

**SCHUCHARDT
& SCHÜTTE
BERLIN**

**TECHNISCHES
HILFSBUCH**



TECHNISCHES HILFSBUCH

HERAUSGEGEBEN

VON

SCHUCHARDT & SCHÜTTE



4. AUFLAGE

mit 488 Abbildungen und 7 Tafeln

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1917

Preis des Buches *ℳ* 3.60.

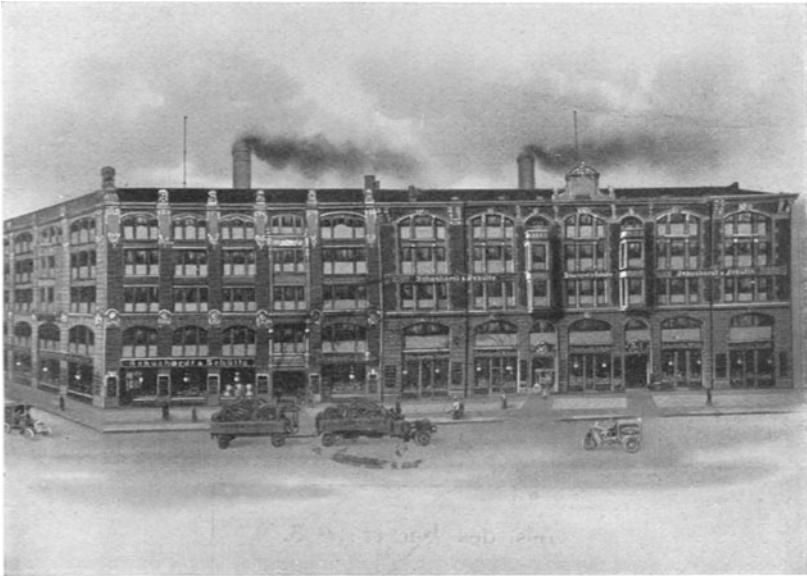
*Alle Rechte,
insbesondere das der Übersetzung,
vorbehalten.*

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-662-42058-4 ISBN 978-3-662-42325-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-42325-7

Softcover reprint of the hardcover 4th edition 1917



BERLIN C, Spandauer Straße 28-29



WIEN I, Franz-Josefs-Kai 7-9



STOCKHOLM, Vasagatan 24



ST. PETERSBURG, Newski Prospekt 11



KOPENHAGEN K, Nørregade 7



BUDAPEST, Teréz-körút 46



PRAG, Havlíčekplatz 28



PARIS, Rue St-Martin 327



LONDON SW, 34, Victoria Street



NEW YORK, West Street Building, 90, West Street



SHANGHAI, 34, Nanking Road



TOKIO, 21, Minami Demmicho Sauchome Kyobashi-ku



Werk NEUKÖLLN



Werk GUBEN

FABRIKEN IN BERLIN · NEUKÖLLN
UND GUBEN

MUSTERLAGER IN KÖLN A. RH.
GEREONSHAUS · GEREONSSTRASSE

VERKAUFSSTELLEN IN
BRÜSSEL · MAILAND · BARCELONA

VERTRETUNGEN IN
BUENOS-AIRES · SÃO PAULO · MONTREAL
SYDNEY · MELBOURNE · JOHANNESBURG
BANGKOK · BOMBAY · MADRAS · KALKUTTA
BATAVIA · SOERABAYA · SAMARANG
HONGKONG · CANTON · WLADIWOSTOK

TELEGRAMM-ADRESSEN:

BERLIN INITIATIVE
WIEN INITIATIVE
STOCKHOLM INITIATIVE
ST. PETERSBURG INITIATIVE
KOPENHAGEN INITIATIVE
BUDAPEST INITIATIVE
PRAG INITIATIVE
NEW YORK INITIATIVE
SHANGHAI INITIATIVE
TOKIO INITIATIVE

LONDON INITIANDUM
PARIS RENDEMENT
KÖLN A. RH. BERNSCHUCH

BRÜSSEL ESUNDES
MAILAND ESUNDES
BARCELONA ESUNDES

Vorwort zur 4. Auflage

Die letzte Auflage des Technischen Hilfsbuches war so schnell vergriffen, daß sich in verhältnismäßig kurzer Zeit eine Neuauflage notwendig machte, bei der wesentliche Ergänzungen und Neubearbeitungen vorgenommen wurden.

Für die zahlreich eingelaufenen Anregungen sei an dieser Stelle mit der Bitte um weitere Unterstützung gedankt.

Berlin, August 1917.

Schuchardt & Schütte

INHALTSÜBERSICHT

Rechnen:	Seite
Hilfstafeln	2
Logarithmieren	22
Winkellehre	27
Flächen- und Körperberechnung	34
Primzahlen und Faktoren der Zahlen 1—1000	48
Maßeinheiten und Vergleichswerte:	
Metrisches Maßsystem, Eichfehlergrenzen	53
Maße und Gewichte anderer Länder im Vergleich mit dem metrischen Maße	60
Absolutes Maßsystem und Formelzeichen	70
Aus dem Gebiete der Elektrotechnik	78
Licht und Beleuchtung	83
Wärme, Verbrennung	86
Anziehungskraft, Luftdruck, Barometer	94
Stoffkunde:	
Internationale Atomgewichte	96
Gewerbliche und chemische Benennung techn. wichtiger Stoffe	97
Festigkeitslehre	100
Profile von Eisen und Wellblech, Schraubenfedern	112
Gewichtstafeln	136
Werkstattskunde:	
Gewindeherstellung und Gewindetafeln	170
Normaldurchmesser	218
Befestigungskegel und Keile	223
Riementrieb, Seiltrieb, Wellen, Grenzlehren	230
Zahnräder	249
Bohren und Aufreiben	284
Drehen	304
Räumen	316
Fräsen	320
Schleifen	353
Werkzeugstahl	364
Konstruktionsstahl	380
Härte und Härteprüfung	386
Schmierölprüfung	391
Schnitt- und Umfangsgeschwindigkeiten, Vorschübe	392
Ätzen	398
Bestimmung des spezifischen Gewichts	398
Kraftbedarf von Werkzeugmaschinen	400
Anhang:	
Münztafel, Alphabete, erste Hilfe bei Unglücksfällen	404

Alphabetisches Inhaltsverzeichnis siehe Seite 419.

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
1	1	1	1,0000	1,0000	0,00000	1000,000	3,142	0,7854	1
2	4	8	1,4142	1,2599	0,69315	500,000	6,283	3,1416	2
3	9	27	1,7321	1,4422	1,09861	333,333	9,425	7,0686	3
4	16	64	2,0000	1,5874	1,38629	250,000	12,566	12,5664	4
5	25	125	2,2361	1,7100	1,60944	200,000	15,708	19,6350	5
6	36	216	2,4495	1,8171	1,79176	166,667	18,850	28,2743	6
7	49	343	2,6458	1,9129	1,94591	142,857	21,991	38,4845	7
8	64	512	2,8284	2,0000	2,07944	125,000	25,133	50,2655	8
9	81	729	3,0000	2,0801	2,19722	111,111	28,274	63,6173	9
10	100	1000	3,1623	2,1544	2,30259	100,000	31,416	78,5398	10
11	121	1331	3,3166	2,2240	2,39790	90,9091	34,558	95,0332	11
12	144	1728	3,4641	2,2894	2,48491	83,3333	37,699	113,097	12
13	169	2197	3,6056	2,3513	2,56495	76,9231	40,841	132,732	13
14	196	2744	3,7417	2,4101	2,63906	71,4286	43,982	153,938	14
15	225	3375	3,8730	2,4662	2,70805	66,6667	47,124	176,715	15
16	256	4096	4,0000	2,5198	2,77259	62,5000	50,265	201,062	16
17	289	4913	4,1231	2,5713	2,83321	58,8235	53,407	226,980	17
18	324	5832	4,2426	2,6207	2,89037	55,5556	56,549	254,469	18
19	361	6859	4,3589	2,6684	2,94444	52,6316	59,690	283,529	19
20	400	8000	4,4721	2,7144	2,99573	50,0000	62,832	314,159	20
21	441	9261	4,5826	2,7589	3,04452	47,6190	65,973	346,361	21
22	484	10648	4,6904	2,8020	3,09104	45,4545	69,115	380,133	22
23	529	12167	4,7958	2,8439	3,13549	43,4783	72,257	415,476	23
24	576	13824	4,8990	2,8845	3,17805	41,6667	75,398	452,389	24
25	625	15625	5,0000	2,9240	3,21888	40,0000	78,540	490,874	25
26	676	17576	5,0990	2,9625	3,25810	38,4615	81,681	530,929	26
27	729	19683	5,1962	3,0000	3,29584	37,0370	84,823	572,555	27
28	784	21952	5,2915	3,0366	3,33220	35,7143	87,965	615,752	28
29	841	24389	5,3852	3,0723	3,36730	34,4828	91,106	660,520	29
30	900	27000	5,4772	3,1072	3,40120	33,3333	94,248	706,858	30
31	961	29791	5,5678	3,1414	3,43399	32,2581	97,389	754,768	31
32	1024	32768	5,6569	3,1748	3,46574	31,2500	100,531	804,248	32
33	1089	35937	5,7446	3,2075	3,49651	30,3030	103,673	855,299	33
34	1156	39304	5,8310	3,2396	3,52636	29,4118	106,814	907,920	34
35	1225	42875	5,9161	3,2711	3,55535	28,5714	109,956	962,113	35
36	1296	46656	6,0000	3,3019	3,58352	27,7778	113,097	1017,88	36
37	1369	50653	6,0828	3,3322	3,61092	27,0270	116,239	1075,21	37
38	1444	54872	6,1644	3,3620	3,63759	26,3158	119,381	1134,11	38
39	1521	59319	6,2450	3,3912	3,66356	25,6410	122,522	1194,59	39
40	1600	64000	6,3246	3,4200	3,68888	25,0000	125,66	1256,64	40
41	1681	68921	6,4031	3,4482	3,71357	24,3902	128,81	1320,25	41
42	1764	74088	6,4807	3,4760	3,73767	23,8095	131,95	1385,44	42
43	1849	79507	6,5574	3,5034	3,76120	23,2558	135,09	1452,20	43
44	1936	85184	6,6332	3,5303	3,78419	22,7273	138,23	1520,53	44
45	2025	91125	6,7082	3,5569	3,80666	22,2222	141,37	1590,43	45
46	2116	97336	6,7823	3,5830	3,82864	21,7391	144,51	1661,90	46
47	2209	103823	6,8557	3,6088	3,85015	21,2766	147,65	1734,94	47
48	2304	110592	6,9282	3,6342	3,87120	20,8333	150,80	1809,56	48
49	2401	117649	7,0000	3,6593	3,89182	20,4082	153,94	1885,74	49

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
50	2500	125000	7,0711	3,6840	3,91202	20,0000	157,08	1963,50	50
51	2601	132651	7,1414	3,7084	3,93183	19,6078	160,22	2042,82	51
52	2704	140608	7,2111	3,7325	3,95124	19,2308	163,36	2123,72	52
53	2809	148877	7,2801	3,7563	3,97029	18,8679	166,50	2206,18	53
54	2916	157454	7,3485	3,7798	3,98988	18,5185	169,65	2290,22	54
55	3025	166375	7,4162	3,8030	4,00733	18,1818	172,79	2375,83	55
56	3136	175616	7,4833	3,8259	4,02535	17,8571	175,93	2463,01	56
57	3249	185193	7,5498	3,8485	4,04305	17,5439	179,07	2551,76	57
58	3364	195112	7,6158	3,8709	4,06044	17,2414	182,21	2642,08	58
59	3481	205379	7,6811	3,8930	4,07754	16,9492	185,35	2733,97	59
60	3600	216000	7,7460	3,9149	4,09434	16,6667	188,50	2827,43	60
61	3721	226981	7,8102	3,9365	4,11087	16,3934	191,64	2922,47	61
62	3844	238328	7,8740	3,9579	4,12713	16,1290	194,78	3019,07	62
63	3969	250047	7,9373	3,9791	4,14313	15,8730	197,92	3117,25	63
64	4096	262144	8,0000	4,0000	4,15888	15,6250	201,06	3216,99	64
65	4225	274625	8,0623	4,0207	4,17439	15,3846	204,20	3318,31	65
66	4356	287496	8,1240	4,0412	4,18965	15,1515	207,35	3421,19	66
67	4489	300763	8,1854	4,0615	4,20469	14,9254	210,49	3525,65	67
68	4624	314432	8,2462	4,0817	4,21951	14,7059	213,63	3631,68	68
69	4761	328509	8,3066	4,1016	4,23411	14,4928	216,77	3739,28	69
70	4900	343000	8,3666	4,1213	4,24850	14,2857	219,91	3848,45	70
71	5041	357911	8,4261	4,1408	4,26268	14,0845	223,05	3959,19	71
72	5184	373248	8,4853	4,1602	4,27667	13,8889	226,19	4071,50	72
73	5329	389017	8,5440	4,1793	4,29046	13,6986	229,34	4185,39	73
74	5476	405224	8,6023	4,1983	4,30407	13,5135	232,48	4300,84	74
75	5625	421875	8,6603	4,2172	4,31749	13,3333	235,62	4417,86	75
76	5776	438976	8,7178	4,2358	4,33073	13,1579	238,76	4536,46	76
77	5929	456533	8,7750	4,2543	4,34381	12,9870	241,90	4656,63	77
78	6084	474552	8,8318	4,2727	4,35671	12,8205	245,04	4778,36	78
79	6241	493039	8,8882	4,2908	4,36945	12,6582	248,19	4901,67	79
80	6400	512000	8,9443	4,3089	4,38203	12,5000	251,33	5026,55	80
81	6561	531441	9,0000	4,3267	4,39445	12,3457	254,47	5153,00	81
82	6724	551368	9,0554	4,3445	4,40672	12,1951	257,61	5281,02	82
83	6889	571787	9,1104	4,3621	4,41884	12,0482	260,75	5410,61	83
84	7056	592704	9,1652	4,3795	4,43082	11,9048	263,89	5541,77	84
85	7225	614125	9,2195	4,3968	4,44265	11,7647	267,04	5674,50	85
86	7396	636056	9,2736	4,4140	4,45435	11,6279	270,18	5808,80	86
87	7569	658503	9,3274	4,4310	4,46591	11,4943	273,32	5944,68	87
88	7744	681472	9,3808	4,4480	4,47734	11,3636	276,46	6082,12	88
89	7921	704969	9,4340	4,4647	4,48864	11,2360	279,60	6221,14	89
90	8100	729000	9,4868	4,4814	4,49981	11,1111	282,74	6361,73	90
91	8281	753571	9,5394	4,4979	4,51086	10,9890	285,88	6503,88	91
92	8464	778688	9,5917	4,5144	4,52179	10,8696	289,03	6647,61	92
93	8649	804357	9,6437	4,5307	4,53260	10,7527	292,17	6792,91	93
94	8836	830584	9,6954	4,5468	4,54329	10,6383	295,31	6939,78	94
95	9025	857375	9,7468	4,5629	4,55388	10,5263	298,45	7088,22	95
96	9216	884736	9,7980	4,5789	4,56435	10,4167	301,59	7238,23	96
97	9409	912673	9,8489	4,5947	4,57471	10,3093	304,73	7389,81	97
98	9604	941192	9,8995	4,6104	4,58497	10,2041	307,88	7542,96	98
99	9801	970299	9,9499	4,6261	4,59512	10,1010	311,02	7697,69	99

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	4,60517	10,0000	314,16	7853,98	100
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	4,61512	9,90099	317,30	8011,85	101
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	4,62497	9,80392	320,44	8171,28	102
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	4,63473	9,70874	323,58	8332,29	103
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	4,64439	9,61538	326,73	8494,87	104
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	4,65396	9,52381	329,87	8659,01	105
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	4,66344	9,43396	333,01	8824,73	106
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	4,67283	9,34379	336,15	8992,02	107
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	4,68213	9,25926	339,29	9160,88	108
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	4,69135	9,17431	342,43	9331,32	109
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	4,70048	9,09091	345,58	9503,32	110
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	4,70953	9,00901	348,72	9676,89	111
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	4,71850	8,92857	351,86	9852,03	112
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	4,72739	8,84956	355,00	10028,7	113
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	4,73620	8,77193	358,14	10207,0	114
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	4,74493	8,69565	361,28	10386,9	115
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	4,75359	8,62069	364,42	10568,3	116
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	4,76217	8,54701	367,57	10751,3	117
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	4,77068	8,47458	370,71	10935,9	118
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	4,77912	8,40336	373,85	11122,0	119
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	4,78749	8,33333	376,99	11309,7	120
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	4,79579	8,26446	380,13	11499,0	121
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	4,80402	8,19672	383,27	11689,9	122
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	4,81218	8,13008	386,42	11882,3	123
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	4,82028	8,06452	389,56	12076,3	124
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	4,82831	8,00000	392,70	12271,8	125
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	4,83628	7,93651	395,84	12469,0	126
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	4,84419	7,87402	398,98	12667,7	127
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	4,85203	7,81250	402,12	12868,0	128
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	4,85981	7,75194	405,27	13069,8	129
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	4,86753	7,69231	408,41	13273,2	130
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	4,87520	7,63359	411,55	13478,2	131
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	4,88280	7,57576	414,69	13684,8	132
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	4,89035	7,51880	417,83	13892,9	133
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	4,89784	7,46269	420,97	14102,6	134
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	4,90527	7,40741	424,12	14313,9	135
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	4,91265	7,35294	427,26	14526,7	136
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	4,91998	7,29927	430,40	14741,1	137
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	4,92725	7,24638	433,54	14957,1	138
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	4,93447	7,19424	436,68	15174,7	139
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	4,94164	7,14286	439,82	15393,8	140
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	4,94876	7,09220	442,96	15614,5	141
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	4,95583	7,04225	446,11	15836,8	142
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	4,96284	6,99301	449,25	16060,6	143
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	4,96981	6,94444	452,39	16286,0	144
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	4,97673	6,89655	455,53	16513,0	145
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	4,98361	6,84932	458,67	16741,5	146
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	4,99043	6,80272	461,81	16971,7	147
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	4,99721	6,75676	464,96	17203,4	148
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	5,00395	6,71141	468,10	17436,6	149

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	5,01064	6,66667	471,24	17671,5	150
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	5,01728	6,62252	474,38	17907,9	151
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	5,02388	6,57895	477,52	18145,8	152
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	5,03044	6,53595	480,66	18385,4	153
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	5,03695	6,49351	483,81	18626,5	154
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	5,04343	6,45161	486,95	18869,2	155
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	5,04986	6,41026	490,09	19113,4	156
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	5,05625	6,36943	493,23	19359,3	157
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	5,06260	6,32911	496,37	19606,7	158
159	25281	4019679	12,6095	5,4175	5,06890	6,28931	499,51	19855,7	159
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	5,07517	6,25000	502,65	20106,2	160
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	5,08140	6,21118	505,80	20358,3	161
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	5,08760	6,17284	508,94	20612,0	162
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	5,09375	6,13497	512,08	20867,2	163
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	5,09987	6,09756	515,22	21124,1	164
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	5,10595	6,06061	518,36	21382,5	165
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	5,11199	6,02410	521,50	21642,4	166
167	27889	4657463	12,9228	5,5069	5,11799	5,98802	524,65	21904,0	167
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	5,12396	5,95238	527,79	22167,1	168
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	5,12990	5,91716	530,93	22431,8	169
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	5,13580	5,88235	534,07	22698,0	170
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	5,14166	5,84795	537,21	22965,8	171
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	5,14749	5,81395	540,35	23235,2	172
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	5,15329	5,78035	543,50	23506,2	173
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	5,15906	5,74713	546,64	23778,7	174
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	5,16479	5,71429	549,78	24052,8	175
176	30976	5451776	13,2665	5,6041	5,17048	5,68182	552,92	24328,5	176
177	31329	5545233	13,3041	5,6147	5,17615	5,64972	556,06	24605,7	177
178	31684	5639752	13,3417	5,6252	5,18178	5,61798	559,20	24884,6	178
179	32041	5735339	13,3791	5,6357	5,18739	5,58659	562,35	25164,9	179
180	32400	5832000	13,4164	5,6462	5,19296	5,55556	565,49	25446,9	180
181	32761	5929741	13,4536	5,6567	5,19850	5,52486	568,63	25730,4	181
182	33124	6028568	13,4907	5,6671	5,20401	5,49451	571,77	26015,5	182
183	33489	6128487	13,5277	5,6774	5,20949	5,46448	574,91	26302,2	183
184	33856	6229504	13,5647	5,6877	5,21494	5,43478	578,05	26590,4	184
185	34225	6331625	13,6015	5,6980	5,22036	5,40541	581,19	26880,3	185
186	34596	6434856	13,6382	5,7083	5,22575	5,37634	584,34	27171,6	186
187	34969	6539203	13,6748	5,7185	5,23111	5,34759	587,48	27464,6	187
188	35344	6644672	13,7113	5,7287	5,23644	5,31915	590,62	27759,1	188
189	35721	6751269	13,7477	5,7388	5,24175	5,29101	593,76	28055,2	189
190	36100	6859000	13,7840	5,7489	5,24702	5,26316	596,90	28352,9	190
191	36481	6967871	13,8203	5,7590	5,25227	5,23560	600,04	28652,1	191
192	36864	7077888	13,8564	5,7690	5,25750	5,20833	603,19	28952,9	192
193	37249	7189057	13,8924	5,7790	5,26269	5,18135	606,33	29255,3	193
194	37636	7301384	13,9284	5,7890	5,26786	5,15464	609,47	29559,2	194
195	38025	7414875	13,9642	5,7989	5,27300	5,12821	612,61	29864,8	195
196	38416	7529536	14,0000	5,8088	5,27811	5,10204	615,75	30171,9	196
197	38809	7645373	14,0357	5,8186	5,28320	5,07614	618,89	30480,5	197
198	39204	7762392	14,0712	5,8285	5,28827	5,05051	622,04	30790,7	198
199	39601	7880599	14,1067	5,8383	5,29330	5,02513	625,18	31102,6	199

