Autoren erstellt oder entworfen und vom Zeichenbüro des Verlages gezeichnet.



Als Service für interessierte Leser bieten wir wichtige Hinweise, Aktualisierungen, Erläuterungen und Ergänzungen unter [www.europa-lehrmittel.de/1731X](http://www.europa-lehrmittel.de/1731X) an.

In diesem Tabellenbuch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Normen und der sonstigen Regelwerke zugrunde gelegt. In die Auflage aus zeitlichen Gründen noch nicht eingeflossene neue Normen sind, laufend aktualisiert, auf der Innenseite des Verlags unter [www.europa-lehrmittel.de/1731X](http://www.europa-lehrmittel.de/1731X) genannt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass nur die DIN-Normen selbst verbindlich sind. Diese können in den öffentlichen Normen-Infopoints, die über ganz Deutschland verteilt sind (z. B. in Universitätsbibliotheken) eingesehen oder durch die Beuth Verlag GmbH, Am DIN-Platz, Burggrafestraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Obwohl die DIN-Normen mit großer Sorgfalt recherchiert wurden, können Autoren und Verlag keinerlei Gewährleistung übernehmen.

Bei anderen in diesem Tabellenbuch genutzten technischen Regelwerken gilt dies sinngemäß.

11. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

ISBN 978-3-7585-1441-8

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: rkt, 51379 Leverkusen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)  
Umschlag: G. Kuhl mediacreativ, 40724 Hilden  
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

*Die Summe unserer Erkenntnis besteht aus dem,  
was wir gelernt, und dem, was wir vergessen haben.*

Marie von Ebner-Eschenbach

Die Zusammenhänge zwischen den berechenbaren und den messbaren Größen in Naturwissenschaft und Technik werden fast immer in ihrer kürzesten Ausdrucksweise, durch **Formeln**, repräsentiert. Somit liegt es auf der Hand, diese in Formelsammlungen zusammenzustellen, denn wegen der großen Anzahl der notwendigen Informationen ist es unmöglich, jede in einem bestimmten Fachgebiet benötigte Formel abrufbereit im Kopf zu haben. Das diesem Vorwort vorangestellte Motto von Marie von Ebner-Eschenbach unterstreicht dies sehr deutlich.

Neben der Vielzahl der Formeln werden in jedem technischen Fachgebiet auch umfangreiche **Tabellen**, oft auch in der Form von **DIN-Blättern** und sonstigen technischen Regelwerken, benötigt. In allen technischen Hauptrichtungen – wie etwa im Maschinenbau, der Elektrotechnik oder der Bautechnik – gehört es seit langem zur guten Tradition, die benötigten Formeln und Tabellen in einem **Tabellenbuch** zusammenzufassen. Hauptorientierungsmerkmale sind dabei die entsprechenden **Verordnungen über die Berufsausbildung** sowie die Lehrpläne für die **Meister- und Techniker Ausbildung**. Dies will nun auch das

## Tabellenbuch Wärme • Kälte • Klima

Orientierungsgrundlagen waren dabei vor allem die Verordnungen über die Berufsausbildung, und zwar für **Mechatroniker für Kältetechnik** und **Anlagenmechaniker SHK**. Die Lerninhalte der **beruflichen Erstausbildung** wurden durch solche der **Meister- und Techniker Ausbildung** ergänzt. Von vornherein war also beabsichtigt, ganze Berufsfelder und nicht nur deren Kernbereich zu erfassen. Des Weiteren wurde versucht – dem Buchtitel gemäß – mehrere Berufsfelder zu verbinden. Damit wurde auch dem Trend in Richtung Universalität der Berufsausübung bzw. Berufsausbildung Rechnung getragen.

Bei der Festlegung der Buchinhalte wurde also strikt darauf geachtet, dass auch das „*was man sonst noch braucht*“ seinen Platz gefunden hat. Exemplarisch sind hier die *Mathematik*, die *Technische Kommunikation*, die *Stoffkunde* und die *Fertigungstechnik* zu nennen. Im Abschnitt **Technische Physik** sind bereits viele Lehrinhalte aus der *Anlagentechnik* enthalten bzw. solche Lehrinhalte, die in der Anlagentechnik vorausgesetzt werden. Mit den **acht Hauptabschnitten** (s. Seite 4) wird zwar eine grobe Gliederung der Lehrinhalte erreicht, manche Themenbereiche sind jedoch dort eingegliedert, wo man sie bei der praktischen Anwendung sucht.

Die in einem Tabellenbuch nicht vollständig abdeckbare Stofffülle bringt es mit sich, dass die Auswahl der Themenbereiche und die Breite, in der sie dargestellt werden, subjektiv ist. Wie sich dieses Buch in seinen späteren Auflagen entwickelt, wird ganz wesentlich durch die Reaktionen der Leser und Fachkollegen – worum wir ausdrücklich bitten – beeinflusst.

In der vorliegenden 11. Auflage wurden die wichtigsten Normen aktualisiert und notwendige Änderungen und Ergänzungen vorgenommen. Wegen der Vielzahl der Normen, die derzeit fortwährend im Fachgebiet neu herausgegeben oder ersetzt werden, wird es immer Normen geben, die erst nach Redaktionsschluss oder während der Laufzeit einer Auflage erschienen und deshalb noch nicht berücksichtigt sind. Eine Liste aller entsprechenden Normen kann auf der Internetseite des Verlags, aufrufbar über den QR-Code bzw. unter [www.europa-lehrmittel.de/1731X](http://www.europa-lehrmittel.de/1731X), eingesehen werden.

Wir danken allen, die durch Hinweise und Vorschläge zur weiteren Verbesserung des Tabellenbuches beigetragen haben.

Hinweise und Verbesserungsvorschläge können dem Verlag und damit den Autoren unter [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) übermittelt werden.

## Hinweise zur Arbeit mit diesem Tabellenbuch

Das Tabellenbuch ist in **8 Hauptabschnitte** eingeteilt, und zwar

<b>1</b>	Grundlagen	<b>GR</b>	<b>5</b>	Fertigungstechnik	<b>FT</b>
<b>2</b>	Technische Physik	<b>TP</b>	<b>6</b>	Klimatechnik	<b>KL</b>
<b>3</b>	Technische Kommunikation	<b>TK</b>	<b>7</b>	Kältetechnik	<b>KT</b>
<b>4</b>	Stoffkunde	<b>SK</b>	<b>8</b>	Allgemeine Anlagentechnik	<b>AT</b>

Die **8 Hauptabschnitte** sind deutlich durch das praktische **Daumenregister** voneinander getrennt.

**Hauptabschnitt 8** „Allgemeine Anlagentechnik“ ist nochmals in 11 Unterabschnitte durch ange deutete Tabs unterteilt.

Am Anfang dieser Hauptabschnitte befindet sich jeweils ein ausführliches Inhaltsverzeichnis. Daraus ist zu ersehen, dass die Hauptabschnitte nochmals in **Unterabschnitte** unterteilt sind.

Aus den Unterabschnitten sind die Themenüberschriften mit den entsprechenden Seitenzahlen zu ersehen.

Der Wert eines Fachbuches hängt auch sehr stark vom Umfang des **Sachwortverzeichnisses** ab. Hierauf wurde ein besonderer Wert gelegt. Das Sachwortverzeichnis dieses Tabellenbuches enthält über 1900 Begriffe.

Es ist ganz normal, dass in einem Fachbuch zum gleichen Begriff an mehreren Stellen Aussagen gemacht werden. Dies geht aus den Seitenzahlen im Sachwortverzeichnis hervor.

Orientieren Sie sich in diesem Tabellenbuch vor allem mit Hilfe des Sachwortverzeichnisses.