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	5,29832	5,00000	628,32	31415,9	200
201	40401	8120601	14,1774	5,8578	5,30330	4,97512	631,46	31730,9	201
202	40804	8242408	14,2127	5,8675	5,30827	4,95050	634,60	32047,4	202
203	41209	8365427	14,2478	5,8771	5,31321	4,92611	637,74	32365,5	203
204	41616	8489664	14,2829	5,8868	5,31812	4,90196	640,88	32685,1	204
205	42025	8615125	14,3178	5,8964	5,32301	4,87805	644,03	33006,4	205
206	42436	8741816	14,3527	5,9059	5,32788	4,85437	647,17	33329,2	206
207	42849	8869743	14,3875	5,9155	5,33272	4,83092	650,31	33653,5	207
208	43264	8998912	14,4222	5,9250	5,33754	4,80769	653,45	33979,5	208
209	43681	9129329	14,4568	5,9345	5,34233	4,78469	656,59	34307,0	209
210	44100	9261000	14,4914	5,9439	5,34711	4,76190	659,73	34636,1	210
211	44521	9393931	14,5258	5,9533	5,35186	4,73934	662,88	34966,7	211
212	44944	9528128	14,5602	5,9627	5,35659	4,71698	666,02	35298,9	212
213	45369	9663597	14,5945	5,9721	5,36129	4,69484	669,16	35632,7	213
214	45796	9800344	14,6287	5,9814	5,36598	4,67290	672,30	35968,1	214
215	46225	9938375	14,6629	5,9907	5,37064	4,65116	675,44	36305,0	215
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	5,37528	4,62963	678,58	36643,5	216
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	5,37990	4,60829	681,73	36983,6	217
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	5,38450	4,58715	684,87	37325,3	218
219	47961	10503459	14,7986	6,0277	5,38907	4,56621	688,01	37668,5	219
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	5,39363	4,54545	691,15	38013,3	220
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	5,39816	4,52489	694,29	38359,6	221
222	49284	10941048	14,8997	6,0550	5,40268	4,50450	697,43	38707,6	222
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	5,40717	4,48430	700,58	39057,1	223
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	5,41165	4,46429	703,72	39408,1	224
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	5,41610	4,44444	706,86	39760,8	225
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	5,42053	4,42478	710,00	40115,0	226
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	5,42495	4,40529	713,14	40470,8	227
228	51984	11852352	15,0997	6,1091	5,42935	4,38596	716,28	40828,1	228
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	5,43372	4,36681	719,42	41187,1	229
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	5,43808	4,34783	722,57	41547,6	230
231	53361	12326391	15,1987	6,1358	5,44242	4,32900	725,71	41909,6	231
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	5,44674	4,31034	728,85	42273,3	232
233	54289	12649337	15,2643	6,1534	5,45104	4,29185	731,99	42638,5	233
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	5,45532	4,27350	735,13	43005,3	234
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	5,45959	4,25532	738,27	43373,6	235
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	5,46383	4,23729	741,42	43743,5	236
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	5,46806	4,21941	744,56	44115,0	237
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	5,47227	4,20168	747,70	44488,1	238
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	5,47646	4,18410	750,84	44862,7	239
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	5,48064	4,16667	753,98	45238,9	240
241	58081	13997521	15,5242	6,2231	5,48480	4,14938	757,12	45616,7	241
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	5,48894	4,13223	760,27	45996,1	242
243	59049	14348907	15,5885	6,2403	5,49306	4,11523	763,41	46377,0	243
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	5,49717	4,09836	766,55	46759,5	244
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	5,50126	4,08163	769,69	47143,5	245
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	5,50533	4,06504	772,83	47529,2	246
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	5,50939	4,04858	775,97	47916,4	247
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	5,51343	4,03226	779,11	48305,1	248
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	5,51745	4,01606	782,26	48695,5	249

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	5,52146	4,00000	785,40	49087,4	250
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	5,52545	3,98406	788,54	49480,9	251
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	5,52943	3,96825	791,68	49875,9	252
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	5,53339	3,95257	794,82	50272,6	253
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	5,53733	3,93701	797,96	50670,7	254
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	5,54126	3,92157	801,11	51070,5	255
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	5,54518	3,90625	804,25	51471,9	256
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	5,54908	3,89105	807,39	51874,8	257
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	5,55296	3,87597	810,53	52279,2	258
259	67081	17373979	16,0935	6,3743	5,55683	3,86100	813,67	52685,3	259
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	5,56068	3,84615	816,81	53092,9	260
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	5,56452	3,83142	819,96	53502,1	261
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	5,56834	3,81679	823,10	53912,9	262
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	5,57215	3,80228	826,24	54325,2	263
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	5,57595	3,78788	829,38	54739,1	264
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	5,57973	3,77358	832,52	55154,6	265
266	70756	18821096	16,3095	6,4312	5,58350	3,75940	835,66	55571,6	266
267	71289	19034163	16,3401	6,4393	5,58725	3,74532	838,81	55990,2	267
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	5,59099	3,73134	841,95	56410,4	268
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	5,59471	3,71747	845,09	56832,2	269
270	72900	19683000	16,4317	6,4633	5,59842	3,70370	848,23	57255,5	270
271	73441	19902511	16,4621	6,4713	5,60212	3,69004	851,37	57680,4	271
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	5,60580	3,67647	854,51	58106,9	272
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	5,60947	3,66300	857,65	58534,9	273
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	5,61313	3,64964	860,80	58964,6	274
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	5,61677	3,63636	863,94	59395,7	275
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	5,62040	3,62319	867,08	59828,5	276
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	5,62402	3,61011	870,22	60262,8	277
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	5,62762	3,59712	873,36	60698,7	278
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	5,63121	3,58423	876,50	61136,2	279
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	5,63479	3,57143	879,65	61575,2	280
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	5,63835	3,55872	882,79	62015,8	281
282	79524	22425768	16,7929	6,5577	5,64191	3,54610	885,93	62458,0	282
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	5,64545	3,53357	889,07	62901,8	283
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	5,64897	3,52113	892,21	63347,1	284
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	5,65249	3,50877	895,35	63794,0	285
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	5,65599	3,49650	898,50	64242,4	286
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	5,65948	3,48432	901,64	64692,5	287
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	5,66296	3,47222	904,78	65144,1	288
289	83521	24137569	17,0000	6,6115	5,66643	3,46021	907,92	65597,2	289
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	5,66988	3,44828	911,06	66052,0	290
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	5,67332	3,43643	914,20	66508,3	291
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	5,67675	3,42466	917,35	66966,2	292
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	5,68017	3,41297	920,49	67425,6	293
294	86436	25412184	17,1464	6,6494	5,68358	3,40136	923,63	67886,7	294
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	5,68698	3,38983	926,77	68349,3	295
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	5,69036	3,37838	929,91	68813,4	296
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	5,69373	3,36700	933,05	69279,2	297
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	5,69709	3,35570	936,19	69746,5	298
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	5,70044	3,34448	939,34	70215,4	299

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	5,70378	3,33333	942,48	70685,8	300
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	5,70711	3,32226	945,62	71157,9	301
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	5,71043	3,31126	948,76	71631,5	302
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	5,71373	3,30033	951,90	72106,6	303
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	5,71703	3,28947	955,04	72583,4	304
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	5,72031	3,27869	958,19	73061,7	305
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	5,72359	3,26797	961,33	73541,5	306
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	5,72685	3,25733	964,47	74023,0	307
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	5,73010	3,24675	967,61	74506,0	308
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	5,73334	3,23625	970,75	74990,6	309
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	5,73657	3,22581	973,89	75476,8	310
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	5,73979	3,21543	977,04	75964,5	311
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	5,74300	3,20513	980,18	76453,8	312
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	5,74620	3,19489	983,32	76944,7	313
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	5,74939	3,18471	986,46	77437,1	314
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	5,75257	3,17460	989,60	77931,1	315
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	5,75574	3,16456	992,74	78426,7	316
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	5,75890	3,15457	995,88	78923,9	317
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	5,76205	3,14465	999,03	79422,6	318
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	5,76519	3,13480	1002,2	79922,9	319
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	5,76832	3,12500	1005,3	80424,8	320
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	5,77144	3,11526	1008,5	80928,2	321
322	113684	33386248	17,9444	6,8541	5,77455	3,10559	1011,6	81433,2	322
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	5,77765	3,09598	1014,7	81939,8	323
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	5,78074	3,08642	1017,9	82448,0	324
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	5,78383	3,07692	1021,0	82957,7	325
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	5,78690	3,06748	1024,2	83469,0	326
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	5,78996	3,05810	1027,3	83981,8	327
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	5,79301	3,04878	1030,4	84496,3	328
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	5,79606	3,03951	1033,6	85012,3	329
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	5,79909	3,03030	1036,7	85529,9	330
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	5,80212	3,02115	1039,9	86049,0	331
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	5,80513	3,01205	1043,0	86569,7	332
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	5,80814	3,00300	1046,2	87092,0	333
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	5,81114	2,99401	1049,3	87615,9	334
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	5,81413	2,98507	1052,4	88141,4	335
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	5,81711	2,97619	1055,6	88668,3	336
337	113569	38272753	18,3576	6,9590	5,82008	2,96736	1058,7	89196,9	337
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	5,82305	2,95858	1061,9	89727,0	338
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	5,82600	2,94985	1065,0	90258,7	339
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	5,82895	2,94118	1068,1	90792,0	340
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	5,83188	2,93255	1071,3	91326,9	341
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	5,83481	2,92398	1074,4	91863,3	342
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	5,83773	2,91545	1077,6	92401,3	343
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	5,84064	2,90698	1080,7	92940,9	344
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	5,84354	2,89855	1083,8	93482,0	345
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	5,84644	2,89017	1087,0	94024,7	346
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	5,84932	2,88184	1090,1	94569,0	347
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	5,85220	2,87356	1093,3	95114,9	348
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	5,85507	2,86533	1096,4	95662,3	349

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	5,85793	2,85714	1099,6	96211,3	350
351	123201	43243551	18,7350	7,0540	5,86079	2,84900	1102,7	96761,8	351
352	123904	43614208	18,7617	7,0607	5,86363	2,84091	1105,8	97314,0	352
353	124609	43986977	18,7883	7,0674	5,86647	2,83286	1109,0	97867,7	353
354	125316	44361864	18,8149	7,0740	5,86930	2,82486	1112,1	98423,0	354
355	126025	44738875	18,8414	7,0807	5,87212	2,81690	1115,3	98979,8	355
356	126736	45118016	18,8680	7,0873	5,87493	2,80899	1118,4	99538,2	356
357	127449	45499293	18,8944	7,0940	5,87774	2,80112	1121,5	100098	357
358	128164	45882712	18,9209	7,1006	5,88053	2,79330	1124,7	100660	358
359	128881	46268279	18,9473	7,1072	5,88332	2,78552	1127,8	101223	359
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	5,88610	2,77778	1131,0	101788	360
361	130321	47045881	19,0000	7,1204	5,88888	2,77008	1134,1	102354	361
362	131044	47437928	19,0263	7,1269	5,89164	2,76243	1137,3	102922	362
363	131769	47832147	19,0526	7,1335	5,89440	2,75482	1140,4	103491	363
364	132496	48228544	19,0788	7,1400	5,89715	2,74725	1143,5	104062	364
365	133225	48627125	19,1050	7,1466	5,89990	2,73973	1146,7	104635	365
366	133956	49027896	19,1311	7,1531	5,90263	2,73224	1149,8	105209	366
367	134689	49430863	19,1572	7,1596	5,90536	2,72480	1153,0	105785	367
368	135424	49836032	19,1833	7,1661	5,90808	2,71739	1156,1	106362	368
369	136161	50243409	19,2094	7,1726	5,91080	2,71003	1159,2	106941	369
370	136900	50653000	19,2354	7,1791	5,91350	2,70270	1162,4	107521	370
371	137641	51064811	19,2614	7,1855	5,91620	2,69542	1165,5	108103	371
372	138384	51478848	19,2873	7,1920	5,91889	2,68817	1168,7	108687	372
373	139129	51895117	19,3132	7,1984	5,92158	2,68097	1171,8	109272	373
374	139876	52313624	19,3391	7,2048	5,92426	2,67380	1175,0	109858	374
375	140625	52734375	19,3649	7,2112	5,92693	2,66667	1178,1	110447	375
376	141376	53157376	19,3907	7,2177	5,92959	2,65957	1181,2	111036	376
377	142129	53582633	19,4165	7,2240	5,93225	2,65252	1184,4	111628	377
378	142884	54010152	19,4422	7,2304	5,93489	2,64550	1187,5	112221	378
379	143641	54439939	19,4679	7,2368	5,93754	2,63852	1190,7	112815	379
380	144400	54872000	19,4936	7,2432	5,94017	2,63158	1193,8	113411	380
381	145161	55306341	19,5192	7,2495	5,94280	2,62467	1196,9	114009	381
382	145924	55742968	19,5448	7,2558	5,94542	2,61780	1200,1	114608	382
383	146689	56181887	19,5704	7,2622	5,94803	2,61097	1203,2	115209	383
384	147456	56623104	19,5959	7,2685	5,95064	2,60417	1206,4	115812	384
385	148225	57066625	19,6214	7,2748	5,95324	2,59740	1209,5	116416	385
386	148996	57512456	19,6469	7,2811	5,95584	2,59067	1212,7	117021	386
387	149769	57960603	19,6723	7,2874	5,95842	2,58398	1215,8	117628	387
388	150544	58411072	19,6977	7,2936	5,96101	2,57732	1218,9	118237	388
389	151321	58863869	19,7231	7,2999	5,96358	2,57069	1222,1	118847	389
390	152100	59319000	19,7484	7,3061	5,96615	2,56410	1225,2	119459	390
391	152881	59776471	19,7737	7,3124	5,96871	2,55754	1228,4	120072	391
392	153664	60236288	19,7990	7,3186	5,97126	2,55102	1231,5	120687	392
393	154449	60698457	19,8242	7,3248	5,97381	2,54453	1234,6	121304	393
394	155236	61162984	19,8494	7,3310	5,97635	2,53807	1237,8	121922	394
395	156025	61629875	19,8746	7,3372	5,97889	2,53165	1240,9	122542	395
396	156816	62099136	19,8997	7,3434	5,98141	2,52525	1244,1	123163	396
397	157609	62570773	19,9249	7,3496	5,98394	2,51889	1247,2	123786	397
398	158404	63044792	19,9499	7,3558	5,98645	2,51256	1250,4	124410	398
399	159201	63521199	19,9750	7,3619	5,98896	2,50627	1253,5	125036	399

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	5,99146	2,50000	1256,6	125664	400
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	5,99396	2,49377	1259,8	126293	401
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	5,99645	2,48756	1262,9	126923	402
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	5,99894	2,48139	1266,1	127556	403
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	6,00141	2,47525	1269,2	128190	404
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	6,00389	2,46914	1272,3	128825	405
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	6,00635	2,46305	1275,5	129462	406
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	6,00881	2,45700	1278,6	130100	407
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	6,01127	2,45098	1281,8	130741	408
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	6,01372	2,44499	1284,9	131382	409
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	6,01616	2,43902	1288,1	132025	410
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	6,01859	2,43309	1291,2	132670	411
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	6,02102	2,42718	1294,3	133317	412
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	6,02345	2,42131	1297,5	133965	413
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	6,02587	2,41546	1300,6	134614	414
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	6,02828	2,40964	1303,8	135265	415
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	6,03069	2,40385	1306,9	135918	416
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	6,03309	2,39808	1310,0	136572	417
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	6,03548	2,39234	1313,2	137228	418
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	6,03787	2,38663	1316,3	137885	419
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	6,04025	2,38095	1319,5	138544	420
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	6,04263	2,37520	1322,6	139205	421
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	6,04501	2,36967	1325,8	139867	422
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	6,04737	2,36407	1328,9	140531	423
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	6,04973	2,35849	1332,0	141196	424
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	6,05209	2,35294	1335,2	141863	425
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	6,05444	2,34742	1338,3	142531	426
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	6,05678	2,34192	1341,5	143201	427
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	6,05912	2,33645	1344,6	143872	428
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	6,06146	2,33100	1347,7	144545	429
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	6,06379	2,32558	1350,9	145220	430
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	6,06611	2,32019	1354,0	145896	431
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	6,06843	2,31481	1357,2	146574	432
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	6,07074	2,30947	1360,3	147254	433
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	6,07304	2,30415	1363,5	147934	434
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	6,07535	2,29885	1366,6	148617	435
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	6,07764	2,29358	1369,7	149301	436
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	6,07993	2,28833	1372,9	149987	437
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	6,08222	2,28311	1376,0	150674	438
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	6,08450	2,27790	1379,2	151363	439
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	6,08677	2,27273	1382,3	152053	440
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	6,08904	2,26757	1385,4	152745	441
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	6,09131	2,26244	1388,6	153439	442
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	6,09357	2,25734	1391,7	154134	443
444	197136	87528384	21,0713	7,6289	6,09582	2,25225	1394,9	154830	444
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	6,09807	2,24719	1398,0	155528	445
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	6,10032	2,24215	1401,2	156228	446
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	6,10256	2,23714	1404,3	156930	447
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	6,10479	2,23214	1407,4	157633	448
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	6,10702	2,22717	1410,6	158337	449

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	6,10925	2,22222	1413,7	159043	450
451	203401	91733851	21,2368	7,6688	6,11147	2,21729	1416,9	159751	451
452	204304	92345408	21,2603	7,6744	6,11368	2,21239	1420,0	160460	452
453	205209	92959677	21,2838	7,6801	6,11589	2,20751	1423,1	161171	453
454	206116	93576664	21,3073	7,6857	6,11810	2,20264	1426,3	161883	454
455	207025	94196375	21,3307	7,6914	6,12030	2,19780	1429,4	162597	455
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	6,12249	2,19298	1432,6	163313	456
457	208849	95443993	21,3776	7,7026	6,12468	2,18818	1435,7	164030	457
458	209764	96071912	21,4009	7,7082	6,12687	2,18341	1438,8	164748	458
459	210681	96702579	21,4243	7,7138	6,12905	2,17865	1442,0	165468	459
460	211600	97336000	21,4476	7,7194	6,13123	2,17391	1445,1	166190	460
461	212521	97972181	21,4709	7,7250	6,13340	2,16920	1448,3	166914	461
462	213444	98611128	21,4942	7,7306	6,13556	2,16450	1451,4	167639	462
463	214369	99252847	21,5174	7,7362	6,13773	2,15983	1454,6	168365	463
464	215296	99897344	21,5407	7,7418	6,13988	2,15517	1457,7	169093	464
465	216225	100544625	21,5639	7,7473	6,14204	2,15054	1460,8	169823	465
466	217156	101194696	21,5870	7,7529	6,14419	2,14592	1464,0	170554	466
467	218089	101847563	21,6102	7,7584	6,14633	2,14133	1467,1	171287	467
468	219024	102503232	21,6333	7,7639	6,14847	2,13675	1470,3	172021	468
469	219961	103161709	21,6564	7,7695	6,15060	2,13220	1473,4	172757	469
470	220900	103823000	21,6795	7,7750	6,15273	2,12766	1476,5	173494	470
471	221841	104487111	21,7025	7,7805	6,15486	2,12314	1479,7	174234	471
472	222784	105154048	21,7255	7,7860	6,15698	2,11864	1482,8	174974	472
473	223729	105823817	21,7486	7,7915	6,15910	2,11416	1486,0	175716	473
474	224676	106496424	21,7715	7,7970	6,16121	2,10970	1489,1	176460	474
475	225625	107171875	21,7945	7,8025	6,16331	2,10526	1492,3	177205	475
476	226576	107850176	21,8174	7,8079	6,16542	2,10084	1495,4	177952	476
477	227529	108531333	21,8403	7,8134	6,16752	2,09644	1498,5	178701	477
478	228484	109215352	21,8632	7,8188	6,16961	2,09205	1501,7	179451	478
479	229441	109902239	21,8861	7,8243	6,17170	2,08768	1504,8	180203	479
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	6,17379	2,08333	1508,0	180956	480
481	231361	111284641	21,9317	7,8352	6,17587	2,07900	1511,1	181711	481
482	232324	111980168	21,9545	7,8406	6,17794	2,07469	1514,2	182467	482
483	233289	112678587	21,9773	7,8460	6,18002	2,07039	1517,4	183225	483
484	234256	113379904	22,0000	7,8514	6,18208	2,06612	1520,5	183984	484
485	235225	114084125	22,0227	7,8568	6,18415	2,06186	1523,7	184745	485
486	236196	114791263	22,0454	7,8622	6,18621	2,05761	1526,8	185508	486
487	237169	115501333	22,0681	7,8676	6,18826	2,05339	1530,0	186272	487
488	238144	116214272	22,0907	7,8730	6,19032	2,04918	1533,1	187038	488
489	239121	116930169	22,1133	7,8784	6,19236	2,04499	1536,2	187805	489
490	240100	117649000	22,1359	7,8837	6,19441	2,04082	1539,4	188574	490
491	241081	118370771	22,1585	7,8891	6,19644	2,03666	1542,5	189345	491
492	242064	119095488	22,1811	7,8944	6,19848	2,03252	1545,7	190117	492
493	243049	119823157	22,2036	7,8998	6,20051	2,02840	1548,8	190890	493
494	244036	120553784	22,2261	7,9051	6,20254	2,02429	1551,9	191665	494
495	245025	121287375	22,2486	7,9105	6,20456	2,02020	1555,1	192442	495
496	246016	122023936	22,2711	7,9158	6,20658	2,01613	1558,2	193221	496
497	247009	122763473	22,2935	7,9211	6,20859	2,01207	1561,4	194000	497
498	248004	123505992	22,3159	7,9264	6,21060	2,00803	1564,5	194782	498
499	249001	124251499	22,3383	7,9317	6,21261	2,00401	1567,7	195565	499

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	6,21461	2,00000	1570,8	196350	500
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	6,21661	1,99601	1573,9	197136	501
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	6,21860	1,99203	1577,1	197923	502
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	6,22059	1,98807	1580,2	198713	503
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	6,22258	1,98413	1583,4	199504	504
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	6,22456	1,98020	1586,5	200296	505
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	6,22654	1,97628	1589,6	201090	506
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	6,22851	1,97239	1592,8	201886	507
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	6,23048	1,96850	1595,9	202683	508
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	6,23245	1,96464	1599,1	203482	509
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	6,23441	1,96078	1602,2	204282	510
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	6,23637	1,95695	1605,4	205084	511
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	6,23832	1,95312	1608,5	205887	512
513	263169	135005697	22,6495	8,0052	6,24028	1,94932	1611,6	206692	513
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	6,24222	1,94553	1614,8	207499	514
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	6,24417	1,94175	1617,9	208307	515
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	6,24611	1,93798	1621,1	209117	516
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	6,24804	1,93424	1624,2	209928	517
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	6,24998	1,93050	1627,3	210741	518
519	269361	139798359	22,7816	8,0363	6,25190	1,92678	1630,5	211556	519
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	6,25383	1,92308	1633,6	212372	520
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	6,25575	1,91939	1636,8	213189	521
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	6,25767	1,91571	1639,9	214008	522
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	6,25958	1,91205	1643,1	214829	523
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	6,26149	1,90840	1646,2	215651	524
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	6,26340	1,90476	1649,3	216475	525
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	6,26530	1,90114	1652,5	217301	526
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	6,26720	1,89753	1655,6	218128	527
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	6,26910	1,89394	1658,8	218956	528
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	6,27099	1,89036	1661,9	219787	529
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	6,27288	1,88679	1665,0	220618	530
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	6,27476	1,88324	1668,2	221452	531
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	6,27664	1,87970	1671,3	222287	532
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	6,27852	1,87617	1674,5	223123	533
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	6,28040	1,87266	1677,6	223961	534
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	6,28227	1,86916	1680,8	224801	535
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	6,28413	1,86567	1683,9	225642	536
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	6,28600	1,86220	1687,0	226484	537
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	6,28786	1,85874	1690,2	227329	538
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	6,28972	1,85529	1693,3	228175	539
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	6,29157	1,85185	1696,5	229022	540
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	6,29342	1,84843	1699,6	229871	541
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	6,29527	1,84502	1702,7	230722	542
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	6,29711	1,84162	1705,9	231574	543
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	6,29895	1,83824	1709,0	232428	544
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	6,30079	1,83486	1712,2	233283	545
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	6,30262	1,83150	1715,3	234140	546
547	299209	163667327	23,3880	8,1783	6,30445	1,82815	1718,5	234998	547
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	6,30628	1,82482	1721,6	235858	548
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	6,30810	1,82149	1724,7	236720	549

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	6,30992	1,81818	1727,9	237583	550
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	6,31173	1,81488	1731,0	238448	551
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	6,31355	1,81159	1734,2	239314	552
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	6,31536	1,80832	1737,3	240182	553
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	6,31716	1,80505	1740,4	241051	554
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	6,31897	1,80180	1743,6	241922	555
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	6,32077	1,79856	1746,7	242795	556
557	310249	172808693	23,6008	8,2278	6,32257	1,79533	1749,9	243669	557
558	311364	173741112	23,6220	8,2327	6,32436	1,79211	1753,0	244545	558
559	312481	174676879	23,6432	8,2377	6,32615	1,78891	1756,2	245422	559
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	6,32794	1,78571	1759,3	246301	560
561	314721	176558481	23,6854	8,2475	6,32972	1,78253	1762,4	247181	561
562	315844	177504328	23,7065	8,2524	6,33150	1,77936	1765,6	248063	562
563	316969	178453547	23,7276	8,2573	6,33328	1,77620	1768,7	248947	563
564	318096	179406144	23,7487	8,2621	6,33505	1,77305	1771,9	249832	564
565	319225	180362125	23,7697	8,2670	6,33683	1,76991	1775,0	250719	565
566	320356	181321496	23,7908	8,2719	6,33859	1,76678	1778,1	251607	566
567	321489	182284263	23,8118	8,2768	6,34036	1,76367	1781,3	252497	567
568	322624	183250432	23,8328	8,2816	6,34212	1,76056	1784,4	253388	568
569	323761	184220009	23,8537	8,2865	6,34388	1,75747	1787,6	254281	569
570	324900	185193000	23,8747	8,2913	6,34564	1,75439	1790,7	255176	570
571	326041	186169411	23,8956	8,2962	6,34739	1,75131	1793,8	256072	571
572	327184	187149248	23,9165	8,3010	6,34914	1,74825	1797,0	256970	572
573	328329	188132517	23,9374	8,3059	6,35089	1,74520	1800,1	257869	573
574	329476	189119224	23,9583	8,3107	6,35263	1,74216	1803,3	258770	574
575	330625	190109375	23,9792	8,3155	6,35437	1,73913	1806,4	259672	575
576	331776	191102976	24,0000	8,3203	6,35611	1,73611	1809,6	260576	576
577	332929	192100033	24,0208	8,3251	6,35784	1,73310	1812,7	261482	577
578	334084	193100552	24,0416	8,3300	6,35957	1,73010	1815,8	262389	578
579	335241	194104539	24,0624	8,3348	6,36130	1,72712	1819,0	263298	579
580	336400	195112000	24,0832	8,3396	6,36303	1,72414	1822,1	264208	580
581	337561	196122941	24,1039	8,3443	6,36475	1,72117	1825,3	265120	581
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	6,36647	1,71821	1828,4	266033	582
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	6,36819	1,71527	1831,6	266948	583
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	6,36990	1,71233	1834,7	267865	584
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	6,37161	1,70940	1837,8	268783	585
586	343396	201230056	24,2074	8,3682	6,37332	1,70648	1841,0	269703	586
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	6,37502	1,70358	1844,1	270624	587
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	6,37673	1,70068	1847,3	271547	588
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	6,37843	1,69779	1850,4	272471	589
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	6,38012	1,69492	1853,5	273397	590
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	6,38182	1,69205	1856,7	274325	591
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	6,38351	1,68919	1859,8	275254	592
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	6,38519	1,68634	1863,0	276184	593
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	6,38688	1,68350	1866,1	277117	594
595	354025	210644875	24,3926	8,4108	6,38856	1,68067	1869,2	278051	595
596	355216	211708736	24,4131	8,4155	6,39024	1,67785	1872,4	278986	596
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	6,39192	1,67504	1875,5	279923	597
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	6,39359	1,67224	1878,7	280862	598
599	358801	214921799	24,4745	8,4296	6,39526	1,66945	1881,8	281802	599

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	6,39693	1,66667	1885,0	282743	600
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	6,39859	1,66689	1888,1	283687	601
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	6,40026	1,66113	1891,2	284631	602
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	6,40192	1,65837	1894,4	285578	603
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	6,40357	1,65563	1897,5	286526	604
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	6,40523	1,65289	1900,7	287475	605
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	6,40688	1,65017	1903,8	288426	606
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	6,40853	1,64745	1906,9	289379	607
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	6,41017	1,64474	1910,1	290333	608
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	6,41182	1,64204	1913,2	291289	609
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	6,41346	1,63934	1916,4	292247	610
611	373321	228099131	24,7184	8,4856	6,41510	1,63666	1919,5	293206	611
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	6,41673	1,63399	1922,7	294166	612
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	6,41836	1,63132	1925,8	295128	613
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	6,41999	1,62866	1928,9	296092	614
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	6,42162	1,62602	1932,1	297057	615
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	6,42325	1,62338	1935,2	298024	616
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	6,42487	1,62075	1938,4	298992	617
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	6,42649	1,61812	1941,5	299962	618
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	6,42811	1,61551	1944,6	300934	619
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	6,42972	1,61290	1947,8	301907	620
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	6,43133	1,61031	1950,9	302882	621
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	6,43294	1,60772	1954,1	303858	622
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	6,43455	1,60514	1957,2	304836	623
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	6,43615	1,60256	1960,4	305815	624
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	6,43775	1,60000	1963,5	306796	625
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	6,43935	1,59744	1966,6	307779	626
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	6,44095	1,59490	1969,8	308763	627
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	6,44254	1,59236	1972,9	309748	628
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	6,44413	1,58983	1976,1	310736	629
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	6,44572	1,58730	1979,2	311725	630
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	6,44731	1,58479	1982,3	312715	631
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	6,44889	1,58228	1985,5	313707	632
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	6,45047	1,57978	1988,6	314700	633
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	6,45205	1,57729	1991,8	315696	634
635	403225	256047875	25,1992	8,5952	6,45362	1,57480	1994,9	316692	635
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	6,45520	1,57233	1998,1	317690	636
637	405769	258474853	25,2389	8,6043	6,45677	1,56986	2001,2	318690	637
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	6,45834	1,56740	2004,3	319692	638
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	6,45990	1,56495	2007,5	320695	639
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	6,46147	1,56250	2010,6	321699	640
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	6,46303	1,56006	2013,8	322705	641
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	6,46459	1,55763	2016,9	323713	642
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	6,46614	1,55521	2020,0	324722	643
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	6,46770	1,55280	2023,2	325733	644
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	6,46925	1,55039	2026,3	326745	645
646	417316	269586136	25,4165	8,6446	6,47080	1,54799	2029,5	327759	646
647	418609	270840033	25,4362	8,6490	6,47235	1,54560	2032,6	328775	647
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	6,47389	1,54321	2035,8	329792	648
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	6,47543	1,54083	2038,9	330810	649

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	6,47697	1,53846	2042,0	331831	650
651	423801	275894451	25,5147	8,6668	6,47851	1,53610	2045,2	332853	651
652	425104	277167808	25,5343	8,6713	6,48004	1,53374	2048,3	333876	652
653	426409	278445077	25,5539	8,6757	6,48158	1,53139	2051,5	334901	653
654	427716	279726264	25,5734	8,6801	6,48311	1,52905	2054,6	335927	654
655	429025	281011375	25,5930	8,6845	6,48464	1,52672	2057,7	336955	655
656	430336	282300416	25,6125	8,6890	6,48616	1,52439	2060,9	337985	656
657	431649	283593393	25,6320	8,6934	6,48768	1,52207	2064,0	339016	657
658	432964	284890312	25,6515	8,6978	6,48920	1,51976	2067,2	340049	658
659	434281	286191179	25,6710	8,7022	6,49072	1,51745	2070,3	341083	659
660	435600	287496000	25,6905	8,7066	6,49224	1,51515	2073,5	342119	660
661	436921	288804781	25,7099	8,7110	6,49375	1,51286	2076,6	343157	661
662	438244	290117528	25,7294	8,7154	6,49527	1,51057	2079,7	344196	662
663	439569	291434247	25,7488	8,7198	6,49677	1,50830	2082,9	345237	663
664	440896	292754944	25,7682	8,7241	6,49828	1,50602	2086,0	346279	664
665	442225	294079625	25,7876	8,7285	6,49979	1,50376	2089,2	347323	665
666	443556	295408296	25,8070	8,7329	6,50129	1,50150	2092,3	348368	666
667	444889	296740963	25,8263	8,7373	6,50279	1,49925	2095,4	349415	667
668	446224	298077632	25,8457	8,7416	6,50429	1,49701	2098,6	350464	668
669	447561	299418309	25,8650	8,7460	6,50578	1,49477	2101,7	351514	669
670	448900	300763000	25,8844	8,7503	6,50728	1,49254	2104,9	352565	670
671	450241	302111711	25,9037	8,7547	6,50877	1,49031	2108,0	353618	671
672	451584	303464448	25,9230	8,7590	6,51026	1,48810	2111,2	354673	672
673	452929	304821217	25,9422	8,7634	6,51175	1,48588	2114,3	355730	673
674	454276	306182024	25,9615	8,7677	6,51323	1,48368	2117,4	356788	674
675	455625	307546875	25,9808	8,7721	6,51471	1,48148	2120,6	357847	675
676	456976	308915776	26,0000	8,7764	6,51619	1,47929	2123,7	358908	676
677	458329	310288733	26,0192	8,7807	6,51767	1,47710	2126,9	359971	677
678	459684	311665752	26,0384	8,7850	6,51915	1,47493	2130,0	361035	678
679	461041	313046839	26,0576	8,7893	6,52062	1,47275	2133,1	362101	679
680	462400	314432000	26,0768	8,7937	6,52209	1,47059	2136,3	363168	680
681	463761	315821241	26,0960	8,7980	6,52356	1,46843	2139,4	364237	681
682	465124	317214568	26,1151	8,8023	6,52503	1,46628	2142,6	365308	682
683	466489	318611987	26,1343	8,8066	6,52649	1,46413	2145,7	366380	683
684	467856	320013504	26,1534	8,8109	6,52796	1,46199	2148,8	367453	684
685	469225	321419125	26,1725	8,8152	6,52942	1,45985	2152,0	368528	685
686	470596	322828856	26,1916	8,8194	6,53088	1,45773	2155,1	369605	686
687	471969	324242703	26,2107	8,8237	6,53233	1,45560	2158,3	370684	687
688	473344	325660672	26,2298	8,8280	6,53379	1,45349	2161,4	371764	688
689	474721	327082769	26,2488	8,8323	6,53524	1,45138	2164,6	372845	689
690	476100	328509000	26,2679	8,8366	6,53669	1,44928	2167,7	373928	690
691	477481	329939371	26,2869	8,8408	6,53814	1,44718	2170,8	375013	691
692	478864	331373888	26,3059	8,8451	6,53959	1,44509	2174,0	376099	692
693	480249	332812557	26,3249	8,8493	6,54103	1,44300	2177,1	377187	693
694	481636	334255384	26,3439	8,8536	6,54247	1,44092	2180,3	378276	694
695	483025	335702375	26,3629	8,8578	6,54391	1,43885	2183,4	379367	695
696	484416	337153536	26,3818	8,8621	6,54535	1,43678	2186,5	380459	696
697	485809	338608873	26,4008	8,8663	6,54679	1,43472	2189,7	381553	697
698	487204	340068392	26,4197	8,8706	6,54822	1,43266	2192,8	382649	698
699	488601	341532099	26,4386	8,8748	6,54965	1,43062	2196,0	383746	699

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	6,55108	1,42857	2199,1	384845	700
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	6,55251	1,42653	2202,3	385945	701
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	6,55393	1,42450	2205,4	387047	702
703	494209	347428927	26,5141	8,8917	6,55536	1,42248	2208,5	388151	703
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	6,55678	1,42045	2211,7	389256	704
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	6,55820	1,41844	2214,8	390363	705
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	6,55962	1,41643	2218,0	391471	706
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	6,56103	1,41443	2221,1	392580	707
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	6,56244	1,41243	2224,2	393692	708
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	6,56386	1,41044	2227,4	394805	709
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	6,56526	1,40845	2230,5	395919	710
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	6,56667	1,40647	2233,7	397035	711
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	6,56808	1,40449	2236,8	398153	712
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	6,56948	1,40252	2240,0	399272	713
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	6,57088	1,40056	2243,1	400393	714
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	6,57228	1,39860	2246,2	401515	715
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	6,57368	1,39665	2249,4	402639	716
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	6,57508	1,39470	2252,5	403765	717
718	515524	370146232	26,7955	8,9545	6,57647	1,39276	2255,7	404892	718
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	6,57786	1,39082	2258,8	406020	719
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	6,57925	1,38889	2261,9	407150	720
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	6,58064	1,38696	2265,1	408282	721
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	6,58203	1,38504	2268,2	409415	722
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	6,58341	1,38313	2271,4	410550	723
724	524176	379503424	26,9072	8,9794	6,58479	1,38122	2274,5	411687	724
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	6,58617	1,37931	2277,7	412825	725
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	6,58755	1,37741	2280,8	413965	726
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	6,58893	1,37552	2283,9	415106	727
728	529984	385828352	26,9815	8,9959	6,59030	1,37363	2287,1	416248	728
729	531441	387420489	27,0000	9,0000	6,59167	1,37174	2290,2	417393	729
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	6,59304	1,36986	2293,4	418539	730
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	6,59441	1,36799	2296,5	419686	731
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	6,59578	1,36612	2299,6	420835	732
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	6,59715	1,36426	2302,8	421986	733
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	6,59851	1,36240	2305,9	423138	734
735	540225	397065375	27,1109	9,0246	6,59987	1,36054	2309,1	424293	735
736	541696	398688256	27,1293	9,0287	6,60123	1,35870	2312,2	425447	736
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	6,60259	1,35685	2315,4	426604	737
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	6,60394	1,35501	2318,5	427762	738
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	6,60530	1,35318	2321,6	428922	739
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	6,60665	1,35135	2324,8	430084	740
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	6,60800	1,34953	2327,9	431247	741
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	6,60935	1,34771	2331,1	432412	742
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	6,61070	1,34590	2334,2	433578	743
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	6,61204	1,34409	2337,3	434746	744
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	6,61338	1,34228	2340,5	435916	745
746	556516	415160936	27,3130	9,0694	6,61473	1,34048	2343,6	437087	746
747	558009	416832723	27,3313	9,0735	6,61607	1,33869	2346,8	438259	747
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	6,61740	1,33690	2349,9	439433	748
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	6,61874	1,33511	2353,1	440609	749

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	6,62007	1,33333	2356,2	441786	750
751	564001	423564751	27,4044	9,0896	6,62141	1,33156	2359,3	442965	751
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	6,62274	1,32979	2362,5	444146	752
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	6,62407	1,32802	2365,6	445328	753
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	6,62539	1,32626	2368,8	446511	754
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	6,62672	1,32450	2371,9	447697	755
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	6,62804	1,32275	2375,0	448883	756
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	6,62936	1,32100	2378,2	450072	757
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	6,63068	1,31926	2381,3	451262	758
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	6,63200	1,31752	2384,5	452453	759
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	6,63332	1,31579	2387,6	453646	760
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	6,63463	1,31406	2390,8	454841	761
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	6,63595	1,31234	2393,9	456037	762
763	582169	444194947	27,6225	9,1378	6,63726	1,31062	2397,0	457234	763
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	6,63857	1,30890	2400,2	458434	764
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	6,63988	1,30719	2403,3	459635	765
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	6,64118	1,30548	2406,5	460837	766
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	6,64249	1,30378	2409,6	462041	767
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	6,64379	1,30208	2412,7	463247	768
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	6,64509	1,30039	2415,9	464454	769
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	6,64639	1,29870	2419,0	465663	770
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	6,64769	1,29702	2422,2	466873	771
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	6,64898	1,29534	2425,3	468085	772
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	6,65028	1,29366	2428,5	469298	773
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	6,65157	1,29199	2431,6	470513	774
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	6,65286	1,29032	2434,7	471730	775
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	6,65415	1,28866	2437,9	472948	776
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	6,65544	1,28700	2441,0	474168	777
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	6,65673	1,28535	2444,2	475389	778
779	606841	472729139	27,9106	9,2012	6,65801	1,28370	2447,3	476612	779
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	6,65929	1,28205	2450,4	477836	780
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	6,66058	1,28041	2453,6	479062	781
782	611524	478211768	27,9643	9,2130	6,66185	1,27877	2456,7	480290	782
783	613089	480048687	27,9821	9,2170	6,66313	1,27714	2459,9	481519	783
784	614656	481890304	28,0000	9,2209	6,66441	1,27551	2463,0	482750	784
785	616225	483736625	28,0179	9,2248	6,66568	1,27389	2466,2	483982	785
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	6,66696	1,27226	2469,3	485216	786
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	6,66823	1,27065	2472,4	486451	787
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	6,66950	1,26904	2475,6	487688	788
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	6,67077	1,26743	2478,7	488927	789
790	624100	493039000	28,1069	9,2443	6,67203	1,26582	2481,9	490167	790
791	625681	494913671	28,1247	9,2482	6,67330	1,26422	2485,0	491409	791
792	627264	496793088	28,1425	9,2521	6,67456	1,26263	2488,1	492652	792
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	6,67582	1,26103	2491,3	493897	793
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	6,67708	1,25945	2494,4	495143	794
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	6,67834	1,25786	2497,6	496391	795
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	6,67960	1,25628	2500,7	497641	796
797	635209	506261573	28,2312	9,2716	6,68085	1,25471	2503,8	498892	797
798	636804	508169592	28,2489	9,2754	6,68211	1,25313	2507,0	500145	798
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	6,68336	1,25156	2510,1	501399	799