Eine **Besonderheit dieses Tabellenbuches** besteht jedoch darin, dass durch rote Hinweis Pfeile (→) die Sachverhalte miteinander verkettet wurden. Die Hinweis Pfeile zeigen Ihnen also, wo Sie noch weitere Informationen zu der von Ihnen gewünschten Formel, Tabelle oder zu einem gewünschten Begriff finden können.

Ein roter Pfeil (→) zeigt an, dass Sie dort noch weitere Informationen finden.

Das **Tabellenbuch Wärme • Kälte • Klima** wurde von Herrn Dipl.-Ing. Horst Herr – initiiert durch seine langjährige Tätigkeit an der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal – realisiert.



**Symbol für die globale Erwärmung:  
Erdball und Heizthermostat**

<b>1.1 Allgemeine Grundlagen</b>	<b>5</b>
Griechisches Alphabet	6
Römische Ziffern	6
Basisgrößen und Basiseinheiten	6
Vorsätze vor Einheiten	7
Formelzeichen und Einheiten	7
<b>1.2 Allgemeine Mathematik</b>	<b>15</b>
Grundrechenarten	15
Klammerrechnung (Rechnen mit Summen)	17
Bruchrechnung	18
Prozentrechnung	18
Potenzrechnung	19
Radizieren	20
Logarithmieren	20
Gleichungen	21
Runden von Zahlen	23
Interpolieren	23
Statistische Auswertung	24
Flächenberechnung	26
Körperberechnung	27
Geometrische Grundkenntnisse	29
Sätze der Geometrie	30
Trigonometrie	31
<b>1.3 Technische Mathematik</b>	<b>33</b>
Teilung von Längen (Gitterteilung)	33
Teilung auf dem Lochkreis	33
Rohlängen von Pressteilen (Schmiedelänge)	33
Gestreckte Längen (kreisförmig gebogen)	34
Zusammengesetzte Längen und zusammengesetzte Flächen	34
Berechnung der Masse bei Halbzeugen	34
Volumeninhalt und Oberfläche wichtiger Behälterböden	35
Inhalt unregelmäßiger Flächen	35
Diagramme und Nomogramme	36



© Westlight - stock.adobe.com

Sonnenuntergang  
mit Windrädern

## Griechisches Alphabet

Großbuchstabe	Kleinbuchstabe	Bedeutung	Name	Großbuchstabe	Kleinbuchstabe	Bedeutung	Name
A	α	a	Alpha	Ν	ν	n	Ny
B	β	b	Beta	Ξ	ξ	x	Xi
Γ	γ	g	Gamma	Ο	ο	o	Omikron
Δ	δ	d	Delta	Π	π	p	Pi
E	ε	e	Epsilon	Ρ	ρ	rh	Rho
Z	ζ	z	Zeta	Σ	σ	s	Sigma
H	η	e	Eta	Τ	τ	t	Tau
Θ	θ	th	Theta	Υ	υ	y	Ypsilon
I	ι	i	Jota	Φ	φ	ph	Phi
K	κ	k	Kappa	Χ	χ	ch	Chi
Λ	λ	l	Lambda	Ψ	ψ	ps	Psi
M	μ	m	My	Ω	ω	o	Omega

## Römische Ziffern

Römische Ziffern	Arabische Ziffern	Römische Ziffern	Arabische Ziffern	Römische Ziffern	Arabische Ziffern
I	1	XX	20	CC	200
II	2	XXX	30	CCC	300
III	3	XL	40	CD	400
IV	4	L	50	D	500
V	5	LX	60	DC	600
VI	6	LXX	70	DCC	700
VII	7	LXXX	80	DCCC	800
VIII	8	XC	90	CM	900
IX	9	C	100	M	1000
X	10				

**B** 84 = LXXXIV    99 = XCIX    691 = DCXCI    2016 = MMXVI

Um Verwechslungen zu vermeiden, darf vor einem Zahlzeichen immer nur **ein** kleineres stehen (z. B. für die Zahl 48: XLVIII und nicht IIL).

Basisgrößen in ISO<sup>1)</sup> und Basiseinheiten (SI-Einheiten<sup>2)</sup>)

## Basisgrößen und Basiseinheiten nach DIN EN ISO 80000-1:2023-08

Basisgrößen		Basiseinheiten	
Name	Formelzeichen	Name	Zeichen
Länge	$l, L$	Meter	m
Masse	$m$	Kilogramm	kg
Zeit	$t$	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	$T$	Kelvin	K
Stoffmenge	$n$	Mol	mol
Lichtstärke	$I_v$	Candela	cd

<sup>1)</sup> International System of Quantities (Internationales Größensystem)

<sup>2)</sup> SI ist die Abkürzung für Systeme International d'Unités (Internationales Einheitensystem)

**Vorsätze vor Einheiten** (→ Potenzrechnung) (nach DIN 1301-1:2010-10)

Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung	Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung
Y	Yotta	10 <sup>24</sup>	d	Dezi	10 <sup>-1</sup>
Z	Zetta	10 <sup>21</sup>	c	Zenti	10 <sup>-2</sup>
E	Exa	10 <sup>18</sup>	m	Milli	10 <sup>-3</sup>
P	Peta	10 <sup>15</sup>	μ	Mikro	10 <sup>-6</sup>
T	Tera	10 <sup>12</sup>	n	Nano	10 <sup>-9</sup>
G	Giga	10 <sup>9</sup>	p	Pico	10 <sup>-12</sup>
M	Mega	10 <sup>6</sup>	f	Femto	10 <sup>-15</sup>
k	Kilo	10 <sup>3</sup>	a	Atto	10 <sup>-18</sup>
h	Hekto	10 <sup>2</sup>	z	Zepto	10 <sup>-21</sup>
da	Deca	10 <sup>1</sup>	y	Yokto	10 <sup>-24</sup>

Der Vorsatz gibt den Faktor an, mit dem die Einheit zu multiplizieren ist.

**B** 1 kW = 1 · 10<sup>3</sup> W = 1000 W      1 μm = 1 · 10<sup>-6</sup> m = 0,000 001 m

**Formelzeichen und Einheiten** (Auswahl nach DIN EN ISO 80000-1 bis -12 (z. T. noch DIN 1304-1 und DIN 1301-1))

Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit		Bemerkung/wichtige Beziehungen
		Zeichen	Name	

**Raumgrößen und Zeitgrößen**

Abklingkoeffizient	$\delta$	1/s	<p><b>Achtung: Formelzeichen und Einheiten betreffend</b></p> <p>Die Formelzeichen und Einheitenzeichen sind <b>Grundformen</b> und sollten möglichst bevorzugt verwendet werden.</p> <p>Darüber hinaus gibt es für ganz spezielle Bereiche der Technik auch <b>Fachnormen</b>.</p> <p>Beispiele:</p> <p><b>DIN EN 764-1</b> „Druckgeräte“ für Arbeitstemperatur <math>t_0</math>.</p> <p><b>DIN 1304-1</b> für Celsiusstemperatur <math>\vartheta</math> oder <math>t</math>.</p> <p><b>DIN 1304-1</b> für Zeit <math>t</math>.</p> <p><b>DIN 1304-1</b> für (→) Trockenkugelmperatur <math>t_{sic}</math> [sic steht für siccus (trocken)].</p> <p>In der Praxis der Klimatechnik steht für Trockenkugelmperatur <math>\vartheta_{tr}</math> oder <math>\vartheta_{TK}</math>.</p> <p>In Analogie: (→) Feuchtkugelmperatur <math>\vartheta_f</math> oder <math>\vartheta_{FK}</math>.</p> <p>Viele weitere Beispiele zeigen, dass es keine einheitliche Bezeichnungsweise bezüglich der Formelzeichen gibt.</p> <p><b>Konsequenz:</b></p> <p>In diesem Buch werden die Formelzeichen entsprechend des gerade anstehenden Technikbereiches gewählt.</p>
Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle	$c$	m/s	
Beschleunigung	$a$	m/s <sup>2</sup>	
→ <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Kältetechnik, Formelzeichen</span>			
Breite	$b$	m	
Dehnung (relative Längenänderung)	$\epsilon$	1	
Dicke, Schichtdicke	$\delta, d$	m	
Durchbiegung, Durchhang	$f$	m	
Durchmesser	$d, D$	m	
Ebener Winkel, Drehwinkel (bei Drehbewegungen)	$\alpha, \beta, \gamma$	rad	
Flächeninhalt, Fläche, Oberfläche	$A, S$	m <sup>2</sup>	
Frequenz, Periodenfrequenz	$f, \nu$	Hz	
Geschwindigkeit	$v, u, w, c$	m/s	
Höhe, Tiefe	$h, H$	m	
Kreisfrequenz, Pulsatzanz (Winkelfrequenz)	$\omega$	1/s	
Länge	$l$	m	
→ <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Formelzeichen, Regelung</span>			