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	6,68461	1,25000	2513,3	502655	800
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	6,68586	1,24844	2516,4	503912	801
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	6,68711	1,24688	2519,6	505171	802
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	6,68835	1,24533	2522,7	506432	803
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	6,68960	1,24378	2525,8	507694	804
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	6,69084	1,24224	2529,0	508958	805
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	6,69208	1,24069	2532,1	510223	806
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	6,69332	1,23916	2535,3	511490	807
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	6,69456	1,23762	2538,4	512758	808
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	6,69580	1,23609	2541,5	514028	809
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	6,69703	1,23457	2544,7	515300	810
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	6,69827	1,23305	2547,8	516573	811
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	6,69950	1,23153	2551,0	517848	812
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	6,70073	1,23001	2554,1	519124	813
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	6,70196	1,22850	2557,3	520402	814
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	6,70319	1,22699	2560,4	521681	815
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	6,70441	1,22549	2563,5	522962	816
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	6,70564	1,22399	2566,7	524245	817
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	6,70686	1,22249	2569,8	525529	818
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	6,70808	1,22100	2573,0	526814	819
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	6,70930	1,21951	2576,1	528102	820
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	6,71052	1,21803	2579,2	529391	821
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	6,71174	1,21655	2582,4	530681	822
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	6,71296	1,21507	2585,5	531973	823
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	6,71417	1,21359	2588,7	533267	824
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	6,71538	1,21212	2591,8	534562	825
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	6,71659	1,21065	2595,0	535858	826
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	6,71780	1,20919	2598,1	537157	827
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	6,71901	1,20773	2601,2	538456	828
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	6,72022	1,20627	2604,4	539758	829
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	6,72143	1,20482	2607,5	541061	830
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	6,72263	1,20337	2610,7	542365	831
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	6,72383	1,20192	2613,8	543671	832
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	6,72503	1,20048	2616,9	544979	833
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	6,72623	1,19904	2620,1	546288	834
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	6,72743	1,19760	2623,2	547599	835
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	6,72863	1,19617	2626,4	548912	836
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	6,72982	1,19474	2629,5	550226	837
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	6,73102	1,19332	2632,7	551541	838
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	6,73221	1,19190	2635,8	552858	839
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	6,73340	1,19048	2638,9	554177	840
841	707281	594823321	29,0000	9,4391	6,73459	1,18906	2642,1	555497	841
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	6,73578	1,18765	2645,2	556819	842
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	6,73697	1,18624	2648,4	558142	843
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	6,73815	1,18483	2651,5	559467	844
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	6,73934	1,18343	2654,6	560794	845
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	6,74052	1,18203	2657,8	562122	846
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	6,74170	1,18064	2660,9	563452	847
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	6,74288	1,17925	2664,1	564783	848
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	6,74406	1,17786	2667,2	566116	849

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	6,74524	1,17647	2670,4	567450	850
851	724201	616295051	29,1719	9,4764	6,74641	1,17509	2673,5	568786	851
852	725904	618470208	29,1890	9,4801	6,74759	1,17371	2676,6	570124	852
853	727609	620650477	29,2062	9,4838	6,74876	1,17233	2679,8	571463	853
854	729316	622835864	29,2233	9,4875	6,74993	1,17096	2682,9	572803	854
855	731025	625026375	29,2404	9,4912	6,75110	1,16959	2686,1	574146	855
856	732736	627222016	29,2575	9,4949	6,75227	1,16822	2689,2	575490	856
857	734449	629422793	29,2746	9,4986	6,75344	1,16686	2692,3	576835	857
858	736164	631628712	29,2916	9,5023	6,75460	1,16550	2695,5	578182	858
859	737881	633839779	29,3087	9,5060	6,75577	1,16414	2698,6	579530	859
860	739600	636056000	29,3258	9,5097	6,75693	1,16279	2701,8	580880	860
861	741321	638277381	29,3428	9,5134	6,75809	1,16144	2704,9	582232	861
862	743044	640503928	29,3598	9,5171	6,75926	1,16009	2708,1	583585	862
863	744769	642735647	29,3769	9,5207	6,76041	1,15875	2711,2	584940	863
864	746496	644972544	29,3939	9,5244	6,76157	1,15741	2714,3	586297	864
865	748225	647214625	29,4109	9,5281	6,76273	1,15607	2717,5	587655	865
866	749956	649461896	29,4279	9,5317	6,76388	1,15473	2720,6	589014	866
867	751689	651714363	29,4449	9,5354	6,76504	1,15340	2723,8	590375	867
868	753424	653972032	29,4618	9,5391	6,76619	1,15207	2726,9	591738	868
869	755161	656234909	29,4788	9,5427	6,76734	1,15075	2730,0	593102	869
870	756900	658503000	29,4958	9,5464	6,76849	1,14943	2733,2	594468	870
871	758641	660776311	29,5127	9,5501	6,76964	1,14811	2736,3	595835	871
872	760384	663054848	29,5296	9,5537	6,77079	1,14679	2739,5	597204	872
873	762129	665338617	29,5466	9,5574	6,77194	1,14548	2742,6	598575	873
874	763876	667627624	29,5635	9,5610	6,77308	1,14416	2745,8	599947	874
875	765625	669921875	29,5804	9,5647	6,77422	1,14286	2748,9	601320	875
876	767376	672221376	29,5973	9,5683	6,77537	1,14155	2752,0	602696	876
877	769129	674526133	29,6142	9,5719	6,77651	1,14025	2755,2	604073	877
878	770884	676836152	29,6311	9,5756	6,77765	1,13895	2758,3	605451	878
879	772641	679151439	29,6479	9,5792	6,77878	1,13766	2761,5	606831	879
880	774400	681472000	29,6648	9,5828	6,77992	1,13636	2764,6	608212	880
881	776161	683797841	29,6816	9,5865	6,78106	1,13507	2767,7	609595	881
882	777924	686128968	29,6985	9,5901	6,78219	1,13379	2770,9	610980	882
883	779689	688465387	29,7153	9,5937	6,78333	1,13250	2774,0	612366	883
884	781456	690807104	29,7321	9,5973	6,78446	1,13122	2777,2	613754	884
885	783225	693154125	29,7489	9,6010	6,78559	1,12994	2780,3	615143	885
886	784996	695506456	29,7658	9,6046	6,78672	1,12867	2783,5	616534	886
887	786769	697864103	29,7825	9,6082	6,78784	1,12740	2786,6	617927	887
888	788544	700227072	29,7993	9,6118	6,78897	1,12613	2789,7	619321	888
889	790321	702595369	29,8161	9,6154	6,79010	1,12486	2792,9	620717	889
890	792100	704969000	29,8329	9,6190	6,79122	1,12360	2796,0	622114	890
891	793881	707347971	29,8496	9,6226	6,79234	1,12233	2799,2	623513	891
892	795664	709732288	29,8664	9,6262	6,79347	1,12108	2802,3	624913	892
893	797449	712121957	29,8831	9,6298	6,79459	1,11982	2805,4	626315	893
894	799236	714516984	29,8998	9,6334	6,79571	1,11857	2808,6	627718	894
895	801025	716917375	29,9166	9,6370	6,79682	1,11732	2811,7	629124	895
896	802816	719323136	29,9333	9,6406	6,79794	1,11607	2814,9	630530	896
897	804609	721734273	29,9500	9,6442	6,79906	1,11482	2818,0	631938	897
898	806404	724150792	29,9666	9,6477	6,80017	1,11359	2821,2	633348	898
899	808201	726572699	29,9833	9,6513	6,80128	1,11235	2824,3	634760	899

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	6,80239	1,11111	2827,4	636173	900
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	6,80351	1,10988	2830,6	637587	901
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	6,80461	1,10865	2833,7	639003	902
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	6,80572	1,10742	2836,9	640421	903
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	6,80683	1,10619	2840,0	641840	904
905	819025	741217625	30,0832	9,6727	6,80793	1,10497	2843,1	643261	905
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	6,80904	1,10375	2846,3	644683	906
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	6,81014	1,10254	2849,4	646107	907
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	6,81124	1,10132	2852,6	647533	908
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	6,81235	1,10011	2855,7	648960	909
910	828100	753571000	30,1662	9,6905	6,81344	1,09890	2858,8	650388	910
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	6,81454	1,09769	2862,0	651818	911
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	6,81564	1,09649	2865,1	653250	912
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	6,81674	1,09529	2868,3	654684	913
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	6,81783	1,09409	2871,4	656118	914
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	6,81892	1,09290	2874,6	657555	915
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	6,82002	1,09170	2877,7	658993	916
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	6,82111	1,09051	2880,8	660433	917
918	842724	773620632	30,2985	9,7188	6,82220	1,08932	2884,0	661874	918
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	6,82329	1,08814	2887,1	663317	919
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	6,82437	1,08696	2890,3	664761	920
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	6,82546	1,08578	2893,4	666207	921
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	6,82655	1,08460	2896,5	667654	922
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	6,82763	1,08342	2899,7	669103	923
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	6,82871	1,08225	2902,8	670554	924
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	6,82979	1,08108	2906,0	672006	925
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	6,83087	1,07991	2909,1	673460	926
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	6,83195	1,07875	2912,3	674915	927
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	6,83303	1,07759	2915,4	676372	928
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	6,83411	1,07643	2918,5	677831	929
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	6,83518	1,07527	2921,7	679291	930
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	6,83626	1,07411	2924,8	680752	931
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	6,83733	1,07296	2928,0	682216	932
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	6,83841	1,07181	2931,1	683680	933
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	6,83948	1,07066	2934,2	685147	934
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	6,84055	1,06952	2937,4	686615	935
936	876096	820025856	30,5941	9,7819	6,84162	1,06838	2940,5	688084	936
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	6,84268	1,06724	2943,7	689555	937
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	6,84375	1,06610	2946,8	691028	938
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	6,84482	1,06496	2950,0	692502	939
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	6,84588	1,06383	2953,1	693978	940
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	6,84694	1,06270	2956,2	695455	941
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	6,84801	1,06157	2959,4	696934	942
943	889249	838561807	30,7083	9,8063	6,84907	1,06045	2962,5	698415	943
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	6,85013	1,05932	2965,7	699897	944
945	893025	843908625	30,7409	9,8132	6,85118	1,05820	2968,8	701380	945
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	6,85224	1,05708	2971,9	702865	946
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	6,85330	1,05597	2975,1	704352	947
948	898704	851971392	30,7896	9,8236	6,85435	1,05485	2978,2	705840	948
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	6,85541	1,05374	2981,4	707330	949

Potenzen, Wurzeln, Natürliche Logarithmen, Reziproke Werte, Kreisumfänge und -inhalte.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	6,85646	1,05263	2984,5	708822	950
951	904401	860085351	30,8383	9,8339	6,85751	1,05152	2987,7	710315	951
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	6,85857	1,05042	2990,8	711809	952
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	6,85961	1,04932	2993,9	713306	953
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	6,86066	1,04822	2997,1	714803	954
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	6,86171	1,04712	3000,2	716303	955
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	6,86276	1,04603	3003,4	717804	956
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	6,86380	1,04493	3006,5	719306	957
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	6,86485	1,04384	3009,6	720810	958
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	6,86589	1,04275	3012,8	722316	959
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	6,86693	1,04167	3015,9	723823	960
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	6,86797	1,04058	3019,1	725332	961
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	6,86901	1,03950	3022,2	726842	962
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	6,87005	1,03842	3025,4	728354	963
964	929296	895841344	31,0483	9,8785	6,87109	1,03734	3028,5	729867	964
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	6,87213	1,03627	3031,6	731382	965
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	6,87316	1,03520	3034,8	732899	966
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	6,87420	1,03413	3037,9	734417	967
968	937024	907039923	31,1127	9,8922	6,87523	1,03306	3041,1	735937	968
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	6,87626	1,03199	3044,2	737458	969
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	6,87730	1,03093	3047,3	738981	970
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	6,87833	1,02987	3050,5	740506	971
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	6,87936	1,02881	3053,6	742032	972
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	6,88038	1,02775	3056,8	743559	973
974	948676	924010424	31,2090	9,9126	6,88141	1,02669	3059,9	745088	974
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	6,88244	1,02564	3063,1	746619	975
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	6,88346	1,02459	3066,2	748151	976
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	6,88449	1,02354	3069,3	749685	977
978	956484	935441352	31,2730	9,9261	6,88551	1,02249	3072,5	751221	978
979	958441	938313739	31,2890	9,9295	6,88653	1,02145	3075,6	752758	979
980	960400	941192000	31,3050	9,9329	6,88755	1,02041	3078,7	754296	980
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	6,88857	1,01937	3081,9	755837	981
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	6,88959	1,01833	3085,0	757378	982
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	6,89061	1,01729	3088,2	758922	983
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	6,89163	1,01626	3091,3	760466	984
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	6,89264	1,01523	3094,5	762013	985
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	6,89366	1,01420	3097,6	763561	986
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	6,89467	1,01317	3100,8	765111	987
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	6,89568	1,01215	3103,9	766662	988
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	6,89669	1,01112	3107,0	768214	989
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	6,89770	1,01010	3110,2	769769	990
991	982081	973242271	31,4802	9,9699	6,89871	1,00908	3113,3	771325	991
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	6,89972	1,00806	3116,5	772882	992
993	986049	979146657	31,5119	9,9766	6,90073	1,00705	3119,6	774441	993
994	988036	982107784	31,5278	9,9800	6,90174	1,00604	3122,7	776002	994
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	6,90274	1,00503	3125,9	777564	995
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	6,90375	1,00402	3129,0	779128	996
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	6,90475	1,00301	3132,2	780693	997
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	6,90575	1,00200	3135,3	782260	998
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	6,90675	1,00100	3138,5	783828	999

Das Rechnen mit den Briggs'schen Logarithmen.

Das Rechnen mit Logarithmen bietet eine bedeutende Zeitersparnis beim Multiplizieren und Dividieren, besonders von großen Zahlen, beim Potenzieren und Radizieren. Notwendig sind hierzu die sogenannten Logarithmen-Tafeln. Die auf Seite 24–25 gebrachten Tafeln bilden nur einen Notbehelf, da sie, um auch nur ein vierstelliges Ergebnis zu erhalten, schon ein umständliches Zwischenrechnen notwendig machen.

Die folgende Darstellung gibt, ohne auf das Wesen der Logarithmen selbst einzugehen, Anleitung zum rein mechanischen Rechnen mit Logarithmen.

Beim Logarithmieren sind 2 Rechnungsvorgänge zu unterscheiden:

- A) Das Logarithmieren, d. h. das Aufsuchen des Logarithmus einer gegebenen Zahl N (Numerus).
- B) Das Delogarithmieren, d. h. das Aufsuchen des Endergebnisses (einer Zahl N) aus dem durch A erhaltenen Logarithmus.

A) Das Logarithmieren:

Tafel 1		Tafel 2	
Gegebene Zahl	Zugehöriger Logarithmus	Gegebene Zahl	Zugehöriger Logarithmus
2160	3,3345	4 stellig	3, Mantisse
216	2,3345	3 „	2, „
21,6	1,3345	2 „	1, „
2,16	0,3345	1 „	0, „
0,216	0,3345 — 1	0,	0, „ — 1
0,0216	0,3345 — 2	0,0	0, „ — 2
0,00216	0,3345 — 3	0,00 . . .	0, „ — 3

Aus den beiden Tafeln ergeben sich folgende Regeln:

1. Der rechts vom Beistrich stehende Teil (3345) des Logarithmus heißt Mantisse, wird entnommen aus der Logarithmen-Tafel (Seite 24) für die gegebene Zahl (216) und ist für diese Zahl ohne Rücksicht auf deren Wertigkeit gleich.
2. Das nach Auslöschung der Mantisse vom Logarithmus Übrigbleibende (3, 2, 1, 0, 0, . . . — 1, 0, . . . — 2 usw.) heißt Kennziffer, und bestimmt sich nach der Wertigkeit der gegebenen Zahl, wie aus Tafel 2 ersichtlich ist.

B) Das Delogarithmieren:

Das Delogarithmieren ist die Umkehrung des Logarithmierens und liefert zu dem durch A errechneten Logarithmus das gesuchte Endergebnis, eine Zahl N .

Regel:

1. Zur Mantisse des Logarithmus kann die zugehörige gesuchte Zahl N aus der Logarithmen-Tafel entnommen werden.
2. Die Wertigkeit der Zahl N wird bestimmt durch die Kennziffer des Logarithmus.

Vorteile des Logarithmischen Rechnens.

Rechnungsart	Wird zurückgeführt auf	Berechnung
Multiplizieren . . .	Addieren	$\lg(a \cdot b) = \lg a + \lg b$
Dividieren	Subtrahieren . . .	$\lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b$
Potenzieren	Multiplizieren . . .	$\lg a^n = n \cdot \lg a$
Radizieren	Dividieren	$\lg \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \cdot \lg a$

$$\text{Beispiel: } \frac{123 \cdot 1,52 \cdot 0,0357 \cdot 0,3^7 \cdot \sqrt[3]{0,253}}{0,23 \cdot \sqrt[4]{1065} \cdot 0,012^5 \cdot \sqrt[3]{152^4}} = N = \frac{a}{b}$$

$$\lg N = \lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b$$

$$\begin{aligned} \lg a &= \lg 123 + \lg 1,52 + \lg 0,0357 + 7 \cdot \lg 0,3 + \frac{1}{3} \cdot \lg 0,253 \\ &= 2,0899 + 0,1818 + 0,5527 - 2 + 7 \cdot (0,4771 - 1) + \frac{1}{3} \cdot (0,4031 - 1) \\ &= 2,0899 + 0,1818 + 0,5527 - 2 + 3,3397 - 7 + 0,1344 - 0,3333 \\ &= 6,2985 - 9,3333 = -3,0348 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lg b &= \lg 0,23 + \frac{1}{4} \cdot \lg 1065 + 5 \cdot \lg 0,012 + \frac{4}{3} \cdot \lg 152 \\ &= 0,3617 - 1 + \frac{1}{4} \cdot 3,0273 + 5 \cdot (0,0792 - 2) + \frac{4}{3} \cdot 2,1818 \\ &= 0,3617 - 1 + 0,7568 + 0,3960 - 10 + 2,9091 \\ &= 4,4236 - 11 = -6,5764 \end{aligned}$$

$$\lg a - \lg b = -3,0348 - (-6,5764) = -3,0348 + 6,5764 = 3,5416$$

$$\lg N = 3,5416; N = 3480$$

Beziehungen zwischen dem Briggs'schen Logarithmus \lg (S. 24/25) und dem natürlichen Logarithmus \ln (Spalte 6 der S. 2—21).

$$1. \ln x = \ln 10 \cdot \lg x = 2,302585 \lg x$$

$$2. \lg x = \lg e \cdot \ln x = 0,434294 \ln x$$

$$3. \ln 10 \cdot \lg e = 1 \quad (\text{über } e \text{ siehe S. 26})$$

Beispiel:

$$\ln 348 = 2,3026 \cdot \lg x = 2,3026 \cdot 2,5416 = 5,8522$$

$$\lg 348 = 0,4343 \cdot \ln x = 0,4343 \cdot 5,8522 = 2,5416$$

Mantissen der Briggs'schen Logarithmen.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0000	0004	0009	0013	0017	0022	0026	0030	0035	0039
101	0043	0048	0052	0056	0060	0065	0069	0073	0077	0082
102	0086	0090	0095	0099	0103	0107	0111	0116	0120	0124
103	0128	0133	0137	0141	0145	0149	0154	0158	0162	0166
104	0170	0175	0179	0183	0187	0191	0195	0199	0204	0208
105	0212	0216	0220	0224	0228	0233	0237	0241	0245	0249
106	0253	0257	0261	0265	0269	0273	0278	0282	0286	0290
107	0294	0298	0302	0306	0310	0314	0318	0322	0326	0330
108	0334	0338	0342	0346	0350	0354	0358	0362	0366	0370
109	0374	0378	0382	0386	0390	0394	0398	0402	0406	0410
110	0414	0418	0422	0426	0430	0434	0438	0441	0445	0449
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981

Mantissen der Briggs'schen Logarithmen.

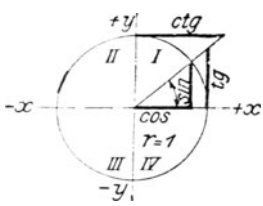
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996

Öfters vorkommende Zahlenwerte.

π die Ludolphsche Zahl; g die Beschleunigung durch die Schwere = 9,81 m/sek.²
= 32,18 Fuß engl./sek.²; e Basis der nat. Logarithmen = 2,718281828.

Größe	Zahlenwert	Größe	Zahlenwert	Größe	Zahlenwert
π	3,14159265 . . .	$\sqrt[3]{\frac{\pi}{2}}$	1,162447	$\log \pi$	0,49715
$\pi \sqrt{2}$	4,44288	$\sqrt[3]{\frac{\pi}{2}}$	1,162447	$\log \pi^2$	0,9943029
$\frac{1}{2} \pi$	1,570796	$\sqrt[3]{\pi^2}$	2,145029	$\log \pi^3$	1,491450
$\frac{1}{3} \pi$	1,047198	$\pi \sqrt[3]{\pi}$	4,601151	$\log \sqrt[3]{\pi}$	0,248575
$\frac{1}{4} \pi$	0,785398	$\pi \sqrt[3]{\pi^2}$	6,738808	$\log \sqrt[3]{\pi}$	0,165717
$\frac{1}{6} \pi$	0,523599	$\frac{1}{\pi}$	0,318310	$\log \frac{1}{\pi}$	0,502850-1
$\frac{1}{12} \pi$	0,261799	$\frac{16}{\pi}$	5,092958	$\log \frac{1}{\pi^2}$	0,005700-1
$\frac{1}{16} \pi$	0,196350	$\frac{64}{\pi}$	20,371833	$\log \frac{1}{\pi^3}$	0,50856-2
$\frac{1}{32} \pi$	0,098175	$\frac{\pi}{180}$	57,295780	$\log \sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,751425-1
$\frac{1}{64} \pi$	0,049087	$\frac{\pi}{\pi}$	1	$\log \sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,834283-1
$\frac{1}{90} \pi$	0,034907	$\frac{1}{\pi^2}$	0,101321		
$\frac{1}{180} \pi$	0,017453	$\frac{1}{\pi^3}$	0,032252	g^2	96,2361
$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$	2,221442	$\frac{1}{\pi^4}$	0,010266	\sqrt{g}	3,132092
π^2	9,869604	$\frac{1}{\pi^5}$	0,003268	$\pi \sqrt{g}$	9,839757
$4 \pi^2$	39,478418	$\frac{1}{\pi^6}$	0,001040	$2 \sqrt{g}$	6,264184
$\frac{1}{4} \pi^2$	2,467401	$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,564190	$\sqrt{2g}$	4,429447
$\frac{1}{16} \pi^2$	0,616850	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0,797885	$\pi \sqrt{2g}$	13,91536
π^3	31,006277	$\sqrt{\frac{3}{\pi}}$	0,977205	$1:g$	0,101936
π^4	97,409091	$\sqrt{\frac{90}{\pi}}$	5,352372	$\pi^2:g$	1,006075
π^5	306,019685	$\sqrt{\frac{\pi}{\pi}}$	1	$1:2g$	0,050968
π^6	961,389194	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,682784	$1:g^2$	0,010391
$\sqrt{\pi}$	1,772454	$\sqrt[3]{\frac{2}{\pi}}$	0,860254	$\frac{1}{\pi}$	0,319275
$2\sqrt{\pi}$	3,544908	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,984745	\sqrt{g}	1,003033
$\sqrt{2\pi}$	2,506628	$\sqrt[3]{\frac{\pi}{\pi}}$	1	$\frac{\pi}{\pi}$	1
$\sqrt{1/2\pi}$	1,253314	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,682784	\sqrt{g}	0,709252
$\pi \sqrt{\pi}$	5,568328	$\sqrt[3]{\frac{2}{\pi}}$	0,860254	$\sqrt[3]{2g}$	7,389056
$\sqrt[3]{\pi}$	1,464592	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,984745	e^2	7,389056
$\sqrt[3]{2\pi}$	1,845261			$1:e$	0,367879
				$1:e^2$	0,135335
				\sqrt{e}	1,648721
				$\sqrt[3]{e}$	1,395612

Zeichnerische Darstellung der Winkelfunktionen und Vorzeichen in den vier Quadranten.

		sin	cos	tg	ctg
	I	+	+	+	+
	II	+	-	-	-
	III	-	-	+	+
	IV	-	+	-	-

Funktionen einfacher Winkel.

1.

	$-\alpha$	$90^\circ \pm \alpha$	$180^\circ \pm \alpha$	$270^\circ \pm \alpha$	$360^\circ \pm \alpha$
sin	$-\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\sin(\pm \alpha)$
cos	$\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$	$\cos(\pm \alpha)$
tg	$-\operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg}(\pm \alpha)$
ctg	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg}(\pm \alpha)$

2. Grenzwerte und besondere Werte.

	0° 360°	90°	180°	270°	45°	30°	60°
sin	0	1	0	-1	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$
cos	1	0	-1	0	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}$
tg	0	$\pm \infty$	0	$\pm \infty$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	$\sqrt{3}$
ctg	$\pm \infty$	0	$\pm \infty$	0	1	$\sqrt{3}$	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$

3. Zusammenhang der Funktionen.

	sin α	cos α	tg α	ctg α
sin $\alpha =$		$\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$
cos $\alpha =$	$\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$		$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$	$\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$
tg $\alpha =$	$\frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$	$\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha}$		$\frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}$
ctg $\alpha =$	$\frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha}$	$\frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}$	$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	

4.

1. $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$ 2. $\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha$ 3. $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1$

5. Formeln für den doppelten und halben Winkel.

1. $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$
2. $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$
3. $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha}$
4. $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{1}{2} (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha)$
5. $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2} (1 - \cos \alpha)} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + \sin \alpha} - \sqrt{1 - \sin \alpha})$
6. $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2} (1 + \cos \alpha)} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + \sin \alpha} + \sqrt{1 - \sin \alpha})$
7. $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{(1 - \cos \alpha) : (1 + \cos \alpha)}$
8. $\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{(1 + \cos \alpha) : (1 - \cos \alpha)}$
9. $2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \sin \alpha$

6. Potenzen von sin und cos.

- | | |
|--|---|
| 1. $2 \sin^2 \alpha = 1 - \cos 2\alpha$ | 4. $2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} = 1 + \cos \alpha$ |
| 2. $2 \cos^2 \alpha = 1 + \cos 2\alpha$ | 5. $4 \sin^3 \alpha = 3 \sin \alpha - \sin 3\alpha$ |
| 3. $2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 1 - \cos \alpha$ | 6. $4 \cos^3 \alpha = 3 \cos \alpha + \cos 3\alpha$ |

Funktionen zweier Winkel.

1. $\sin (\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$
2. $\cos (\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$
3. $\operatorname{tg} (\alpha \pm \beta) = (\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta) : (1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta)$
4. $\operatorname{ctg} (\alpha \pm \beta) = (\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta \mp 1) : (\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha)$
5. $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$
6. $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$
7. $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$
8. $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$
9. $\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin (\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$ 10. $\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin (\beta \pm \alpha)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}$
11. $\sin^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha = \sin (\alpha + \beta) \cdot \sin (\alpha - \beta)$
12. $\cos^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha = \cos (\alpha + \beta) \cdot \cos (\alpha - \beta)$

$$\begin{aligned}
 13. \quad \sin \alpha \cdot \sin \beta &= \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)] \\
 14. \quad \cos \alpha \cdot \cos \beta &= \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta)] \\
 15. \quad \sin \alpha \cdot \cos \beta &= \frac{1}{2} [\sin (\alpha + \beta) + \sin (\alpha - \beta)] \\
 16. \quad \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta &= \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} \quad 17. \quad \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}
 \end{aligned}$$

Beziehungen zwischen den Dreieckswinkeln

$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ (siehe auch S. 34–36).

$$\begin{aligned}
 1. \quad \sin \alpha + \sin \beta + \sin \gamma &= 4 \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\beta}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \\
 2. \quad \cos \alpha + \cos \beta + \cos \gamma &= 4 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} + 1 \\
 3. \quad \sin \alpha + \sin \beta - \sin \gamma &= 4 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \\
 4. \quad \cos \alpha + \cos \beta - \cos \gamma &= 4 \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\beta}{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} - 1 \\
 5. \quad \sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma &= 2 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma + 2 \\
 6. \quad \sin^2 \alpha + \sin^2 \beta - \sin^2 \gamma &= 2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \\
 7. \quad \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \gamma &= \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tg} \gamma \\
 8. \quad \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} &= \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \\
 9. \quad \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \gamma + \operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \gamma &= 1 \\
 10. \quad \sin 2 \alpha + \sin 2 \beta + \sin 2 \gamma &= 4 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \\
 11. \quad \sin 2 \alpha + \sin 2 \beta - \sin 2 \gamma &= 4 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \sin \gamma
 \end{aligned}$$

Dreiecksstücke, ausgedrückt durch die Winkel und den Halbmesser des umschriebenen Kreises r (siehe auch S. 34–36).

$$\left(s = \frac{a + b + c}{2}; \delta = a - b; h_a = \text{Höhe auf Seite } a \right)$$

$$\begin{aligned}
 1. \quad a + b &= 4 \cdot r \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \frac{\delta}{2} \quad 2. \quad a - b = 4 \cdot r \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \sin \frac{\delta}{2} \\
 3. \quad s &= 4 \cdot r \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\beta}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \\
 4. \quad s - a &= 4 \cdot r \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \\
 \quad s - b &= 4 \cdot r \cdot \cos \frac{\beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \\
 \quad s - c &= 4 \cdot r \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2} \\
 5. \quad h_a &= 2 \cdot r \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma; \quad h_b = 2 \cdot r \cdot \sin \alpha \cdot \sin \gamma; \quad h_c = 2 \cdot r \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \\
 6. \quad \text{Dreiecksfläche } F &= 2 \cdot r^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma = \frac{a \cdot b \cdot c}{4r} \\
 7. \quad r &= \frac{a}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{b}{2 \cdot \sin \beta} = \frac{c}{2 \cdot \sin \gamma} = \frac{a \cdot b \cdot c}{4 \cdot F}
 \end{aligned}$$

Kreisfunktionen.

Grad	SINUS							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	0,01745	89
1	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	0,03490	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	0,05234	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	0,06976	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	0,08716	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	0,10453	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	0,12187	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	0,13917	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	0,15643	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	0,17365	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	0,19081	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	0,20791	78
12	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	0,22495	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	0,24192	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	0,25882	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	0,27564	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	0,29237	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	0,30902	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	0,32557	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	0,34202	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	0,35837	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	0,37461	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	0,39073	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40141	0,40408	0,40674	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	0,42262	65
25	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	0,43837	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	0,45399	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	0,46947	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	0,48481	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	0,50000	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	0,51504	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	0,52992	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	0,54464	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	0,55919	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	0,57358	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	0,58779	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	0,60182	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	0,61566	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	0,62932	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	0,64279	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	0,65606	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	0,66913	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	0,68200	47
43	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	0,69466	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	0,70711	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grad
	COSINUS							

Kreisfunktionen.

Grad	COSINUS							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989	0,99985	89
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949	0,99939	88
2	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	0,99863	87
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776	0,99756	86
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	0,99619	85
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482	0,99452	84
6	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290	0,99255	83
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	0,99027	82
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	0,98769	81
9	0,98769	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	0,98481	80
10	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	0,98163	79
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	0,97815	78
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502	0,97437	77
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100	0,97030	76
14	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	0,96593	75
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	0,96126	74
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	0,95630	73
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	0,95106	72
18	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646	0,94552	71
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	0,93969	70
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	0,93358	69
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	0,92718	68
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	0,92050	67
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472	0,91355	66
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	0,90631	65
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	0,89879	64
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	0,89101	63
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	0,88295	62
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	0,87462	61
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	0,86603	60
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	0,85717	59
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	0,84805	58
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	0,83867	57
33	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	0,82904	56
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	0,81915	55
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	0,80902	54
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	0,79864	53
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980	0,78801	52
38	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	0,77715	51
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	0,76604	50
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	0,75471	49
41	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	0,74314	48
42	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	0,73135	47
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	0,71934	46
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	0,70711	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grad
	SINUS							

Kreisfunktionen.

Grad	TANGENS							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746	89
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492	88
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241	87
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993	86
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749	85
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510	84
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278	83
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054	82
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838	81
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633	80
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438	79
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256	78
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	0,23087	77
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	0,24933	76
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	0,26793	75
15	0,26793	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	0,28675	74
16	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	0,30573	73
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	0,32492	72
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	0,34433	71
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	0,36397	70
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37388	0,37720	0,38053	0,38386	69
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	0,40403	68
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	0,42447	67
23	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	0,44523	66
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	0,46631	65
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	0,48773	64
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	0,50953	63
27	0,50953	0,51319	0,51688	0,52057	0,52427	0,52798	0,53171	62
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	0,55431	61
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	0,57735	60
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	0,60086	59
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	0,62487	58
32	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	0,64941	57
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	0,67451	56
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	0,70021	55
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	0,72654	54
36	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	0,75355	53
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77196	0,77661	0,78129	52
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	0,80978	51
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	0,83910	50
40	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	0,86929	49
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	0,90040	48
42	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	0,93252	47
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	0,96569	46
44	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	1,00000	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grad
	COTANGENS							

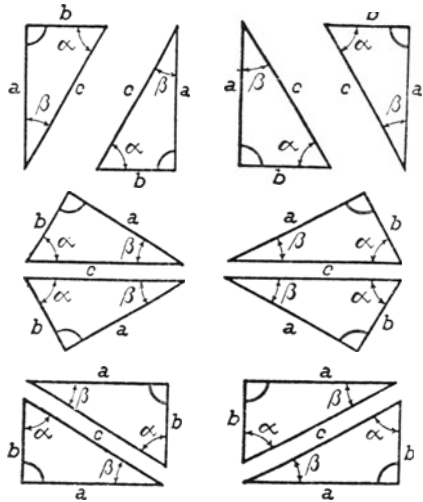
Kreisfunktionen.

Grad		COTANGENS							
		0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	89	
1	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	28,63625	88	
2	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	19,08114	87	
3	19,08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	14,30067	86	
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	11,43005	85	
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	9,51436	84	
6	9,51436	9,25530	9,00983	8,77689	8,55555	8,34496	8,14435	83	
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	7,11537	82	
8	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	6,31375	81	
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	5,67128	80	
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	5,14455	79	
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	4,70463	78	
12	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38969	4,33148	77	
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	4,01078	76	
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	3,73205	75	
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	3,48741	74	
16	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	3,27085	73	
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	3,07768	72	
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98869	2,96004	2,93189	2,90421	71	
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	2,74748	70	
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	2,60509	69	
21	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	2,47509	68	
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	2,35585	67	
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	2,24604	66	
24	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	2,14451	65	
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	2,05030	64	
26	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	1,96261	63	
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89400	1,88073	62	
28	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	1,80405	61	
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	1,73205	60	
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	1,66428	59	
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	1,60033	58	
32	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	1,53987	57	
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	1,48256	56	
34	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	1,42815	55	
35	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	1,37638	54	
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	1,32704	53	
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	1,27994	52	
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	1,23490	51	
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	1,19175	50	
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	1,15037	49	
41	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	1,11061	48	
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	1,07237	47	
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	1,03553	46	
44	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	1,00000	45	
		60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grad
TANGENS									

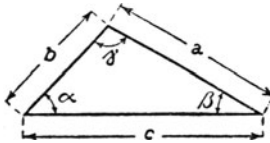
Trigonometrie.

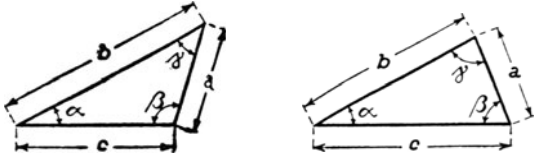
a) Berechnung des rechtwinkligen Dreiecks.

Gegeben	Gesucht	Auflösung
a, b	a	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \alpha = 90^\circ - \beta$
	β	$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}; \beta = 90^\circ - \alpha$
	c	$c = \sqrt{a^2 + b^2}; c = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha}$
	F	$F = \frac{a \cdot b}{2}$
		F = Fläche
a, c	a	$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \alpha = 90^\circ - \beta$
	β	$\cos \beta = \frac{a}{c}; \beta = 90^\circ - \alpha$
	b	$b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(c+a) \cdot (c-a)} = c \cdot \cos \alpha = c \cdot \sin \beta$
	F	$F = \frac{a}{2} \sqrt{(c+a) \cdot (c-a)} = \frac{1}{2} a \cdot c \cdot \sin \beta$
a, α	b	$b = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha$
	c	$c = \frac{a}{\sin \alpha}$
	F	$F = \frac{a^2}{2} \cdot \operatorname{ctg} \alpha$
b, α	a	$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha$
	c	$c = \frac{b}{\cos \alpha}$
	F	$F = \frac{b^2}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha$
c, α	a	$a = c \cdot \sin \alpha$
	b	$b = c \cdot \cos \alpha$
	F	$F = \frac{c^2}{2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{c^2}{4} \sin 2\alpha$

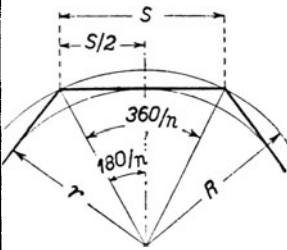


b) Berechnung des schiefwinkligen Dreiecks.

Ge- geben	Ge- sucht	Auflösung
a, b, γ	{	$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2 a \cdot b \cdot \cos \gamma}$
		$\sin \alpha = \frac{a \cdot \sin \gamma}{c}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{a \cdot \sin \gamma}{b - a \cdot \cos \gamma}$
		$\sin \beta = \frac{b \cdot \sin \gamma}{c}; \operatorname{tg} \beta = \frac{b \cdot \sin \gamma}{a - b \cdot \cos \gamma}$
		$F = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2}$
		$\alpha = 180^\circ - (\beta + \gamma); \gamma = 180^\circ - (a + \beta); \beta = 180^\circ - (a + \gamma)$
a, β , γ oder a, α , β	{	$b = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin (\beta + \gamma)}$
		$c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin (\beta + \gamma)}$
		$F = \frac{a^2 \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{a^2}{2 (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma)}$
		
		$a > b$, darum β jedenfalls spitz; $\beta < \alpha$.
a, b, α	{	$\sin \beta = \frac{b \cdot \sin \alpha}{a}$
		$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$
		$c = a \cdot \cos \beta + b \cdot \cos \alpha = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = b \cdot \cos \alpha + \sqrt{a^2 - b^2 \cdot \sin^2 \alpha}$
		$F = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2} = \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2}$

Gegeben	Gesucht	Auflösung
		<p>$b > a$. Dreieck unvollständig bestimmt, weil zweideutige Lösung möglich; $\beta \geq 90^\circ$.</p>  <p> β $\sin \beta = \frac{b \cdot \sin \alpha}{a}$; $\cos \beta = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$ γ $\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) = \geq \beta$ c $c = b \cdot \cos \alpha \pm \sqrt{a^2 - b^2 \cdot \sin^2 \alpha}$ F $F = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2} = \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2}$ </p> <hr/> <p>$(s = \text{halbe Länge der Seiten} = \frac{a + b + c}{2})$</p> <p> a $\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$; $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}}$; $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}$; $\sin \alpha = \frac{2F}{b \cdot c}$; β $\cos \beta = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$; $\cos \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{s(s-b)}{ac}}$; $\sin \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-c)}{ac}}$; $\sin \beta = \frac{2F}{a \cdot c}$; γ $\cos \gamma = \frac{b^2 + a^2 - c^2}{2ab}$; $\cos \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{s(s-c)}{ab}}$; $\sin \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)}{ab}}$; $\sin \gamma = \frac{2F}{a \cdot b}$; F $F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$ </p>

c) Berechnung des regelmäßigen Vielecks.

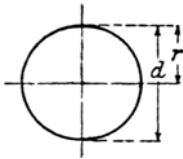
		Benennung		Zeichen					
		Anzahl der Seiten		n					
Seite des Vielecks (s. Seite 38)		s							
Halbmesser des umschriebenen Kreises		R							
Halbmesser des eingeschriebenen Kreises		r							
Fläche des Vielecks		F							
Zeichen	Berechnung								
s	$= 2 \cdot R \cdot \sin \frac{180^\circ}{n} = 2 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n}$								
R	$= \frac{s}{2} : \sin \frac{180^\circ}{n} = r : \cos \frac{180^\circ}{n}$								
r	$= \frac{s}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{n} = R \cdot \cos \frac{180^\circ}{n}$								
F	$= \frac{n}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \frac{360^\circ}{n} = n \cdot r^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n} = n \cdot \frac{s^2}{4} \cdot \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{n}$								
n	s		R		r		F		
3	1,732 R	3,464 r	0,577 s	2,000 r	0,289 s	0,500 R	0,433 s ²	1,299 R ²	5,196 r ²
4	1,414 R	2,000 r	0,707 s	1,414 r	0,500 s	0,707 R	1,000 s ²	2,000 R ²	4,000 r ²
5	1,176 R	1,453 r	0,851 s	1,236 r	0,688 s	0,809 R	1,721 s ²	2,378 R ²	3,633 r ²
6	1,000 R	1,155 r	1,000 s	1,155 r	0,866 s	0,866 R	2,598 s ²	2,598 R ²	3,464 r ²
7	0,868 R	0,963 r	1,152 s	1,110 r	1,038 s	0,901 R	3,635 s ²	2,736 R ²	3,371 r ²
8	0,765 R	0,828 r	1,307 s	1,082 r	1,207 s	0,924 R	4,828 s ²	2,828 R ²	3,314 r ²
9	0,684 R	0,728 r	1,462 s	1,064 r	1,374 s	0,940 R	6,182 s ²	2,893 R ²	3,276 r ²
10	0,618 R	0,650 r	1,618 s	1,052 r	1,539 s	0,951 R	7,694 s ²	2,939 R ²	3,249 r ²
11	0,564 R	0,587 r	1,775 s	1,042 r	1,703 s	0,960 R	9,364 s ²	2,974 R ²	3,230 r ²
12	0,518 R	0,536 r	1,932 s	1,035 r	1,866 s	0,966 R	11,196 s ²	3,000 R ²	3,215 r ²
16	0,390 R	0,398 r	2,563 s	1,020 r	2,514 s	0,981 R	20,109 s ²	3,062 R ²	3,183 r ²
20	0,313 R	0,317 r	3,196 s	1,013 r	3,157 s	0,988 R	31,569 s ²	3,090 R ²	3,168 r ²
24	0,261 R	0,263 r	3,831 s	1,009 r	3,798 s	0,991 R	45,575 s ²	3,106 R ²	3,160 r ²
32	0,196 R	0,197 r	5,101 s	1,005 r	5,077 s	0,995 R	81,225 s ²	3,121 R ²	3,152 r ²
48	0,131 R	0,131 r	7,645 s	1,002 r	7,629 s	0,998 R	183,08 s ²	3,133 R ²	3,146 r ²
64	0,098 R	0,098 r	10,190 s	1,001 r	10,178 s	0,999 R	325,69 s ²	3,137 R ²	3,144 r ²

Teilung des Kreisumfangs in n Teile.