1

2

3

4

5

6

7

8

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
<b>Raumgrößen und Zeitgrößen (Fortsetzung)</b>				
Periodendauer, Schwingungsdauer	$T$	s		
Phasenverschiebungswinkel	$\varphi$	rad	Radiant	
Phasenwinkel	$\varphi(t)$	rad	Radiant	
Querschnittsfläche, Querschnitt	$S, q$	m <sup>2</sup>		
Radius, Halbmesser, Abstand	$r$	m		
Repetenz (Wellenzahl)	$\sigma$	1/m		$\sigma = 1/\lambda$
Ruck	$r, h$	m/s <sup>3</sup>		
Drehzahl (Umdrehungsfrequenz)	$n$	1/s		Kehrwert der Umdrehungsdauer $T$ : $n = 1/T$
Volumen, Rauminhalt	$V, \tau$	m <sup>3</sup>		
Volumenstrom, Volumendurchfluss	$\dot{V}, q_V$	m <sup>3</sup> /s		$\dot{Q} = V/t$ bzw. $\dot{Q} = A \cdot v$
Weglänge, Kurvenlänge	$s$	m		
Wellenlänge	$\lambda$	m		
Winkelbeschleunigung, Drehbeschleunigung	$\alpha$	rad/s <sup>2</sup>		$\alpha = \omega/t$ bzw. $\alpha = \Delta\omega/\Delta t$
Winkelgeschwindigkeit, Drehgeschwindigkeit	$\omega$	rad/s		$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$
Zeit, Zeitspanne, Dauer	$t$	s		Auch Abklingzeit
Zeitkonstante	$\tau, T$	s		
<b>Mechanische Größen</b>				
Absoluter Druck	$p_{\text{abs}}$	Pa	Pascal	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
Arbeit	$W, A$	J, Nm	Joule	$W = F \cdot s$ ; 1 J = 1 Nm
Arbeitsgrad, Nutzungsgrad	$\zeta$	1		Arbeitsverhältnis, Energieverhältnis
Atmosphärische Druckdifferenz, Überdruck	$p_e$	Pa	Pascal	$p_e = p_{\text{abs}} - p_{\text{amb}}$ <b>1 mbar = 1 hPa</b>
Bewegungsgröße, Impuls	$p$	kg · m/s		
Biegemoment	$M_b$	N · m		
Dehnung, relative Längenänderung	$\varepsilon$	1		$\varepsilon = \Delta l/l$ $l = l_0 = \text{Ausgangslänge}$
Dichte, Massendichte, volumenbezogene Masse	$\rho, \rho_m$	kg/m <sup>3</sup>		$\rho = m/V$
Direktionsmoment, winkel- bezogenes Rückstellmoment	$D$	N · m/rad		$D = M_T/\varphi$ ( $\varphi = \text{Torsionswinkel}$ )
Drall, Drehimpuls	$L$	kg · m <sup>2</sup> /s		
Drehstoß	$H$	N · m · s		
Drilling, Verwindung	$\theta, \varkappa$	rad/m		
Druck	$p$	Pa	Pascal	$p = F/A$ ; 1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
Dynamische Viskosität	$\eta$	Pa · s		$\eta = \tau/D$ $\tau = \text{Schubspannung}$ $D = \text{Schergeschwindigkeit}$

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
<b>Mechanische Größen (Fortsetzung)</b>				
Elastizitätsmodul	$E$	N/m <sup>2</sup> , N/mm <sup>2</sup>		$E = \sigma/\varepsilon$ 1 N/mm <sup>2</sup> = 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
Energie	$E, W$	J	Joule	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Energiedichte, volumenbezogene Energie	$w$	J/m <sup>3</sup>		
Flächenbezogene Masse, Flächenbedeckung	$m''$	kg/m <sup>2</sup>		$m'' = m/A$
Flächenmoment 1. Grades	$H$	m <sup>3</sup>		
Flächenmoment 2. Grades	$I$	m <sup>4</sup>		Früher: Flächenträgheitsmoment
Gewichtskraft	$F_G, F_g, G$	N	Newton	Nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch $F_g$
Gravitationskonstante	$G, f$	N · m <sup>2</sup> /kg		$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ $G = 6,67259 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Grenzflächenspannung, Oberflächenspannung	$\sigma, \gamma$	N/m		
Isentropische Kompressibilität	$\chi_S, \kappa$	1/Pa		
Isothermische Kompressibilität	$\chi_T, \kappa$	1/Pa		
Kinematische Viskosität	$\nu$	m <sup>2</sup> /s		$\nu = \eta/\rho$
Kinetische Energie	$E_k, W_k, T$	J	Joule	$E_k = 1/2 \cdot m \cdot v^2$ (Nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch $E_k$ und $T$ )
Kompressionsmodul	$K$	N/m <sup>2</sup>		$K = -p/\vartheta$ ( $\vartheta$ = relative Volumenänderung)
Kraft	$F$	N	Newton	$F = m \cdot a$
Kraftmoment, Drehmoment	$M$	N · m		$M = F \cdot r$ $F$ = Tangentialkraft $r$ = senkrechter Abstand zwischen Drehpunkt und Wirkungslinie der Kraft
Kraftstoß	$I$	N · s		
Längenbezogene Masse	$m'$	kg/m		$m' = m/l$
Leistung	$P$	W	Watt	$P = W/t$
Leistungsdichte, volumenbezogene Leistung	$\varphi$	W/m <sup>3</sup>		$\varphi = w/t$ $w$ = Energiedichte
Masse, Gewicht als Wäageergebnis	$m$	kg		
Massenstrom, Massenstrom- rate, Massendurchsatz	$q_m, \dot{m}$	kg/s		$q_m = m/t$ (nach DIN EN ISO 80000-4 nur „Massenstromrate“)
Massenstromdichte	$I$	kg/(m <sup>2</sup> · s)		$I = q_m/S = \rho \cdot v$
Normalspannung, Zug- oder Druckspannung	$\sigma$	N/m <sup>2</sup> , N/mm <sup>2</sup>		
Poisson-Zahl	$\mu, \nu$	1		$\mu = \varepsilon_q/\varepsilon$
Potenzielle Energie	$E_p, V$	J	Joule	$E_p = m \cdot g \cdot h$ (nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch $E_p$ und $V$ )
Querdehnung	$\varepsilon_q$	1		$\varepsilon_q = \Delta d/d$ (bei kreisförmigem Querschnitt)