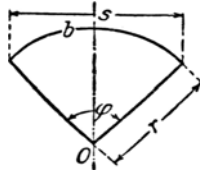
$$\text{Teilungsstrecke} = \text{Sehne} = \text{Durchmesser} \cdot \sin \frac{180}{n}$$

n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$
1	0,00000	26	0,12054	51	0,06156	76	0,04132
2	1,00000	27	0,11609	52	0,06038	77	0,04079
3	0,86603	28	0,11196	53	0,05924	78	0,04027
4	0,70711	29	0,10812	54	0,05814	79	0,03976
5	0,58779	30	0,10453	55	0,05709	80	0,03926
6	0,50000	31	0,10117	56	0,05607	81	0,03878
7	0,43388	32	0,09802	57	0,05509	82	0,03830
8	0,38268	33	0,09506	58	0,05414	83	0,03784
9	0,34202	34	0,09227	59	0,05322	84	0,03739
10	0,30902	35	0,08964	60	0,05234	85	0,03695
11	0,28173	36	0,08716	61	0,05148	86	0,03652
12	0,25882	37	0,08481	62	0,05065	87	0,03610
13	0,23932	38	0,08258	63	0,04985	88	0,03569
14	0,22252	39	0,08047	64	0,04907	89	0,03529
15	0,20791	40	0,07846	65	0,04831	90	0,03490
16	0,19509	41	0,07655	66	0,04758	91	0,03452
17	0,18375	42	0,07473	67	0,04687	92	0,03414
18	0,17365	43	0,07300	68	0,04618	93	0,03377
19	0,16460	44	0,07134	69	0,04551	94	0,03341
20	0,15643	45	0,06976	70	0,04487	95	0,03306
21	0,14904	46	0,06824	71	0,04423	96	0,03272
22	0,14232	47	0,06679	72	0,04362	97	0,03238
23	0,13617	48	0,06540	73	0,04302	98	0,03205
24	0,13053	49	0,06407	74	0,04244	99	0,03173
25	0,12533	50	0,06279	75	0,04188	100	0,03141

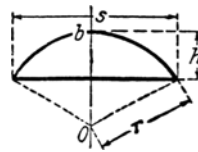
Beispiel: Der Umfang eines Kreises mit dem Durchmesser $D = 24$ cm soll in 33 Teile geteilt werden. Die in den Zirkel zu nehmende Teilstrecke $= 24 \text{ cm} \cdot 0,09506 = 2,28144 \text{ cm}$.



Kreis



Kreisausschnitt



Kreisabschnitt

Kreis

Halbmesser	r	$\frac{U}{2\pi}; \frac{U}{6,28318}; 0,564 \sqrt{F}$
Durchmesser	d	$\frac{U}{\pi}; \frac{U}{3,1416}; 1,128 \sqrt{F}$
Umfang	U	$r \cdot 2\pi; r \cdot 6,28318; d \cdot 3,1416; \frac{d}{0,3183}$
Fläche	F	$\pi \cdot r^2; 3,1416 r^2; 0,785 d^2; 0,07958 U^2$
Bogenlänge für einen Zentriwinkel von $1^\circ = 0,00873 d$		
" " " " "		$n^\circ = 0,00873 \cdot n \cdot d$
Zentriwinkel für $b = r \dots 57,2958^\circ = 3437,75' = 206265''$		
(vgl. S. 41 Anm. 6)		

Kreisausschnitt und Kreisabschnitt

Bogenlänge	b	$\frac{r \cdot \varphi \cdot 3,1416}{180}; 0,01745 \cdot r \cdot \varphi; \frac{2 F}{r}$
Zentriwinkel in Grad	φ	$57,296 \cdot \frac{b}{r}$
Halbmesser	r	$2 \frac{F}{b}; 57,296 \frac{b}{\varphi}; \frac{s^2 + 4 h^2}{8 h}$
Sehnenlänge	s	$2 \sqrt{h(2r - h)}$
Bogenhöhe	h	$r - \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - s^2}$
Fläche des Ausschnittes	F_1	$\frac{r \cdot b}{2}; 0,00873 \cdot \varphi \cdot r^2; \frac{r^2 \cdot \pi \cdot \varphi}{360}$
Fläche des Abschnittes	F_2	$\frac{r(b-s) + s \cdot h}{2}; \frac{r^2}{2} \left(\frac{\varphi \cdot \pi}{180} - \sin \varphi \right)$

Bogenlängen, Bogenhöhen, Sehnenlängen, Kreisabschnitte für den Halbmesser 1.

Zentri- winkel in Grad	Bogen- länge b	Bogen- höhe h	$\frac{b}{h}$	Seh- nen- länge s	Inhalt des Kreis- abschn.	Zentri- winkel in Grad	Bogen- länge b	Bogen- höhe h	$\frac{b}{h}$	Seh- nen- länge s	Inhalt des Kreis- abschn.
1	0,0175	0,0000	458,36	0,0175	0,00000	46	0,8029	0,0795	10,10	0,7815	0,04176
2	0,0349	0,0002	229,19	0,0349	0,00000	47	0,8203	0,0829	9,89	0,7975	0,04448
3	0,0524	0,0003	152,79	0,0524	0,00001	48	0,8378	0,0865	9,69	0,8135	0,04731
4	0,0698	0,0006	114,60	0,0698	0,00003	49	0,8552	0,0900	9,50	0,8294	0,05025
5	0,0873	0,0010	91,69	0,0872	0,00006	50	0,8727	0,0937	9,31	0,8452	0,05331
6	0,1047	0,0014	76,41	0,1047	0,00010	51	0,8901	0,0974	9,14	0,8610	0,05649
7	0,1222	0,0019	64,01	0,1221	0,00015	52	0,9076	0,1012	8,97	0,8767	0,05978
8	0,1396	0,0024	56,01	0,1395	0,00023	53	0,9250	0,1051	8,80	0,8924	0,06319
9	0,1571	0,0031	50,96	0,1569	0,00032	54	0,9425	0,1090	8,65	0,9080	0,06673
10	0,1745	0,0038	45,87	0,1743	0,00044	55	0,9599	0,1130	8,49	0,9235	0,07039
11	0,1920	0,0045	41,70	0,1917	0,00059	56	0,9774	0,1171	8,35	0,9389	0,07417
12	0,2094	0,0055	38,23	0,2091	0,00076	57	0,9948	0,1212	8,21	0,9543	0,07808
13	0,2269	0,0064	35,28	0,2264	0,00097	58	1,0123	0,1254	8,07	0,9696	0,08212
14	0,2443	0,0075	32,78	0,2437	0,00121	59	1,0297	0,1296	7,94	0,9848	0,08629
15	0,2618	0,0086	30,60	0,2611	0,00149	60	1,0472	0,1340	7,81	1,0000	0,09059
16	0,2793	0,0097	28,04	0,2783	0,00181	61	1,0647	0,1384	7,69	1,0151	0,09502
17	0,2967	0,0110	27,01	0,2956	0,00217	62	1,0821	0,1428	7,56	1,0301	0,09958
18	0,3142	0,0123	25,35	0,3129	0,00257	63	1,0996	0,1474	7,46	1,0450	0,10428
19	0,3316	0,0137	24,17	0,3301	0,00302	64	1,1170	0,1520	7,35	1,0598	0,10911
20	0,3491	0,0152	22,98	0,3473	0,00352	65	1,1345	0,1566	7,24	1,0746	0,11408
21	0,3665	0,0167	21,95	0,3645	0,00408	66	1,1519	0,1613	7,14	1,0893	0,11919
22	0,3840	0,0184	20,90	0,3816	0,00468	67	1,1694	0,1661	7,04	1,1039	0,12443
23	0,4014	0,0201	20,00	0,3987	0,00535	68	1,1868	0,1710	6,94	1,1184	0,12982
24	0,4189	0,0219	19,17	0,4158	0,00607	69	1,2043	0,1759	6,85	1,1328	0,13535
25	0,4363	0,0237	18,47	0,4329	0,00686	70	1,2217	0,1808	6,76	1,1472	0,14102
26	0,4538	0,0256	17,71	0,4499	0,00771	71	1,2392	0,1859	6,67	1,1614	0,14683
27	0,4712	0,0276	17,06	0,4669	0,00862	72	1,2566	0,1910	6,58	1,1756	0,15279
28	0,4887	0,0297	16,45	0,4838	0,00961	73	1,2741	0,1961	6,50	1,1896	0,15889
29	0,5061	0,0319	15,89	0,5008	0,01067	74	1,2915	0,2014	6,41	1,2036	0,16514
30	0,5236	0,0341	15,37	0,5176	0,01180	75	1,3090	0,2066	6,34	1,2175	0,17154
31	0,5411	0,0364	14,88	0,5345	0,01301	76	1,3265	0,2120	6,26	1,2312	0,17808
32	0,5585	0,0387	14,42	0,5512	0,01429	77	1,3439	0,2174	6,18	1,2450	0,18477
33	0,5760	0,0412	13,99	0,5680	0,01566	78	1,3614	0,2229	6,11	1,2586	0,19160
34	0,5934	0,0437	13,58	0,5847	0,01711	79	1,3788	0,2284	6,04	1,2722	0,19859
35	0,6109	0,0463	13,20	0,6014	0,01864	80	1,3963	0,2340	5,97	1,2856	0,20573
36	0,6283	0,0489	12,84	0,6180	0,02027	81	1,4137	0,2396	5,90	1,2989	0,21301
37	0,6458	0,0517	12,50	0,6346	0,02198	82	1,4312	0,2453	5,83	1,3121	0,22045
38	0,6632	0,0545	12,17	0,6511	0,02378	83	1,4486	0,2510	5,77	1,3252	0,22804
39	0,6807	0,0574	11,87	0,6676	0,02568	84	1,4661	0,2569	5,71	1,3383	0,23578
40	0,6981	0,0603	11,58	0,6840	0,02767	85	1,4835	0,2627	5,65	1,3512	0,24367
41	0,7156	0,0633	11,30	0,7004	0,02976	86	1,5010	0,2686	5,59	1,3640	0,25171
42	0,7330	0,0664	11,04	0,7167	0,03195	87	1,5184	0,2746	5,53	1,3767	0,25990
43	0,7505	0,0696	10,78	0,7330	0,03425	88	1,5359	0,2807	5,47	1,3893	0,26825
44	0,7679	0,0728	10,55	0,7492	0,03664	89	1,5533	0,2867	5,42	1,4018	0,27675
45	0,7854	0,0761	10,32	0,7654	0,03915	90	1,5708	0,2929	5,36	1,4142	0,28540

Zu einer gegebenen Bogenlänge b und Bogenhöhe h findet man den Halbmesser r aus $r = b : b_0$, wo b_0 die Bogenlänge ist, die beim Halbmesser 1 zu dem gegebenen $\frac{b}{h}$ gehört. Ist r der Kreishalbmesser und φ der Zentriwinkel in Grad, so ergibt sich

1. die Sehnenlänge $s = 2r \sin \frac{\varphi}{2}$

2. die Bogenhöhe $h = r \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{s}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} = 2r \sin^2 \frac{\varphi}{4}$

3. die Bogenlänge $b = \pi r \cdot \frac{\varphi}{180} = 0,017453 r \varphi = \sqrt{s^2 + \frac{16}{3} h^2}$ (angenähert)

Bogenlängen, Bogenhöhen, Sehnenlängen, Kreisabschnitte für den Halbmesser 1.

Zentri- winkel in Grad	Bogen- länge <i>b</i>	Bogen- höhe <i>h</i>	$\frac{b}{h}$	Seh- nen- länge <i>s</i>	Inhalt des Kreis- abschn. <i>s</i>	Zentri- winkel in Grad	Bogen- länge <i>b</i>	Bogen- höhe <i>h</i>	$\frac{b}{h}$	Seh- nen- länge <i>s</i>	Inhalt des Kreis- abschn. <i>s</i>
91	1,5882	0,2991	5,31	1,4265	0,29420	136	2,3736	0,6254	3,80	1,8544	0,83949
92	1,6057	0,2053	5,26	1,4387	0,30316	137	2,3911	0,6335	3,77	1,8608	0,85455
93	1,6232	0,3116	5,21	1,4507	0,31226	138	2,4086	0,6416	3,75	1,8672	0,86971
94	1,6406	0,3180	5,16	1,4627	0,32152	139	2,4260	0,6498	3,73	1,8733	0,88497
95	1,6580	0,3244	5,11	1,4746	0,33093	140	2,4435	0,6580	3,71	1,8794	0,90034
96	1,6755	0,3309	5,06	1,4863	0,34050	141	2,4609	0,6662	3,69	1,8853	0,91580
97	1,6930	0,3374	5,02	1,4979	0,35021	142	2,4784	0,6744	3,67	1,8910	0,93135
98	1,7104	0,3439	4,97	1,5094	0,36008	143	2,4958	0,6827	3,66	1,8966	0,94700
99	1,7279	0,3506	4,93	1,5208	0,37009	144	2,5133	0,6910	3,64	1,9021	0,96274
100	1,7453	0,3572	4,89	1,5321	0,38026	145	2,5307	0,6993	3,62	1,9074	0,97858
101	1,7628	0,3639	4,84	1,5432	0,39058	146	2,5482	0,7076	3,60	1,9126	0,99449
102	1,7802	0,3707	4,80	1,5543	0,40104	147	2,5656	0,7160	3,58	1,9176	1,01050
103	1,7977	0,3775	4,76	1,5653	0,41166	148	2,5831	0,7244	3,57	1,9225	1,02658
104	1,8151	0,3843	4,72	1,5760	0,42242	149	2,6005	0,7328	3,55	1,9273	1,04275
105	1,8326	0,3912	4,68	1,5867	0,43333	150	2,6180	0,7412	3,53	1,9319	1,05900
106	1,8500	0,3982	4,65	1,5973	0,44439	151	2,6354	0,7496	3,52	1,9363	1,07532
107	1,8675	0,4052	4,61	1,6077	0,45560	152	2,6529	0,7581	3,50	1,9406	1,09171
108	1,8850	0,4122	4,57	1,6180	0,46695	153	2,6704	0,7666	3,48	1,9447	1,10818
109	1,9024	0,4193	4,54	1,6282	0,47844	154	2,6878	0,7750	3,47	1,9487	1,12472
110	1,9199	0,4264	4,50	1,6383	0,49008	155	2,7053	0,7836	3,45	1,9526	1,14132
111	1,9373	0,4336	4,47	1,6483	0,50187	156	2,7227	0,7921	3,44	1,9563	1,15799
112	1,9548	0,4408	4,43	1,6581	0,51379	157	2,7402	0,8006	3,42	1,9598	1,17472
113	1,9722	0,4481	4,40	1,6678	0,52586	158	2,7576	0,8092	3,41	1,9633	1,19151
114	1,9897	0,4554	4,37	1,6773	0,53807	159	2,7751	0,8178	3,39	1,9665	1,20835
115	2,0071	0,4627	4,34	1,6868	0,55041	160	2,7925	0,8264	3,38	1,9696	1,22525
116	2,0246	0,4701	4,31	1,6961	0,56289	161	2,8100	0,8350	3,37	1,9726	1,24221
117	2,0420	0,4775	4,28	1,7053	0,57551	162	2,8274	0,8436	3,35	1,9754	1,25921
118	2,0595	0,4850	4,25	1,7143	0,58827	163	2,8449	0,8522	3,34	1,9780	1,27626
119	2,0769	0,4925	4,22	1,7233	0,60116	164	2,8623	0,8608	3,33	1,9805	1,29335
120	2,0944	0,5000	4,19	1,7321	0,61418	165	2,8798	0,8695	3,31	1,9829	1,31049
121	2,1118	0,5076	4,16	1,7407	0,62734	166	2,8972	0,8781	3,30	1,9851	1,32766
122	2,1293	0,5152	4,13	1,7492	0,64063	167	2,9147	0,8868	3,28	1,9871	1,34487
123	2,1468	0,5228	4,11	1,7576	0,65404	168	2,9322	0,8955	3,27	1,9890	1,36212
124	2,1642	0,5305	4,08	1,7659	0,66759	169	2,9496	0,9042	3,26	1,9908	1,37940
125	2,1817	0,5383	4,05	1,7740	0,68125	170	2,9671	0,9128	3,25	1,9924	1,39671
126	2,1991	0,5460	4,03	1,7820	0,69505	171	2,9845	0,9215	3,24	1,9938	1,41404
127	2,2166	0,5538	4,00	1,7899	0,70897	172	3,0020	0,9302	3,23	1,9951	1,43140
128	2,2340	0,5616	3,98	1,7976	0,72301	173	3,0194	0,9390	3,22	1,9963	1,44878
129	2,2515	0,5695	3,95	1,8052	0,73716	174	3,0369	0,9477	3,20	1,9973	1,46617
130	2,2689	0,5774	3,93	1,8126	0,75144	175	3,0543	0,9564	3,19	1,9981	1,48359
131	2,2864	0,5853	3,91	1,8199	0,76584	176	3,0718	0,9651	3,18	1,9988	1,50101
132	2,3038	0,5933	3,88	1,8271	0,78034	177	3,0892	0,9738	3,17	1,9993	1,51845
133	2,3213	0,6013	3,86	1,8341	0,79497	178	3,1067	0,9825	3,16	1,9997	1,53589
134	2,3387	0,6093	3,84	1,8410	0,80970	179	3,1241	0,9913	3,15	1,9999	1,55334
135	2,3562	0,6173	3,82	1,8478	0,82454	180	3,1416	1,0000	3,14	2,0000	1,57080

4. der Inhalt des Kreisabschnittes = $\frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi}{180} \varphi - \sin \varphi \right)$

5. „ „ „ Kreisabschnittes = $\frac{\varphi}{360} \pi r^2 = 0,00872665 \varphi r^2$

6. $b = r$ entspricht $\varphi = 57^\circ 17' 44,806'' = 57,2957795^\circ = 206264,806''$

7. $\text{arc } 1^\circ = \pi : 180 = 0,01745329252$; $\lg \text{arc } 1^\circ = 0,2418773676 - 2$

8. $\text{arc } 1' = \pi : 10800 = 0,00029088821$; $\lg \text{arc } 1' = 0,4637261172 - 4$

9. $\text{arc } 1'' = \pi : 648000 = 0,00000484814$; $\lg \text{arc } 1'' = 0,6855748668 - 6$

Kugelinhalte.

d	,0	,25	,5	,75	d	,0	,5	d	,0	,5
10	523,60	563,86	606,13	650,46	40	33510	34783	70	179594	183471
11	696,91	745,51	796,33	849,40	41	36087	37423	71	187402	191389
12	904,78	962,52	1022,7	1085,3	42	38792	40194	72	195432	199532
13	1150,3	1218,0	1288,2	1361,2	43	41630	43099	73	203689	207903
14	1436,8	1515,1	1596,3	1680,3	44	44602	46141	74	212175	216505
15	1767,1	1857,0	1949,8	2045,7	45	47713	49321	75	220893	225341
16	2144,7	2246,8	2352,1	2460,6	46	50965	52645	76	229847	234414
17	2572,4	2687,6	2806,2	2928,2	47	54362	56115	77	239040	243728
18	3053,6	3182,6	3315,2	3451,5	48	57906	59734	78	248475	253284
19	3591,4	3735,0	3882,4	4033,7	49	61601	63506	79	258155	263088
20	4188,8	4347,8	4510,8	4677,9	50	65450	67433	80	268083	273141
21	4849,0	5024,3	5203,7	5387,4	51	69456	71519	81	278262	283447
22	5575,3	5767,6	5964,1	6165,2	52	73622	75767	82	288696	294010
23	6370,6	6580,6	6795,2	7014,3	53	77952	80178	83	299387	304831
24	7238,2	7466,7	7700,1	7938,3	54	82448	84760	84	310339	315915
25	8181,2	8429,2	8682,0	8939,9	55	87114	89511	85	321555	327264
26	9202,8	9470,8	9744,0	10022	56	91952	94438	86	333038	338882
27	10306	10595	10889	11189	57	96967	99541	87	344791	350771
28	11494	11805	12121	12443	58	102160	104826	88	356818	362935
29	12770	13103	13442	13787	59	107536	110294	89	369121	375378
30	14137	14494	14856	15224	60	113097	115949	90	381704	388102
31	15599	15979	16366	16758	61	118847	121794	91	394569	401109
32	17157	17563	17974	18392	62	124788	127832	92	407720	414405
33	18817	19248	19685	20129	63	130924	134067	93	421160	427991
34	20580	21037	21501	21972	64	137258	140501	94	434893	441871
35	22449	22934	23425	23924	65	143793	147138	95	448921	456047
36	24429	24942	25461	25988	66	150533	153980	96	463247	470524
37	26522	27063	27612	28168	67	157479	161032	97	477875	485302
38	28731	29302	29880	30466	68	164636	168295	98	492807	500388
39	31059	31661	31270	32886	69	172007	175774	99	508047	515785

Kugeloberfläche: $F = 4 \pi r^2 = 12,566 r^2 = \pi d^2$

Oberfläche der Kalotte oder Zone: $F = 2 \pi r h$

Kugelinhalt: $J = \frac{4}{3} \cdot \pi r^3 = 4,1888 r^3 = 0,5236 d^3$; Radius $r = 0,62035 \sqrt[3]{J}$

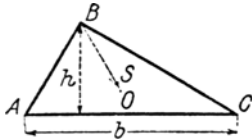
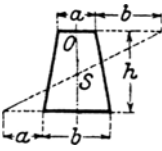
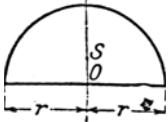
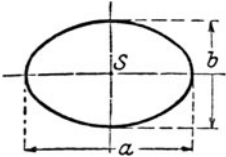
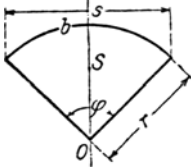
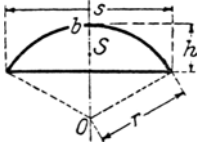
Inhalt des Kugelabschnittes: $J = \frac{1}{6} \cdot \pi h (3a^2 + h^2) = \frac{1}{3} \cdot \pi h^2 (3r - h)$, wenn r der Radius der Kugel, a der der Schnittfläche und h die Höhe des Abschnittes.

Inhalt der Kugelzone: $J = \frac{1}{6} \cdot \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2)$, wenn a und b die Radien der Endflächen.

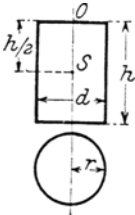
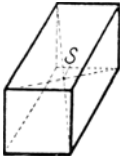
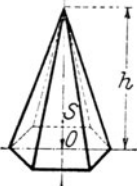
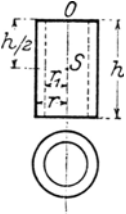
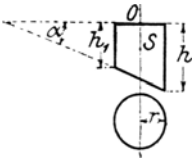
Inhalt des Kugelausschnittes: $J = \frac{2}{3} \cdot \pi r^2 h$, wenn h die Höhe der entsprechenden Kalotte ist.

Gewicht = Inhalt \times spec. Gewicht.

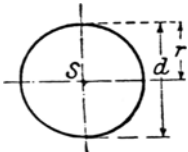
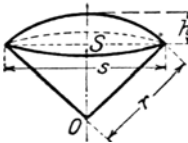
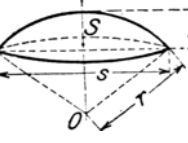
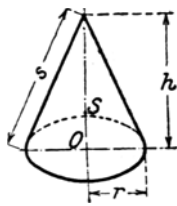
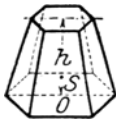
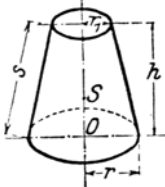
Flächenberechnung.

	Flächeninhalt $= F$	Lage des Schwerpunkts
 <p style="text-align: center;">Dreieck.</p>	$F = \frac{b \cdot h}{2}$	$AO = OC$ $SO = \frac{1}{3} BO$ (Schwerpunkt = Schnittpunkt der Mittellinien)
 <p style="text-align: center;">Trapez.</p>	$F = \frac{a + b}{2} \cdot h$	$SO = \frac{1}{3} h \cdot \frac{2b + a}{a + b}$
 <p style="text-align: center;">Halbkreis.</p>	$F = \frac{\pi r^2}{2}$	$SO = \frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} = 0,43 \cdot r$
 <p style="text-align: center;">Ellipse.</p>	$F = \frac{a \cdot b \cdot \pi}{4}$	Kreuzungspunkt der Achsen
 <p style="text-align: center;">Kreisausschnitt.</p>	$F = \frac{b \cdot r}{2} = \frac{\varphi}{360} \cdot \pi \cdot r^2$	$SO = \frac{2 \cdot r \cdot s}{3 \cdot b}$
 <p style="text-align: center;">Kreisabschnitt.</p>	$F = \frac{r(b-s) + s \cdot h}{2}$	$SO = \frac{s^3}{12 F}$ (F = Flächeninhalt)

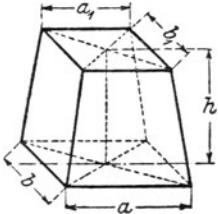
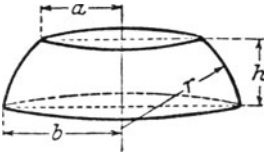
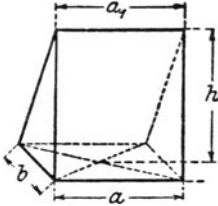
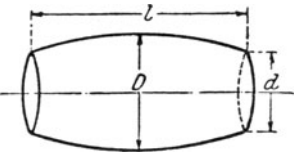
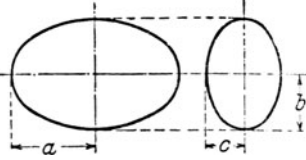
Körperberechnung.

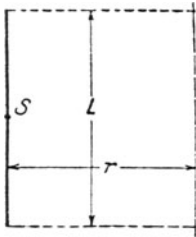
	Mantelfläche M Oberfläche O	Lage des Schwerpunkts	Rauminhalt $= J$
 <p>Zylinder.</p>	$M = 2 \pi r h$ $= \pi d h$	$SO = \frac{h}{2}$	$J = \frac{\pi r^2 h}{4}$ $= \frac{d^2 \pi}{4} \cdot h$
 <p>Prisma.</p>	$O =$ Umfang \times Höhe + doppelte Grund- fläche	Kreuzungs- punkt der Diagonalen	$J = \text{Länge} \times$ Breite \times Höhe
 <p>Pyramide.</p>	$O =$ Summe der begrenzenden Dreiecke + Grundfläche	$SO = \frac{1}{4} h$	$J = \frac{h}{3} \times$ Grundfläche
 <p>Hohlzylinder.</p>	$M =$ Innerer + äußerer Mantel = $2 \pi h \times (r + r_1)$	$SO = \frac{h}{2}$	$J = \pi \cdot h \times$ $(r^2 - r_1^2)$
 <p>Schief abgeschn. Zylind.</p>	$M =$ $\pi r (h + h_1)$	$SO =$ $\frac{h + h_1}{4} +$ $\frac{1}{4} \cdot \frac{r^2 \cdot \text{tg}^2 \alpha}{h + h_1}$	$J =$ $\frac{\pi r^2 (h + h_1)}{2}$

Körperberechnung.

	Oberfläche O Mantelfläche M	Lage des Schwerpunkts	Rauminhalt $= J$
 Kugel.	$O = 4\pi r^2$ $= \pi d^2$	im Mittelpunkt	$J = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$ $= \frac{\pi \cdot d^3}{6}$
 Kugelausschnitt.	$O = \frac{\pi \cdot r}{2} \cdot (4h + s)$	$SO = \frac{3}{4} \cdot \left(r - \frac{h}{2} \right)$	$J = \frac{2}{3} \pi \cdot r^2 \cdot h$
 Kugelabschnitt.	$M = 2\pi r \cdot h$ $= \frac{\pi}{4} \times (s^2 + 4h^2)$	$SO = \frac{3}{4} \cdot \frac{(2r - h)^2}{3r - h}$	$J = \pi \cdot h^2 \cdot \left(r - \frac{h}{3} \right)$ $= \pi h \cdot \left(\frac{s^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right)$
 Kegel.	Fläche des Kegel-Mantels $= \pi \cdot r \cdot s = \pi \cdot r \sqrt{r^2 + h^2}$	$SO = \frac{1}{4} h$	$J = \frac{h}{3} \times r^2 \pi$
 Abgestumpfte Pyramide.	$O =$ Summe der begrenzenden Trapeze + obere + untere Grundfläche	$SO = \frac{h}{4} \cdot \frac{F + 2\sqrt{F \cdot f} + 3f}{F + \sqrt{F \cdot f} + f}$	$J = \frac{h}{3} \cdot (F + f + \sqrt{F \cdot f})$ (f obere, F untere Grundfl.)
 Abgestumpfter Kegel.	$M = \pi s (r + r_1)$	$SO = \frac{h}{4} \cdot \frac{r^2 + 2r \cdot r_1 + 3r_1^2}{r^2 + r \cdot r_1 + r_1^2}$	$J = (r^2 + r_1^2 + r r_1) \cdot \frac{\pi h}{3}$

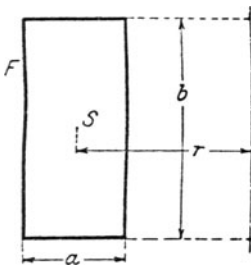
Körperberechnung.

	Oberfläche O Mantelfläche M	Rauminhalt = J
 <p style="text-align: center;">Obelisk.</p>	$O =$ Summe der 4 Trapeze + beide Endflächen	$J = \frac{h}{6} [(2a + a_1) \cdot b + (2a_1 + a) \cdot b_1]$ $= \frac{h}{6} [a \cdot b + a_1 \cdot b_1 + (a + a_1) \cdot (b + b_1)]$
 <p style="text-align: center;">Kugelzone.</p>	$M = 2r \cdot \pi \cdot h$	$J = \frac{\pi \cdot h}{6} \times (3a^2 + 3b^2 + h^2)$
 <p style="text-align: center;">Keil.</p>	$M =$ Summe der 2 Trapeze und der beiden Seitendreiecke	$J = \frac{(2a + a_1) \times b \cdot h}{6}$
 <p style="text-align: center;">Faß.</p>	Durch einfache Formeln nicht ausdrückbar	angenähert: $J = \frac{\pi \cdot l}{15} \times (2D^2 + D \cdot d + 0,75d^2)$
 <p style="text-align: center;">Ellipsoid.</p>	Durch einfache Formeln nicht ausdrückbar	$J = \frac{4}{3} \cdot a \cdot b \cdot c \cdot \pi$



Guldinische Regel.

Der Inhalt F einer Umdrehungsfläche ist gleich der erzeugenden Linie L multipliziert mit dem Weg, den der Schwerpunkt S mit dem Abstand r von der Drehachse beschreibt. $F = 2 \cdot L \cdot r \pi$



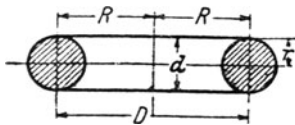
Der Inhalt J eines Umdrehungskörpers, der durch Drehung einer Fläche F um eine Achse entstanden ist, ist gleich dem Flächeninhalt F multipliziert mit dem Weg, den der Schwerpunkt S mit dem Abstand r von der Drehachse beschreibt.

$$F = a \cdot b;$$

$$J = F \cdot 2 r \pi$$

$$= a \cdot b \cdot 2 r \pi$$

Beispiel: Zylindrischer Ring $F = 4 \pi^2 \cdot R \cdot r = 39,478 \cdot R \cdot r$
 $= \pi^2 \cdot D \cdot d = 9,8696 \cdot D \cdot d$

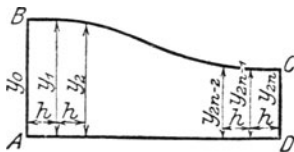


$$J = \frac{\pi^2 R d^2}{2} = 4,9348 R d^2$$

$$= \frac{\pi^2 D d^2}{4} = 2,4674 D d^2$$

$$= 2 \pi^2 \cdot R \cdot r^2 = 19,739 R \cdot r^2$$

Ermittlung des Inhaltes einer beliebig begrenzten Fläche (Simpsonsche Regel).



Begrenzung der Fläche durch:

$$BA = y_0 \perp AD$$

$$CD = y_{2n} \perp AD;$$

$$BC \text{ beliebige Kurve.}$$

Die Fläche wird in eine gerade Anzahl ($2n$) von Teilen geteilt, indem in gleichen Abständen h zu y_0 Parallele gezogen werden. Es ist dann

$$F = \frac{h}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \dots + 2y_{2n-2} + 4y_{2n-1} + y_{2n}).$$

Primzahlen und Faktoren der Zahlen von 1—1000.

1		51	3×17	101		151	
2		52	$2^2 \times 13$	102	$2 \times 3 \times 17$	152	$2^3 \times 19$
3		53		103		153	$3^2 \times 17$
4	2^2	54	2×3^3	104	$2^3 \times 13$	154	$2 \times 7 \times 11$
5		55	5×11	105	$3 \times 5 \times 7$	155	5×31
6	2×3	56	$2^3 \times 7$	106	2×53	156	$2^2 \times 3 \times 13$
7		57	3×19	107		157	
8	2^3	58	2×29	108	$2^2 \times 3^3$	158	2×79
9	3^2	59		109		159	3×53
10	2×5	60	$2^2 \times 3 \times 5$	110	$2 \times 5 \times 11$	160	$2^5 \times 5$
11		61		111	3×37	161	7×23
12	$2^2 \times 3$	62	2×31	112	$2^4 \times 7$	162	2×3^4
13		63	$3^2 \times 7$	113		163	
14	2×7	64	2^6	114	$2 \times 3 \times 19$	164	$2^2 \times 41$
15	3×5	65	5×13	115	5×23	165	$3 \times 5 \times 11$
16	2^4	66	$2 \times 3 \times 11$	116	$2^2 \times 29$	166	2×83
17		67		117	$3^2 \times 13$	167	
18	2×3^2	68	$2^2 \times 17$	118	2×59	168	$2^3 \times 3 \times 7$
19		69	3×23	119	7×17	169	13^2
20	$2^2 \times 5$	70	$2 \times 5 \times 7$	120	$2^3 \times 3 \times 5$	170	$2 \times 5 \times 17$
21	3×7	71		121	11^2	171	$3^2 \times 19$
22	2×11	72	$2^3 \times 3^2$	122	2×61	172	$2^2 \times 43$
23		73		123	3×41	173	
24	$2^3 \times 3$	74	2×37	124	$2^2 \times 31$	174	$2 \times 3 \times 29$
25	5^2	75	3×5^2	125	5^3	175	$5^2 \times 7$
26	2×13	76	$2^2 \times 19$	126	$2 \times 3^2 \times 7$	176	$2^4 \times 11$
27	3^3	77	7×11	127		177	3×59
28	$2^2 \times 7$	78	$2 \times 3 \times 13$	128	2^7	178	2×89
29		79		129	3×43	179	
30	$2 \times 3 \times 5$	80	$2^4 \times 5$	130	$2 \times 5 \times 13$	180	$2^2 \times 3^2 \times 5$
31		81	3^4	131		181	
32	2^5	82	2×41	132	$2^2 \times 3 \times 11$	182	$2 \times 7 \times 13$
33	3×11	83		133	7×19	183	3×61
34	2×17	84	$2^2 \times 3 \times 7$	134	2×67	184	$2^3 \times 23$
35	5×7	85	5×17	135	$3^3 \times 5$	185	5×37
36	$2^2 \times 3^2$	86	2×43	136	$2^3 \times 17$	186	$2 \times 3 \times 31$
37		87	3×29	137		187	11×17
38	2×19	88	$2^3 \times 11$	138	$2 \times 3 \times 23$	188	$2^2 \times 47$
39	3×13	89		139		189	$3^3 \times 7$
40	$2^3 \times 5$	90	$2 \times 3^2 \times 5$	140	$2^2 \times 5 \times 7$	190	$2 \times 5 \times 19$
41		91	7×13	141	3×47	191	
42	$2 \times 3 \times 7$	92	$2^2 \times 23$	142	2×71	192	$2^6 \times 3$
43		93	3×31	143	11×13	193	
44	$2^2 \times 11$	94	2×47	144	$2^4 \times 3^2$	194	2×97
45	$3^2 \times 5$	95	5×19	145	5×29	195	$3 \times 5 \times 13$
46	2×23	96	$2^5 \times 3$	146	2×73	196	$2^2 \times 7^2$
47		97		147	3×7^2	197	
48	$2^4 \times 3$	98	2×7^2	148	$2^2 \times 37$	198	$2 \times 3^2 \times 11$
49	7^2	99	$3^2 \times 11$	149		199	
50	2×5^2	100	$2^2 \times 5^2$	150	$2 \times 3 \times 5^2$	200	$2^3 \times 5^2$

Primzahlen und Faktoren der Zahlen von 1—1000.

201	3×67	251		301	7×43	351	$3^3 \times 13$
202	2×101	252	$2^2 \times 3^2 \times 7$	302	2×151	352	$2^5 \times 11$
203	7×29	253	11×23	303	3×101	353	
204	$2^2 \times 3 \times 17$	254	2×127	304	$2^4 \times 19$	354	$2 \times 3 \times 59$
205	5×41	255	$3 \times 5 \times 17$	305	5×61	355	5×71
206	2×103	256	2^8	306	$2 \times 3^2 \times 17$	356	$2^2 \times 89$
207	$3^2 \times 23$	257		307		357	$3 \times 7 \times 17$
208	$2^4 \times 13$	258	$2 \times 3 \times 43$	308	$2^2 \times 7 \times 11$	358	2×179
209	11×19	259	7×37	309	3×103	359	
210	$2 \times 3 \times 5 \times 7$	260	$2^2 \times 5 \times 13$	310	$2 \times 5 \times 31$	360	$2^3 \times 3^2 \times 5$
211		261	$3^2 \times 29$	311		361	19^2
212	$2^2 \times 53$	262	2×131	312	$2^3 \times 3 \times 13$	362	2×181
213	3×71	263		313		363	3×11^2
214	2×107	264	$2^3 \times 3 \times 11$	314	2×157	364	$2^2 \times 7 \times 13$
215	5×43	265	5×53	315	$3^2 \times 5 \times 7$	365	5×73
216	$2^3 \times 3^3$	266	$2 \times 7 \times 19$	316	$2^2 \times 79$	366	$2 \times 3 \times 61$
217	7×31	267	3×89	317		367	
218	2×109	268	$2^2 \times 67$	318	$2 \times 3 \times 53$	368	$2^4 \times 23$
219	3×73	269		319	11×29	369	$3^2 \times 41$
220	$2^2 \times 5 \times 11$	270	$2 \times 3^3 \times 5$	320	$2^6 \times 5$	370	$2 \times 5 \times 37$
221	13×17	271		321	3×107	371	7×53
222	$2 \times 3 \times 37$	272	$2^4 \times 17$	322	$2 \times 7 \times 23$	372	$2^2 \times 3 \times 31$
223		273	$3 \times 7 \times 13$	323	17×19	373	
224	$2^5 \times 7$	274	2×137	324	$2^2 \times 3^4$	374	$2 \times 11 \times 17$
225	$3^2 \times 5^2$	275	$5^2 \times 11$	325	$5^2 \times 13$	375	3×5^3
226	2×113	276	$2^2 \times 3 \times 23$	326	2×163	376	$2^3 \times 47$
227		277		327	3×109	377	13×29
228	$2^2 \times 3 \times 19$	278	2×139	328	$2^3 \times 41$	378	$2 \times 3^3 \times 7$
229		279	$3^2 \times 31$	329	7×47	379	
230	$2 \times 5 \times 23$	280	$2^3 \times 5 \times 7$	330	$2 \times 3 \times 5 \times 11$	380	$2^2 \times 5 \times 19$
231	$3 \times 7 \times 11$	281		331		381	3×127
232	$2^3 \times 29$	282	$2 \times 3 \times 47$	332	$2^2 \times 83$	382	2×191
233		283		333	$3^2 \times 37$	383	
234	$2 \times 3^2 \times 13$	284	$2^2 \times 71$	334	2×167	384	$2^7 \times 3$
235	5×47	285	$3 \times 5 \times 19$	335	5×67	385	$5 \times 7 \times 11$
236	$2^2 \times 59$	286	$2 \times 11 \times 13$	336	$2^4 \times 3 \times 7$	386	2×193
237	3×79	287	7×41	337		387	$3^2 \times 43$
238	$2 \times 7 \times 17$	288	$2^5 \times 3^2$	338	2×13^2	388	$2^2 \times 97$
239		289	17^2	339	3×113	389	
240	$2^4 \times 3 \times 5$	290	$2 \times 5 \times 29$	340	$2^2 \times 5 \times 17$	390	$2 \times 3 \times 5 \times 13$
241		291	2×97	341	11×31	391	17×23
242	2×11^2	292	$2^2 \times 73$	342	$2 \times 3^2 \times 19$	392	$2^3 \times 7^2$
243	3^5	293		343	7^3	393	3×131
244	$2^2 \times 61$	294	$2 \times 3 \times 7^2$	344	$2^3 \times 43$	394	2×197
245	5×7^2	295	5×59	345	$3 \times 5 \times 23$	395	5×79
246	$2 \times 3 \times 41$	296	$2^3 \times 37$	346	2×173	396	$2^2 \times 3^2 \times 11$
247	13×19	297	$3^3 \times 11$	347		397	
248	$2^3 \times 31$	298	2×149	348	$2^2 \times 3 \times 29$	398	2×199
249	3×83	299	13×23	349		399	$3 \times 7 \times 19$
250	2×5^3	300	$2^2 \times 3 \times 5^2$	350	$2 \times 5^2 \times 7$	400	$2^4 \times 5^2$

Primzahlen und Faktoren der Zahlen von 1—1000.