1

2

3

4

5

6

7

8

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen   Name		Bemerkung/wichtige Beziehungen
<b>Mechanische Größen (Fortsetzung)</b>				
Reibungszahl	$\mu, f$	1		$\mu = F_R / F_N$ $F_R$ = Reibungskraft $F_N$ = Normalkraft
Relative Dichte	$d$	1		
Relative Volumenänderung, Volumendilatation	$\vartheta, \eta$	1		$\vartheta = \Delta V / V$ bzw. $\vartheta$ (in %) = $\Delta V \cdot 100 \% / V$
Rohrwidestandszahl Rohrreibungszahl	$\lambda$	1		$\lambda = (p_1 - p_2) \cdot 2 \cdot d / (\rho \cdot l \cdot v^2)$ (bei geradem Rohr mit kreisförmigem Querschnitt)
Schiebung, Scherung	$\gamma$	1		
Schubmodul	$G$	N/m <sup>2</sup> , N/mm <sup>2</sup>		$G = \tau / \gamma$ ( $\gamma$ = Schiebung)
Schubspannung	$\tau$	N/m <sup>2</sup> , N/mm <sup>2</sup>		
Spezifische Arbeit, massenbezogene Arbeit	$Y$	J/kg		$Y = W/m$
Spezifisches Volumen, massenbezogenes Volumen	$v$	m <sup>3</sup> /kg		$v = V/m$
Torsionsmoment, Drillmoment	$M_t, T$	N · m		
Trägheitsmoment, Massenmoment 2. Grades	$J$	kg · m <sup>2</sup>		Früher: Massenträgheitsmoment
Trägheitsradius	$i, r_i$	m		
Umfang	$U, l_u$	m		
Umgebender Atmosphärendruck	$p_{amb}$	Pa, N/m <sup>2</sup>	Pascal	
Volumenstrom, Volumendurchfluss	$q_v, \dot{V}$	m <sup>3</sup> /s		Nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch $q_v$
Widerstandskraft	$F_w$	N	Newton	
Widerstandsmoment	$Z, (W)$	m <sup>3</sup> , mm <sup>3</sup>		
Wirkungsgrad	$\eta$	1		Leistungsverhältnis
<b>Größen der Thermodynamik, Wärmeübertragung und physikalischen Chemie</b>				
Anzahl Teilchen, Teilchenzahl	$N$	1		→ Kältetechnik, Formelzeichen
Affinität einer chemischen Reaktion	$A$	J/mol		
Avogadro-Konstante	$N_A, L$	1/mol		$N_A = N / n$ ( $n$ = Stoffmenge) $N_A = 6,022\,141\,79 \cdot 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>
Boltzmann-Konstante	$k$	J/K		$k = R / N_A = 1,380\,650\,4 \cdot 10^{-23}$ J / K ( $R$ = universelle Gaskonstante)
Celsiustemperatur	$t, \vartheta, \Theta$	°C		$t = T - T_0$ $T_0 = 273,15$ K
Chemisches Potenzial eines Stoffes B	$\mu_B$	J/mol		
Diffusionskoeffizient	$D$	m <sup>2</sup> /s		
Dissoziationsgrad, Dissoziationsanteil	$\alpha$	1		$\alpha = N_{diss} / N_{ges}$ (Anzahl der dissoziierten Moleküle zur Gesamtzahl der Moleküle)
→ Formelzeichen, Regelung				

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen   Name		Bemerkung/wichtige Beziehungen
<b>Größen der Thermodynamik, Wärmeübertragung und physikalischen Chemie (Fortsetzung)</b>				
Enthalpie	$H$	J	Joule	
Entropie	$S$	J/K		
Faraday-Konstante	$F$	C/mol		$F = N_A \cdot e$ ( $e$ = Elementarladung) $F = 96\,485,3399$ C/mol
Spezifische Gaskonstante	$R_s$	J/(kg · K)		$R_s = R / M$ ( $R$ = universelle Gaskonstante)
Innere Energie	$U$	J	Joule	
Isentropenexponent	$\kappa$	1		Für ideale Gase: $\kappa = c_p / c_v$
Ladungszahl eines Ions, Wertigkeit eines Stoffes B	$z_B$	1		
Molalität einer Komponente B	$b_B, m_B$	mol/kg		
Relative Atommasse eines Nuklids oder eines Elementes	$A_r$	1		Zahlenwert gleich dem Zahlenwert für die Atommasse in der atomaren Masseneinheit $u$ und gleich dem Zahlenwert der stoffmengenbezogenen Masse $M$ in g/mol
Relative Molekülmasse eines Stoffes	$M_r$	1		Zahlenwert gleich dem Zahlenwert für die Atommasse in der atomaren Masseneinheit $u$ und gleich dem Zahlenwert der stoffmengenbezogenen Masse $M$ in g/mol
Spezifische Enthalpie, massenbezogene Enthalpie	$h$	J/kg		→ Kältetechnik, Formelzeichen
Spezifische Entropie, massenbezogene Entropie	$s$	J/(kg · K)		
Spezifische innere Energie, massenbezogene innere Energie	$u$	J/kg		
Spezifischer Brennwert, massenbezogener Brennwert	$H_o, H_{o,n}$ <small>s. Anmerkung</small>	J/kg		Früher: oberer Heizwert $H_{o,n}$ u. $H_{u,n}$ sind volumenbezogen
Spezifischer Heizwert, massenbezogener Heizwert	$H_u, H_{u,n}$ <small>s. Anmerkung</small>	J/kg		Früher: unterer Heizwert
Spezifische Wärmekapazität, massenbezogene Wärmekapazität	$c$	J/(kg · K)		<b>Anmerkung:</b> DIN 1304 ist noch gültig, jedoch in der neuesten Normung wird mit den <b>Indizes s und i</b> gearbeitet. Somit: $H_o$ entspricht $H_s$ $H_u$ entspricht $H_i$
Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	$c_p$	J/(kg · K)		Die Werte in dieser Tabelle sind in <b>kJ/kg</b> und in <b>kJ/m³</b> angegeben. Es kann eine Umrechnung in die Einheiten
Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen	$c_v$	J/(kg · K)		<b>Wh/kg und Wh/m³</b> erfolgen. Dabei sind die Tabellennwerte lediglich durch <b>3,6</b> zu teilen.
Spezifischer Wärmewiderstand	$q_{th}$	K · m/W		
Stöchiometrische Zahl eines Stoffes B in einer chemischen Reaktion	$\nu_B$	1		
Stoffmenge	$n, \nu$	mol		$n_B = m_B / M_B$ ( $m_B$ = Masse des Stoffes B, $M_B$ = stoffmengenbezogene Masse des Stoffes B)

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen   Name		Bemerkung/wichtige Beziehungen
<b>Größen der Thermodynamik, Wärmeübertragung und physikalischen Chemie (Fortsetzung)</b>				
Stoffmengenbezogene (molare) Masse eines Stoffes B	$M_B$	kg/mol		$M_B = m_B / n_B$ ( $m_B$ = Masse des Stoffes B, $n_B$ = Stoffmenge des Stoffes B)
Stoffmengenkonzentration eines Stoffes B	$c_B$	mol/m <sup>3</sup>		$c_B = n_B / V$ ( $V$ = Volumen der Mischphase)
Stoffmengenstrom	$\dot{n}$	mol/s		
Temperatur, thermodynamische Temperatur	$T, \vartheta$	K	Kelvin	
Temperaturdifferenz	$\Delta T, \Delta t, \Delta \vartheta$	K	Kelvin	in der Praxis auch °C
Temperaturleitfähigkeit	$a$	m <sup>2</sup> /s		
(Thermischer) Linearer Längenausdehnungskoeffizient	$\alpha_l, \alpha$	1/K		$\alpha_l = \Delta l / (l \cdot \Delta T)$
Thermischer Leitwert	$G_{th}$	W/K		$G_{th} = 1/R_{th}$
(Thermischer) Spannungskoeffizient	$\alpha_p$	1/K		$\alpha_p = \Delta p / (p \cdot \Delta T)$
(Thermischer) Volumenausdehnungskoeffizient	$\alpha_v, \gamma$	1/K		$\alpha_v = \Delta V / (V \cdot \Delta T)$
Thermischer Widerstand, Wärmewiderstand	$R_{th}$	K/W		$R_{th} = \Delta T / \dot{Q}$ ( $\dot{Q}$ = Wärmestrom)
(Universelle) Gaskonstante	$R$	J/(mol · K)		$R = 8,314\,472\text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten	$\gamma, \kappa$	1		$\gamma = c_p / c_v$ in der Praxis meist $\kappa$
Wärme, Wärmemenge	$Q$	J	Joule	
Wärmedichte, volumenbezogene Wärme	$w_{th}$	J/m <sup>3</sup>		
Wärmedurchgangskoeffizient	$k, K$	W/(m <sup>2</sup> · K)		nach DIN EN ISO 6946:2018-03 auch $U$ -Wert (nach DIN EN ISO 80000-5 $U$ nicht mehr empfohlen) <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;"><math>U = k</math></div>
Wärmedurchlasswiderstand	$R$	m <sup>2</sup> · K/W		
Wärmestrom	$\dot{Q}$	W	Watt	(z. T. noch $\Phi$ gebräuchlich)
Wärmeübergangszahl	$\alpha, h$	W/(m <sup>2</sup> · K)		
<b>Elektrische und magnetische Größen</b>				
Elektrische Durchflutung	$\Theta$	A	Ampere	
Elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0$	F/m		$\varepsilon_0 = 8,854\,187\,817\text{ pF}/\text{m}$
Elektrische Feldstärke	$E$	V/m		
Elektrische Flussdichte	$D$	C/m <sup>2</sup>		
Elektrische Kapazität	$C$	F	Faraday	$C = Q / U$
Elektrische Ladung	$Q$	C	Coulomb	
Elektrische Leitfähigkeit, Konduktivität	$\gamma, \sigma, \kappa$	S/m		$\gamma = 1/\varrho$ ( $\varrho$ = spezifischer elektrischer Widerstand)
Elektrische Spannung, elektrische Potenzialdifferenz	$U$	V	Volt	
Elektrische Stromdichte	$J$	A/m <sup>2</sup>		
Elektrische Stromstärke	$I$	A	Ampere	
Elektrischer Fluss	$\Psi, \Psi_e$	C	Coulomb	<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">heute meist A für Oberflächen S für Querschnittsflächen</div>

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
<b>Elektrische und magnetische Größen (Fortsetzung)</b>				
Elektrischer Leitwert	$G$	S	Siemens	
Elektrischer Widerstand, Wirkwiderstand, Resistanz	$R$	$\Omega$	Ohm	
Elektrisches Dipolmoment	$p, p_e$	C · m		
Elektrisches Potenzial	$\varphi, \varphi_e$	V	Volt	
Elementarladung	$e$	C	Coulomb	Ladung eines Protons, $e = 1,602\,176\,487 \cdot 10^{-19}$ C
Energie, Arbeit	$W$	J	Joule	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Flächenladungsdichte, Ladungsbedeckung	$\sigma$	C/m <sup>2</sup>		
Induktivität, Selbstinduktivität	$L$	H	Henry	
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0$	H/m		$\mu_0 = 1,256\,637\,061\,4... \mu\text{H/m}$
Magnetische Feldstärke	$H$	A/m		
Magnetische Flussdichte	$B$	T	Tesla	$B = \varphi / S$
Magnetische Spannung	$U_m$	A		
Magnetischer Fluss	$\Phi$	Wb	Weber	
Permeabilität	$\mu$	H/m		
Permeabilitätszahl, relative Permeabilität	$\mu_r$	1		$\mu_r = \mu / \mu_0$
Permittivität	$\epsilon$	F/m		$\epsilon = D / E$
Permittivitätszahl, relative Permittivität	$\epsilon_r$	1		$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$
Raumladungsdichte, Ladungsdichte, volumenbezogene Ladung	$\rho, \rho_{ev}, \eta$	C/m <sup>3</sup>		
Spezifischer elektrischer Widerstand, Resistivität	$\rho$	$\Omega \cdot \text{m}$		1 $\Omega \cdot \text{m} = 100 \Omega \cdot \text{cm}$ 1 $\Omega \cdot \text{m} = 10^6 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$
Windungszahl	$N$	1		
Wirkleistung	$P, P_p$	W	Watt	
<b>Größen elektromagnetischer Strahlungen</b>				
Absorptionsgrad	$\alpha, a$	1		
Beleuchtungsstärke	$E_v$	lx	Lux	
Brechwert von Linsen	$D$	1/m		$D = n / f$
Brechzahl	$n$	1		$n = c_0 / c$
Brennweite	$f$	m		
Emissionsgrad	$\epsilon$	1		
Leuchtdichte	$L_v$	cd/m <sup>2</sup>		
Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum	$c_0$	m/s		$c_0 = 2,997\,924\,58 \cdot 10^8$ m/s
Lichtmenge	$Q_v$	lm · s		
Lichtstärke	$I_v$	cd	Candela	

1

2

3

4

5

6

7

8

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen   Name		Bemerkung/wichtige Beziehungen
<b>Größen elektromagnetischer Strahlungen (Fortsetzung)</b>				
Lichtstrom	$\Phi_v$	lm	Lumen	
Reflexionsgrad	$\rho$	1		
Stefan-Boltzmann-Konstante	$\sigma$	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$		$\sigma = 5,670\,400 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
Strahlungsenergie, Strahlungsmenge	$Q_e, W$	J	Joule	
Strahlungsenergiedichte, volumenbezogene Strahlungsenergie	$w, u$	$\text{J}/\text{m}^3$		
Strahlungsleistung, Strahlungsfluss	$\Phi_e, P$	W	Watt	
Transmissionsgrad	$\tau$	1		
<b>Größen der Atom- und Kernphysik</b>				
Äquivalentdosis	$H$	Sv	Sievert	
Aktivität einer radioaktiven Substanz	$A$	Bq	Bequerel	
Atommasse	$m_a$	kg		
Bohr-Radius	$a_0$	m		$a_0 = 0,529\,177\,208\,59 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Energiedosis	$D$	Gy	Gray	
Gyromagnetischer Koeffizient	$\gamma$	$\text{A} \cdot \text{m}^2/(\text{J} \cdot \text{s})$		
Halbwertszeit	$T_{1/2}$	s		$T_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$
Ionendosis	$J$	C/kg		
Kerma	$K$	Gy	Gray	
Magnetisches (Flächen-) Moment eines Teilchens	$\mu$	$\text{A} \cdot \text{m}^2$		
Mittlere Lebensdauer	$\tau$	s		
Neutronenzahl	$N$	1		
Nukleonenzahl, Massenzahl	$A$	1		$A = Z + N$
Planck-Konstante, Planck'sches Wirkungsquantum	$h$	$\text{J} \cdot \text{s}$		$h = 6,626\,068\,96 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Protonenzahl	$Z$	1		
Reaktionsenergie	$Q$	J	Joule	
Ruhemasse des Elektrons	$m_e$	kg		$m_e = 9,109\,382\,15 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Rydberg-Konstante	$R_\infty$	1/m		$R = 10\,973\,731,568\,527 \text{ m}^{-1}$
Sommerfeld-Feinstruktur- Konstante	$\alpha$	1		$\alpha = 7,297\,352\,5376 \cdot 10^{-3}$
Teilchenstrom	$I$	1/s		
Zerfallskonstante	$\lambda$	1/s		$\lambda = 1 / \tau$
<b>Größen der Akustik</b>				
Schalldruck	$p$	Pa, $\text{N}/\text{m}^2$	Pascal	
Schallgeschwindigkeit	$c, c_0$	m/s		
Schallintensität	$I, J$	$\text{W}/\text{m}^2$		
Schallleistung	$P, P_a$	W	Watt	

Grundrechenarten	
Addition (Zusammenzählen)	
<p><b>Natürliche Zahlen</b></p> <p style="text-align: center;">15 + 26 = 41</p> <p>Summand plus Summand gleich Summe</p> <p>Mögliche Rechenschritte:</p> <p><math>15 + 26 = 15 + (5 + 21) = (15 + 5) + 21 = 20 + 21 = 20 + (20 + 1) = (20 + 20) + 1 = 40 + 1 = 41</math></p> <p>Beachte:</p> <p><math>8 + (-6) = 8 - 6 = 2</math> (vgl. <i>Klammerregeln</i>)</p>	<p><b>Gemeine Brüche</b></p> <p>Bei gleichnamigen Brüchen die Zähler unter Beibehaltung des Nenners addieren und dann, wenn möglich, kürzen:</p> $\frac{2}{4} + \frac{6}{4} = \frac{2+6}{4} = \frac{8}{4} = 2$ <p>Ungleichnamige Brüche zunächst durch Hauptnennerbildung (vgl. <i>Bruchrechnen</i>) und Zählererweiterung gleichnamig machen:</p> $\frac{1}{2} + \frac{2}{3} = \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 3} + \frac{2 \cdot 2}{3 \cdot 2} = \frac{3}{6} + \frac{4}{6} = \frac{7}{6} = 1 \frac{1}{6}$ <p>Gemischte Zahlen zunächst in unechte Brüche verwandeln (vgl. <i>Bruchrechnen</i>)</p>
<p><b>Allgemeine Zahlen</b></p> <p><math>a + a = 2a</math></p> <p><math>a + b = c</math></p> <p><math>a + b = b + a</math> (Kommutativgesetz)</p> <p><math>a + (b + c) = (a + b) + c = a + b + c</math> (Assoziativgesetz)</p>	<p><b>Größen</b></p> <p>Nur gleichartige Größen lassen sich addieren. Eventuell müssen Einheiten umgerechnet werden!</p> <p>5 kg + 7 kg = <b>12 kg</b></p> <p>8,0 kg + 500 g = 8,0 kg + 0,5 kg = <b>8,5 kg</b></p> <p>6,00 m + 40 cm = 600 cm + 40 cm = <b>640 cm</b></p>
Subtraktion (Abziehen)	
<p><b>Natürliche Zahlen</b></p> <p style="text-align: center;">14 - 8 = 6</p> <p>Minuend minus Subtrahend gleich Differenz</p> <p><math>16 - (8 - 3) = 16 - 8 + 3 = 11</math></p> <p><math>16 - (8 + 3) = 16 - 8 - 3 = 5</math></p> <p>Klammerregeln beachten (vgl. <i>Klammerrechnung</i>)</p>	<p><b>Gemeine Brüche</b></p> <p>Bei gleichnamigen Brüchen die Zähler unter Beibehaltung des Nenners voneinander subtrahieren und dann, wenn möglich, kürzen:</p> $\frac{3}{2} - \frac{1}{2} = \frac{3-1}{2} = \frac{2}{2} = 1$ <p>Ungleichnamige Brüche zunächst durch Hauptnennerbildung (vgl. <i>Bruchrechnen</i>) und Zählererweiterung gleichnamig machen:</p> $\frac{7}{8} - \frac{2}{3} = \frac{7 \cdot 3}{3 \cdot 8} - \frac{2 \cdot 8}{3 \cdot 8} = \frac{21}{24} - \frac{16}{24} = \frac{21-16}{24} = \frac{5}{24}$ <p>Gemischte Zahlen zunächst in unechte Brüche verwandeln (vgl. <i>Bruchrechnen</i>)</p>
<p><b>Allgemeine Zahlen</b></p> <p><math>3a - 2a = 1a = a</math></p> <p><math>a - b = c</math> (<math>c</math> = Differenz aus <math>a</math> und <math>b</math>)</p> <p><math>ab - (c - d) = ab - c + d</math></p> <p><math>ab - (c + d) = ab - c - d</math></p> <p>Klammerregeln beachten (vgl. <i>Klammerrechnung</i>)</p>	<p><b>Größen</b></p> <p>Nur gleichartige Größen lassen sich voneinander subtrahieren. Eventuell müssen Einheiten umgerechnet werden.</p> <p><math>16 \text{ m}^3 - 4 \text{ m}^3 = 12 \text{ m}^3</math></p> <p><math>5,0 \text{ m}^3 - 100 \text{ dm}^3 = 5,0 \text{ m}^3 - 0,1 \text{ m}^3 = 4,9 \text{ m}^3</math></p> <p><math>2,000 \text{ L} - 58 \text{ mL} = 2000 \text{ mL} - 58 \text{ mL} = 1942 \text{ mL}</math></p>

1

2

3

4

5

6

7

8

## Grundrechenarten (Fortsetzung)

## Multiplikation (Vervielfachen)

## Natürliche Zahlen

$$6 \cdot 4 = 24$$

Faktor mal Faktor gleich Produkt oder  
Multiplikand mal Multiplikator gleich Produkt

Das Produkt  $6 \cdot 4$  ist die Kurzschreibweise für die  
Summe  $6 + 6 + 6 + 6$  bzw.  $4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4$ .

Beachte: Jede Zahl mit 0 multipliziert ergibt 0, z. B.

$$5 \cdot 0 = 0$$

## Gemeine Brüche

Zwei Brüche werden miteinander multipliziert,  
indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner  
multipliziert. Dabei kann vor dem Multiplizieren  
gekürzt werden.

$$\frac{5}{6} \cdot \frac{3}{4} = \frac{5 \cdot 3}{6 \cdot 4} = \frac{5 \cdot 1}{2 \cdot 4} = \frac{5}{8}$$

$$3 \cdot \frac{5}{10} = \frac{3 \cdot 5}{10} = \frac{3 \cdot 1}{2} = \frac{3}{2} = 1 \frac{1}{2}$$

Gemischte Zahlen werden zunächst in unechte  
Brüche verwandelt (vgl. *Bruchrechnen*)

## Allgemeine Zahlen

$a \cdot b = ab$  bzw.  $a \cdot b = c$  ( $c$  = Produkt aus  $a$  und  $b$ )

$$a \cdot 0 = 0$$

$a \cdot b = b \cdot a$  (Assoziativgesetz)

$a \cdot (b + c) = ab + ac$  (Distributivgesetz)

Vorzeichenregeln:

$$(+a) \cdot (+b) = ab \quad (+a) \cdot (-b) = -ab$$

$$(-a) \cdot (-b) = ab \quad (-a) \cdot (+b) = -ab$$

Klammerregeln beachten (vgl. *Klammerrechnung*)

## Größen

Zwei Größen werden miteinander multipliziert,  
indem man Zahlenwerte (Maßzahlen) und Ein-  
heiten miteinander multipliziert:

$$4 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 4 \cdot 6 \cdot \text{m} \cdot \text{m} = 24 \text{ m}^2$$

$$10 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} = 20 \text{ Nm}$$

## Division (Teilen)

## Natürliche Zahlen

$$10 : 5 = 2 \quad \text{oder}$$

$$10 / 5 = 2$$

Dividend durch Divisor gleich Quotient

oder

$$\frac{10}{2} = 5 \quad (10 = \text{Zähler}, 2 = \text{Nenner}, 5 = \text{Quotient})$$

Beachte: Eine Division durch 0 gibt es nicht!

## Gemeine Brüche

Man dividiert durch einen Bruch, indem man mit  
dem Kehrwert (Kehrwert) multipliziert:

$$\frac{3}{8} : \frac{4}{5} = \frac{3}{8} \cdot \frac{5}{4} = \frac{3 \cdot 5}{8 \cdot 4} = \frac{15}{32} \quad \text{bzw.} \quad \frac{3}{8} : \frac{4}{5} = \frac{3 \cdot 5}{8 \cdot 4} = \frac{15}{32}$$

$$3 : \frac{2}{5} = 3 \cdot \frac{5}{2} = \frac{3 \cdot 5}{2} = \frac{15}{2} = 7 \frac{1}{2}$$

Bei der Division durch eine gemischte Zahl wird die-  
se zunächst in einen unechten Bruch verwandelt.

## Allgemeine Zahlen

$\frac{a}{b} = a : b = c$  ( $c$  = Quotient aus  $a$  und  $b$ ,  $b \neq 0$ )

$$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{ad}{bc}$$

$$a : (b : c) = a : \frac{b}{c} = \frac{a}{\frac{b}{c}} = a \cdot \frac{c}{b} = \frac{ac}{b}$$

Vorzeichenregeln:

$$\frac{(+a)}{(+b)} = \frac{a}{b} \quad \frac{(-a)}{(+b)} = -\frac{a}{b}$$

$$\frac{(-a)}{(-b)} = \frac{a}{b} \quad \frac{(+a)}{(-b)} = -\frac{a}{b}$$

## Größen

Zwei Größen werden durcheinander dividiert,  
indem man Zahlenwerte (Maßzahlen) und Ein-  
heiten durcheinander dividiert:

$$\frac{6 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^2} = \frac{6}{2} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} = 3 \frac{\text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \text{m}} = 3 \text{ m}$$

$$\frac{20 \text{ N}}{4 \text{ m}^2} = \frac{20}{4} \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

**Klammerrechnung (Rechnen mit Summen)**

Steht ein „+“-Zeichen vor der Klammer, so kann diese entfallen, ohne dass sich der Wert der Summe ändert:

$$5 + (6 - 3) = 5 + 6 - 3 = 8 \quad a + (2b - 3c) = a + 2b - 3c$$

Steht ein „-“-Zeichen vor der Klammer, so müssen bei deren Weglassen alle innerhalb der Klammer vorhandenen Vorzeichen umgekehrt werden:

$$12 - (2 + 8 - 6) = 12 - 2 - 8 + 6 = 8 \quad -(3a + 2b - c) = -3a - 2b + c$$

Klammerausdrücke (bzw. Summen) werden miteinander multipliziert, indem jedes Glied der einen Klammer mit jedem Glied der anderen Klammer multipliziert wird:

$(a + b)c = ac + bc$	$(a + b)^2 = (a + b)(a + b) = a^2 + 2ab + b^2$	} Binomische Formeln
$d(ab - c) = abd - cd$	$(a - b)^2 = (a - b)(a - b) = a^2 - 2ab + b^2$	
$(a + b)(c + d) = ac + ad + bc + bd$	$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$	
$(a + b)(c - d) = ac - ad + bc - bd$		

**B**eispiele praktischer Formeln:

$$L = L_0(1 + \alpha \Delta T) = L_0 + L_0 \alpha \Delta T \quad p = x_1 p_1 + (1 - x_1) p_2 = x_1 p_1 + p_2 - x_1 p_2$$

$$Q = kA(T_1 - T_2) = kAT_1 - kAT_2 \quad L = \frac{1}{2}(n + 2)(n + 1) = \frac{(n + 1)(n + 1)}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} + n + 1 = \frac{n^2}{2} + \frac{3n}{2} + 1$$

Klammerausdrücke (bzw. Summen) werden durch einen Divisor (Nenner) dividiert, indem jedes Glied der Klammer (bzw. jeder Summand des Zählers) durch den Divisor (Nenner) dividiert wird:

a) Division durch ein Produkt:  $\frac{a + b}{ab} = \frac{a}{ab} + \frac{b}{ab} = \frac{1}{b} + \frac{1}{a}$

b) Division durch eine Summe:  $(a + b - c) : (a - d) = \frac{a + b - c}{a - d} = \frac{a}{a - d} + \frac{b}{a - d} - \frac{c}{a - d}$

**B**eispiele praktischer Formeln:

$$\eta_v = \frac{\dot{V}_{th} - \dot{V}_v}{\dot{V}_{th}} = 1 - \frac{\dot{V}_v}{\dot{V}_{th}} \quad m_1 = m_0 \frac{h_2 - h_0}{h_2 - h_1} = \frac{m_0(h_2 - h_0)}{h_2 - h_1} = \frac{m_0 h_2 - m_0 h_0}{h_2 - h_1} = \frac{m_0 h_2}{h_2 - h_1} - \frac{m_0 h_0}{h_2 - h_1}$$

Gemeinsame oder beliebige Faktoren, die in jedem Summanden (bzw. Glied) der Klammer vorkommen, können vor die Klammer gezogen (ausgeklammert) werden:

$$(ab + ac) = a(b + c) \quad (-25 - 5p) = -5(5 + p) \quad (2x + y) - 10b = 10b \left( \frac{2x + y}{10b} - 1 \right)$$

Ausdrücke (Summen) mit mehreren Klammern werden umgewandelt, indem man die Klammern von innen her auflöst:

$$a - \{b + [3c - (2d + b)]\} = a - \{b + [3c - 2d - b]\} = a - \{b + 3c - 2d - b\} = a - b - 3c + 2d + b = a - 3c + 2d$$

**B**eispiel einer praktischen Formel:

$$h = c_L(T - T_0) + Y[h_v + c_D(T - T_0)] = c_L T - c_L T_0 + Y[h_v + c_D T - c_D T_0] = c_L T - c_L T_0 + Y h_v + Y c_D T - Y c_D T_0$$

Bruchrechnung																						
Erweitern und Kürzen	Hauptnennerbildung																					
<p>1 Zähler und Nenner des Bruches werden mit der gleichen Zahl multipliziert oder durch die gleiche Zahl dividiert:</p> $\frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 5}{4 \cdot 5} = \frac{15}{20} \quad (\text{Erweitert mit der Zahl } 5)$ $\frac{16}{12} = \frac{16 : 4}{12 : 4} = \frac{4}{3} \quad (\text{Gekürzt mit der Zahl } 4)$ <p>Gekürzt werden darf nur aus Produkten, nie aus Summen:</p> $\frac{ab - a}{2ab} = \frac{a(b - 1)}{2ab} = \frac{b - 1}{2b} \quad (\text{Gekürzt mit } a. \text{ Aus der Summe kann } b \text{ nicht gekürzt werden.})$	<p>1. Produktbildung aus den beteiligten Nennern:</p> $\frac{3}{8} + \frac{2}{3} = \frac{3 \cdot 3}{8 \cdot 3} + \frac{2 \cdot 8}{3 \cdot 8} = \frac{9}{24} + \frac{16}{24} = \frac{9 + 16}{24} = \frac{25}{24}$ <p>Der Zähler wird mit dem gleichen Faktor erweitert, der beim Nenner erforderlich ist, um den Hauptnenner zu erhalten.</p> $\frac{a}{a+b} + \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d}{(a+b) \cdot d} + \frac{c \cdot (a+b)}{d \cdot (a+b)}$ $= \frac{ad + c(a+b)}{d(a+b)}$ <p>2. Suche nach dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen (kgV) der beteiligten Nenner:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Zerlegung aller Nenner in ihre kleinsten Faktoren,</li> <li>Anordnung der Faktoren entsprechend dem unten gezeigten Schema,</li> <li>Produktbildung aus allen vorkommenden Faktoren (diese jeweils in der Anzahl ihrer größten Häufigkeit in einer Zeile).</li> </ol> <p>Beispiel:</p> $\frac{1}{14} + \frac{1}{3} + \frac{2}{10} + \frac{8}{60} + \frac{5}{72}$ $= \frac{1 \cdot 180 + 1 \cdot 840 + 2 \cdot 252 + 8 \cdot 42 + 5 \cdot 35}{2520} = \mathbf{0,808}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Nenner</th> <th style="width: 40%;">kleinste Faktoren</th> <th style="width: 50%;">Erweiterungsfaktor für den Zähler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>2 · 7</td> <td>2 · 2 · 3 · 3 · 5 = 180</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>2 · 2 · 2 · 3 · 5 · 7 = 840</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2 · 5</td> <td>2 · 2 · 3 · 3 · 7 = 252</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>2 · 2 · 3 · 5</td> <td>2 · 3 · 7 = 42</td> </tr> <tr> <td>72</td> <td>2 · 2 · 2 · 3 · 3</td> <td>5 · 7 = 35</td> </tr> <tr> <td>k. g. V.</td> <td colspan="2">2 · 2 · 2 · 3 · 3 · 5 · 7 = <b>2520</b> = Hauptnenner</td> </tr> </tbody> </table>	Nenner	kleinste Faktoren	Erweiterungsfaktor für den Zähler	14	2 · 7	2 · 2 · 3 · 3 · 5 = 180	3	3	2 · 2 · 2 · 3 · 5 · 7 = 840	10	2 · 5	2 · 2 · 3 · 3 · 7 = 252	60	2 · 2 · 3 · 5	2 · 3 · 7 = 42	72	2 · 2 · 2 · 3 · 3	5 · 7 = 35	k. g. V.	2 · 2 · 2 · 3 · 3 · 5 · 7 = <b>2520</b> = Hauptnenner	
Nenner	kleinste Faktoren	Erweiterungsfaktor für den Zähler																				
14	2 · 7	2 · 2 · 3 · 3 · 5 = 180																				
3	3	2 · 2 · 2 · 3 · 5 · 7 = 840																				
10	2 · 5	2 · 2 · 3 · 3 · 7 = 252																				
60	2 · 2 · 3 · 5	2 · 3 · 7 = 42																				
72	2 · 2 · 2 · 3 · 3	5 · 7 = 35																				
k. g. V.	2 · 2 · 2 · 3 · 3 · 5 · 7 = <b>2520</b> = Hauptnenner																					
Umwandeln gemischter Zahlen in unechte Brüche																						
<p>Zum Produkt aus Nenner und ganzer Zahl wird der Zähler addiert. Dies ergibt den Zähler des unechten Bruches:</p> $6 \frac{2}{3} = \frac{6 \cdot 3 + 2}{3} = \frac{20}{3}$																						
Umwandeln unechter Brüche in gemischte Zahlen																						
<p>Der Zähler des unechten Bruches wird in eine Summe zerlegt, die den größten Summanden enthält, der noch ohne Rest durch den Nenner teilbar ist. Dann – nach dem Auftrennen in zwei Teilbrüche – kürzen:</p> $\frac{18}{5} = \frac{15 + 3}{5} = \frac{15}{5} + \frac{3}{5} = 3 + \frac{3}{5} = 3 \frac{3}{5}$																						
Prozentrechnung																						
Formeln	Beispiele																					
$p\% \text{ von } G = \frac{p}{100} \cdot G = P$ <p><math>p</math> Prozentsatz    <math>G</math> Grundwert    <math>P</math> Prozentwert</p>	<p>20 % von 1200 kg = <math>\frac{20}{100} \cdot 1200 \text{ kg} = 240 \text{ kg}</math></p> <p>Prozentsatz    Grundwert    Prozentwert</p>																					
$P = \frac{p \cdot G}{100\%}$	<p>20 % von 1200 kg sind 240 kg    <math>\frac{20\% \cdot 1200 \text{ kg}}{100\%} = \mathbf{240 \text{ kg}}</math></p>																					
$p = \frac{100\% \cdot P}{G}$	<p>240 kg von 1200 kg entsprechen einem Anteil von 20 %    <math>\frac{100\% \cdot 240 \text{ kg}}{1200 \text{ kg}} = \mathbf{20\%}</math></p>																					
$G = \frac{100\% \cdot P}{p}$	<p>Wenn 240 kg einem Anteil von 20 % entsprechen, beträgt der Grundwert 1200 kg    <math>\frac{100\% \cdot 240 \text{ kg}}{20\%} = \mathbf{1200 \text{ kg}}</math></p>																					

1

2

3

4

5

6

7

8

Potenzrechnung	
Zehnerpotenzen	
Zahlen über 1	Zahlen unter 1
Zahlen über 1 können als Vielfache von Zehnerpotenzen dargestellt werden, mit einem positiven Exponenten, dessen Wert um 1 niedriger liegt, als die Zahl Stellen vor dem Komma besitzt: $1253,65 = 1,25365 \cdot 1000 = 1,25365 \cdot 10^3$	Zahlen unter 1 können als Vielfache von Zehnerpotenzen dargestellt werden, mit einem negativen Exponenten, dessen Wert der Anzahl der Stellen entspricht, um die das Komma der Ausgangszahl nach rechts gerückt wurde: $0,0025 = \frac{25}{10000} = \frac{2,5}{1000} = \frac{2,5}{10^3} = 2,5 \cdot 10^{-3}$
$10^1 = 10$ $10^4 = 10\,000$ $10^2 = 100$ $10^5 = 100\,000$ $10^3 = 1\,000$ $10^6 = 1\,000\,000$	$10^0 = 1$ $10^{-3} = \frac{1}{1000} = 0,001$ $10^{-1} = \frac{1}{10} = 0,1$ $10^{-4} = \frac{1}{10000} = 0,0001$ $10^{-2} = \frac{1}{100} = 0,01$ $10^{-5} = \frac{1}{100000} = 0,00001$ $10^{-6} = \frac{1}{1000000} = 0,000001$
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>B</b>eispiele aus der Praxis:</p> <p>Längenausdehnungszahl von Stahl: <math>\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} = 0,000012 \frac{1}{\text{K}}</math></p> <p>Avogadro-Konstante: <math>N_A = 602\,213\,670\,000\,000\,000\,000 \approx 6,022 \cdot 10^{23}</math></p> </div>	
Potenzrechnung allgemein	
Regeln	Beispiele
$a^m = a \cdot a \cdot a \dots (m \text{ Faktoren})$ $a = \text{Basis (Grundzahl); } m = \text{Exponent (Hochzahl);}$ $a^m = \text{Potenz}$	$5^4 = 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 = 625$ $5 = \text{Basis; } 4 = \text{Exponent;}$ $5^4 = \text{Potenz (vierte Potenz von 5)}$
$a^1 = a; a^0 = 1 \text{ (für } a \neq 0)$	$12^1 = 12; 12^0 = 1$
$a^{-m} = \frac{1}{a^m}; \frac{1}{a^{-m}} = a^m \text{ (für } a \neq 0)$	$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{1000} = 0,001; \frac{1}{10^{-2}} = 10^2 = 100$ $5 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-1} = 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$
$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$	$3^2 \cdot 3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = 243$
$a^m : a^n = \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$	$4^3 : 4^2 = \frac{4^3}{4^2} = 4^{3-2} = 4^1 = 4$
$\frac{a^m}{b^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^m$	$\frac{4^2}{2^2} = \left(\frac{4}{2}\right)^2 = 2^2 = 4; E = \varepsilon \cdot C \cdot \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 = \varepsilon \cdot C \cdot \frac{T_1^4}{100^4}$
$(a^m)^n = a^{m \cdot n} = (a^n)^m$	$(6^2)^3 = 6^{2 \cdot 3} = 6^6 = 46\,656$
$(ab)^m = a^m b^m$	$(3 \cdot 5)^2 = 3^2 \cdot 5^2 = 9 \cdot 25 = 225$ $(5 \text{ m})^2 = 5^2 \text{ m}^2 = 25 \text{ m}^2$
$(-a)^m = \text{positiv für gerade } m,$ negativ für ungerade $m$	$(-2)^4 = (-2) \cdot (-2) \cdot (-2) \cdot (-2) = 16$ $(-3)^3 = (-3) \cdot (-3) \cdot (-3) = -27$

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8