401		451	11×41	501	3×167	551	19×29
402	$2 \times 3 \times 67$	452	$2^2 \times 113$	502	2×251	552	$2^3 \times 3 \times 23$
403	13×31	453	3×151	503		553	7×79
404	$2^2 \times 101$	454	2×227	504	$2^3 \times 3^2 \times 7$	554	2×277
405	$3^4 \times 5$	455	$5 \times 7 \times 13$	505	5×101	555	$3 \times 5 \times 37$
406	$2 \times 7 \times 29$	456	$2^3 \times 3 \times 19$	506	$2 \times 11 \times 23$	556	$2^2 \times 139$
407	11×37	457		507	3×13^2	557	
408	$2^3 \times 3 \times 17$	458	2×229	508	$2^2 \times 127$	558	$2 \times 3^2 \times 31$
409		459	$3^3 \times 17$	509		559	13×43
410	$2 \times 5 \times 41$	460	$2^2 \times 5 \times 23$	510	$2 \times 3 \times 5 \times 17$	560	$2^4 \times 5 \times 7$
411	3×137	461		511	7×73	561	$3 \times 11 \times 17$
412	$2^2 \times 103$	462	$2 \times 3 \times 7 \times 11$	512	2^9	562	2×281
413	7×59	463		513	$3^3 \times 19$	563	
414	$2 \times 3^2 \times 23$	464	$2^4 \times 29$	514	2×257	564	$2^2 \times 3 \times 47$
415	5×83	465	$3 \times 5 \times 31$	515	5×103	565	5×113
416	$2^5 \times 13$	466	2×233	516	$2^2 \times 3 \times 43$	566	2×283
417	3×139	467		517	11×47	567	$3^4 \times 7$
418	$2 \times 11 \times 19$	468	$2^2 \times 3^2 \times 13$	518	$2 \times 7 \times 37$	568	$2^3 \times 71$
419		469	7×67	519	3×173	569	
420	$2^2 \times 3 \times 5 \times 7$	470	$2 \times 5 \times 47$	520	$2^3 \times 5 \times 13$	570	$2 \times 3 \times 5 \times 19$
421		471	3×157	521		571	
422	2×211	472	$2^3 \times 59$	522	$2 \times 3^2 \times 29$	572	$2^2 \times 11 \times 13$
423	$3^2 \times 47$	473	11×43	523		573	3×191
424	$2^3 \times 53$	474	$2 \times 3 \times 79$	524	$2^2 \times 131$	574	$2 \times 7 \times 41$
425	$5^2 \times 17$	475	$5^2 \times 19$	525	$3 \times 5^2 \times 7$	575	$5^2 \times 23$
426	$2 \times 3 \times 71$	476	$2^2 \times 7 \times 17$	526	2×263	576	$2^6 \times 3^2$
427	7×61	477	$3^2 \times 53$	527	17×31	577	
428	$2^2 \times 107$	478	2×239	528	$2^4 \times 3 \times 11$	578	2×17^2
429	$3 \times 11 \times 13$	479		529	23^2	579	3×193
430	$2 \times 5 \times 43$	480	$2^5 \times 3 \times 5$	530	$2 \times 5 \times 53$	580	$2^2 \times 5 \times 29$
431		481	13×37	531	$3^2 \times 59$	581	7×83
432	$2^4 \times 3^3$	482	2×241	532	$2^2 \times 7 \times 19$	582	$2 \times 3 \times 97$
433		483	$3 \times 7 \times 23$	533	13×41	583	11×53
434	$2 \times 7 \times 31$	484	$2^2 \times 11^2$	534	$2 \times 3 \times 89$	584	$2^3 \times 73$
435	$3 \times 5 \times 29$	485	5×97	535	5×107	585	$3^2 \times 5 \times 13$
436	$2^2 \times 109$	486	2×3^5	536	$2^3 \times 67$	586	2×293
437	19×23	487		537	3×179	587	
438	$2 \times 3 \times 73$	488	$2^3 \times 61$	538	2×269	588	$2^2 \times 3 \times 7^2$
439		489	3×163	539	$7^2 \times 11$	589	19×31
440	$2^3 \times 5 \times 11$	490	$2 \times 5 \times 7^2$	540	$2^2 \times 3^3 \times 5$	590	$2 \times 5 \times 59$
441	$3^2 \times 7^2$	491		541		591	3×197
442	$2 \times 13 \times 17$	492	$2^2 \times 3 \times 41$	542	2×271	592	$2^4 \times 37$
443		493	17×29	543	3×181	593	
444	$2^2 \times 3 \times 37$	494	$2 \times 13 \times 19$	544	$2^5 \times 17$	594	$2 \times 3^3 \times 11$
445	5×89	495	$3^2 \times 5 \times 11$	545	5×109	595	$5 \times 7 \times 17$
446	2×223	496	$2^4 \times 31$	546	$2 \times 3 \times 7 \times 13$	596	$2^2 \times 149$
447	3×149	497	7×71	547		597	3×199
448	$2^6 \times 7$	498	$2 \times 3 \times 83$	548	$2^2 \times 137$	598	$2 \times 13 \times 23$
449		499		549	$3^2 \times 61$	599	
450	$2 \times 3^2 \times 5^2$	500	$2^2 \times 5^3$	550	$2 \times 5^2 \times 11$	600	$2^3 \times 3 \times 5^2$

Primzahlen und Faktoren der Zahlen von 1—1000.

601		651	$3 \times 7 \times 31$	701		751	
602	$2 \times 7 \times 43$	652	$2^2 \times 163$	702	$2 \times 3^3 \times 13$	752	$2^4 \times 47$
603	$3^2 \times 67$	653		703	19×37	753	3×251
604	$2^2 \times 151$	654	$2 \times 3 \times 109$	704	$2^6 \times 11$	754	$2 \times 13 \times 29$
605	5×11^2	655	5×131	705	$3 \times 5 \times 47$	755	5×151
606	$2 \times 3 \times 101$	656	$2^4 \times 41$	706	2×353	756	$2^2 \times 3^3 \times 7$
607		657	$3^2 \times 73$	707	7×101	757	
608	$2^5 \times 19$	658	$2 \times 7 \times 47$	708	$2^2 \times 3 \times 59$	758	2×379
609	$3 \times 7 \times 29$	659		709		759	$3 \times 11 \times 23$
610	$2 \times 5 \times 61$	660	$2^2 \times 3 \times 5 \times 11$	710	$2 \times 5 \times 71$	760	$2^3 \times 5 \times 19$
611	13×47	661		711	$3^2 \times 79$	761	
612	$2^2 \times 3^2 \times 17$	662	2×331	712	$2^3 \times 89$	762	$2 \times 3 \times 127$
613		663	$3 \times 13 \times 17$	713	23×31	763	7×109
614	2×307	664	$2^3 \times 83$	714	$2 \times 3 \times 7 \times 17$	764	$2^2 \times 191$
615	$3 \times 5 \times 41$	665	$5 \times 7 \times 19$	715	$5 \times 11 \times 13$	765	$3^2 \times 5 \times 17$
616	$2^3 \times 7 \times 11$	666	$2 \times 3^2 \times 37$	716	$2^2 \times 179$	766	2×383
617		667	23×29	717	3×239	767	13×59
618	$2 \times 3 \times 103$	668	$2^2 \times 167$	718	2×359	768	$2^8 \times 3$
619		669	3×223	719		769	
620	$2^2 \times 5 \times 31$	670	$2 \times 5 \times 67$	720	$2^4 \times 3^2 \times 5$	770	$2 \times 5 \times 7 \times 11$
621	$3^3 \times 23$	671	11×61	721	7×103	771	3×257
622	2×311	672	$2^5 \times 3 \times 7$	722	2×19^2	772	$2^2 \times 193$
623	7×89	673		723	3×241	773	
624	$2^4 \times 3 \times 13$	674	2×337	724	$2^2 \times 181$	774	$2 \times 3^2 \times 43$
625	5^4	675	$3^3 \times 5^2$	725	$5^2 \times 29$	775	$5^2 \times 31$
626	2×313	676	$2^2 \times 13^2$	726	$2 \times 3 \times 11^2$	776	$2^3 \times 97$
627	$3 \times 11 \times 19$	677		727		777	$3 \times 7 \times 37$
628	$2^2 \times 157$	678	$2 \times 3 \times 113$	728	$2^3 \times 7 \times 13$	778	2×389
629	17×37	679	7×97	729	3^6	779	19×41
630	$2 \times 3^2 \times 5 \times 7$	680	$2^3 \times 5 \times 17$	730	$2 \times 5 \times 73$	780	$2^2 \times 3 \times 5 \times 13$
631		681	3×227	731	17×43	781	11×71
632	$2^3 \times 79$	682	$2 \times 11 \times 31$	732	$2^2 \times 3 \times 61$	782	$2 \times 17 \times 23$
633	3×211	683		733		783	$3^3 \times 29$
634	2×317	684	$2^2 \times 3^2 \times 19$	734	2×367	784	$2^4 \times 7^2$
635	5×127	685	5×137	735	$3 \times 5 \times 7^2$	785	5×157
636	$2^2 \times 3 \times 53$	686	2×7^3	736	$2^5 \times 23$	786	$2 \times 3 \times 131$
637	$7^2 \times 13$	687	3×229	737	11×67	787	
638	$2 \times 11 \times 29$	688	$2^4 \times 43$	738	$2 \times 3^2 \times 41$	788	$2^2 \times 197$
639	$3^2 \times 71$	689		739		789	3×263
640	$2^7 \times 5$	690	$2 \times 3 \times 5 \times 23$	740	$2^2 \times 5 \times 37$	790	$2 \times 5 \times 79$
641		691		741	$3 \times 13 \times 19$	791	7×113
642	$2 \times 3 \times 107$	692	$2^2 \times 173$	742	$2 \times 7 \times 53$	792	$2^3 \times 3^2 \times 11$
643		693	$3^2 \times 7 \times 11$	743		793	13×61
644	$2^2 \times 7 \times 23$	694	2×347	744	$2^3 \times 3 \times 31$	794	2×397
645	$3 \times 5 \times 43$	695	5×139	745	5×149	795	$3 \times 5 \times 53$
646	$2 \times 17 \times 19$	696	$2^3 \times 3 \times 29$	746	2×373	796	$2^2 \times 199$
647		697	17×41	747	$3^2 \times 83$	797	
648	$2^3 \times 3^4$	698	2×349	748	$2^2 \times 11 \times 17$	798	$2 \times 3 \times 7 \times 19$
649	11×59	699	3×233	749	7×107	799	17×47
650	$2 \times 5^2 \times 13$	700	$2^2 \times 5^2 \times 7$	750	$2 \times 3 \times 5^3$	800	$2^5 \times 5^2$

Primzahlen und Faktoren der Zahlen von 1—1000.

801	$3^2 \times 89$	851	23×37	901	17×53	951	3×317
802	2×401	852	$2^2 \times 3 \times 71$	902	$2 \times 11 \times 41$	952	$2^3 \times 7 \times 17$
803	11×73	853		903	$3 \times 7 \times 43$	953	
804	$2^2 \times 3 \times 67$	854	$2 \times 7 \times 61$	904	$2^3 \times 113$	954	$2 \times 3^2 \times 53$
805	$5 \times 7 \times 23$	855	$3^2 \times 5 \times 19$	905	5×181	955	5×191
806	$2 \times 13 \times 31$	856	$2^3 \times 107$	906	$2 \times 3 \times 151$	956	$2^2 \times 239$
807	3×269	857		907		957	$3 \times 11 \times 29$
808	$2^3 \times 101$	858	$2 \times 3 \times 11 \times 13$	908	$2^2 \times 227$	958	2×479
809		859		909	$3^2 \times 101$	959	7×137
810	$2 \times 3^4 \times 5$	860	$2^2 \times 5 \times 43$	910	$2 \times 5 \times 7 \times 13$	960	$2^6 \times 3 \times 5$
811		861	$3 \times 7 \times 41$	911		961	31^2
812	$2^2 \times 7 \times 29$	862	2×431	912	$2^4 \times 3 \times 19$	962	$2 \times 13 \times 37$
813	3×271	863		913	11×83	963	$3^2 \times 107$
814	$2 \times 11 \times 37$	864	$2^5 \times 3^3$	914	2×457	964	$2^2 \times 241$
815	5×163	865	5×173	915	$3 \times 5 \times 61$	965	5×193
816	$2^4 \times 3 \times 17$	866	2×433	916	$2^2 \times 229$	966	$2 \times 3 \times 7 \times 23$
817	19×43	867	3×17^2	917	7×131	967	
818	2×409	868	$2^2 \times 7 \times 31$	918	$2 \times 3^3 \times 17$	968	$2^3 \times 11^2$
819	$3^2 \times 7 \times 13$	869	11×79	919		969	$3 \times 17 \times 19$
820	$2^2 \times 5 \times 41$	870	$2 \times 3 \times 5 \times 29$	920	$2^3 \times 5 \times 23$	970	$2 \times 5 \times 97$
821		871	13×67	921	3×307	971	
822	$2 \times 3 \times 137$	872	$2^3 \times 109$	922	2×461	972	$2^2 \times 3^5$
823		873	$3^2 \times 97$	923	13×71	973	7×139
824	$2^3 \times 103$	874	$2 \times 19 \times 23$	924	$2^2 \times 3 \times 7 \times 11$	974	2×487
825	$3 \times 5^2 \times 11$	875	$5^3 \times 7$	925	$5^2 \times 37$	975	$3 \times 5^2 \times 13$
826	$2 \times 7 \times 59$	876	$2^2 \times 3 \times 73$	926	2×463	976	$2^4 \times 61$
827		877		927	$3^2 \times 103$	977	
828	$2^2 \times 3^2 \times 23$	878	2×439	928	$2^5 \times 29$	978	$2 \times 3 \times 163$
829		879	3×293	929		979	11×89
830	$2 \times 5 \times 83$	880	$2^4 \times 5 \times 11$	930	$2 \times 3 \times 5 \times 31$	980	$2^2 \times 5 \times 7^2$
831	3×277	881		931	$7^2 \times 19$	981	$3^2 \times 109$
832	$2^6 \times 13$	882	$2 \times 3 \times 7^2$	932	$2^2 \times 233$	982	2×491
833	$7^2 \times 17$	883		933	3×311	983	
834	$2 \times 3 \times 139$	884	$2^2 \times 13 \times 17$	934	2×467	984	$2^3 \times 3 \times 41$
835	5×167	885	$3 \times 5 \times 59$	935	$5 \times 11 \times 17$	985	5×197
836	$2^2 \times 11 \times 19$	886	2×443	936	$2^3 \times 3^2 \times 13$	986	$2 \times 17 \times 29$
837	$3^3 \times 31$	887		937		987	$3 \times 7 \times 47$
838	2×419	888	$2^3 \times 3 \times 37$	938	$2 \times 7 \times 67$	988	$2^2 \times 13 \times 19$
839		889	7×127	939	3×313	989	23×43
840	$2^3 \times 3 \times 5 \times 7$	890	$2 \times 5 \times 89$	940	$2^2 \times 5 \times 47$	990	$2 \times 3^2 \times 5 \times 11$
841	29^2	891	$3^4 \times 11$	941		991	
842	2×421	892	$2^2 \times 223$	942	$2 \times 3 \times 157$	992	$2^5 \times 31$
843	3×281	893	19×47	943	23×41	993	3×331
844	$2^2 \times 211$	894	$2 \times 3 \times 149$	944	$2^4 \times 59$	994	$2 \times 7 \times 71$
845	5×13^2	895	5×179	945	$3^3 \times 5 \times 7$	995	5×199
846	$2 \times 3^2 \times 47$	896	$2^7 \times 7$	946	$2 \times 11 \times 43$	996	$2^2 \times 3 \times 83$
847	7×11^2	897	$3 \times 13 \times 23$	947		997	
848	$2^4 \times 53$	898	2×449	948	$2^2 \times 3 \times 79$	998	2×499
849	3×283	899	29×31	949	13×73	999	$3^3 \times 37$
850	$2 \times 5^2 \times 17$	900	$2^2 \times 3^2 \times 5^2$	950	$2 \times 5^2 \times 19$	1000	$2^3 \times 5^3$

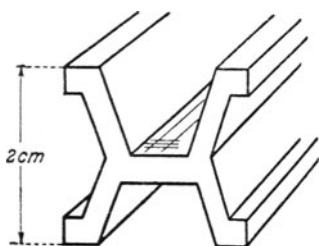
Das metrische Maßsystem.

(Ausführlich in W. Block, Maße und Messen, Leipzig, Verlag von B. G. Teubner.)

a) Länge.

Die Einheit der Länge ist der Meter. Er stellt mit großer Annäherung den 40 000 000 Teil des Erdumfanges, über die beiden Erdpole gemessen, dar. Als internationales Urmaß dient ein Maßstab, der aus einer Legierung von 90 v. H. Platin mit 10 v. H. Iridium hergestellt ist. Diese Mischung kommt an Festigkeit dem Stahle gleich, hat aber eine verhältnismäßig geringe Wärmeausdehnung (etwa 9μ für den Meter und den Grad Celsius).

Untenstehendes Bild zeigt den Querschnitt des Urmeters, das im internationalen Maß- und Gewichtsbüro im Pavillon von Breteuil zu Sèvres bei Paris aufbewahrt wird.



Auf der Mittelrippe sind die nur etwa 0,008 mm starken Begrenzungsstriche der Meterstrecke gezogen, auf jeder Seite dieser Begrenzungsstriche findet sich im Abstand von 0,5 mm je ein weiterer Strich. Die an der, am 20. Mai 1875 in Paris abgeschlossenen, „Internationalen Meterkonvention“ beteiligten 18 Staaten erhielten je eine genaue Nachbildung des internationalen Urmeters in gleicher Form und aus gleicher Legierung. Da geringe Abweichungen unvermeidlich sind, so wurde diese für jeden nationalen Urmeter festgestellt.

Der deutsche Urmeter (Nr. 18)

$$= 1 \text{ m} - 1,7 \mu + 8,642 \mu \cdot t + 0,001 \mu \cdot t^2$$

Hierbei ist t = Temperatur des Maßstabes

$$\mu = \text{Mikron} = 0,001 \text{ mm.}$$

Hieraus ergibt sich, daß der von der deutschen Normal-Eichungskommission in Berlin-Charlottenburg aufbewahrte deutsche Urmeter bei 0 Grad gegenüber dem internationalen Urmeter um 0,0017 mm zu kurz ist.

Der **Meter-Konvention** gehören zur Zeit an: Deutsches Reich, Österreich-Ungarn, Belgien, Niederlande, Dänemark, Spanien, Frankreich, Italien, Portugal, Rußland, Schweden, Norwegen, Schweiz, Türkei, Argentinische Republik, Vereinigte Staaten von Nordamerika, Peru, Venezuela, Serbien (1879), Rumänien (1882), Großbritannien (1884), Japan (1885), Mexiko (1890), Bolivia, Brasilien, Chile, Columbia, Costarica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Luxemburg, Nicaragua, Paraguay, Salvador, Uruguay, China.

Normaltemperatur. Im metrischen Maßsystem entspricht der Meter bei 0 Grad Celsius seinem Sollwerte. Für die Annahme dieser Ausgangstemperatur sprechen gewichtige Gründe, da die Temperatur des schmelzenden Eises jederzeit mit voller Sicherheit herzustellen ist, und die bei anderen Wärmegraden auftretenden Fehlerquellen der Vorrichtungen zur Temperaturmessung ausgeschaltet sind. Diese Ausgangstemperatur ist auch den gesetzlichen Bestimmungen über das metrische Maßsystem zugrunde gelegt. Im Maschinenbau werden zum Teil auch Meßwerkzeuge benutzt, die bei Gebrauchstemperatur, 16—20° C, ihrem Sollwerte entsprechen. Solche Geräte mit einer von 0 Grad abweichenden Normaltemperatur werden zur **Eichung** (Bescheinigung der Richtigkeit innerhalb bestimmter Fehlergrenzen, wie sie durch die „Eichordnung für das deutsche Reich“ festgesetzt sind) nicht zugelassen. Bei der amtlichen **Prüfung** (Angabe der Abweichung vom Sollwert) wird die Fehlerangabe auf jede beliebige Normaltemperatur bezogen, falls diese deutlich (etwa durch einen Stempel: „richtig bei + 20° C“ oder nur „+ 20° C“) auf dem Gerät erkenntlich gemacht ist. Andernfalls wird sie für 0 Grad berechnet.

b) Masse.

Als Masse eines Körpers bezeichnet man die Menge seines Stoffes oder das Produkt aus seinem Raumgehalt und seiner Dichte, d. h. der Zahl, die angibt, um wieviel schwerer ein Körper ist als der gleiche Rauminhalt an Wasser.

Die Einheit der Masse ist das **Kilogramm**; es entspricht sehr angenähert der Masse eines Kubikdezimeters destillierten Wassers bei seiner größten Dichte (4° C). Das internationale Urkilogramm besteht aus einem Vollzylinder von 39 mm Durchmesser und Höhe, ebenfalls aus Platiniridium, und wird vom internationalen Maß- und Gewichtsbüro aufbewahrt. Gleiche Stücke wurden unter die beteiligten Staaten verteilt und dienen dort als nationale Urmaße. Nach neueren Messungen stimmt das in Paris aufbewahrte Stück nicht genau mit seinem Sollwerte überein, sondern die Masse eines Kubikdezimeters Wasser ist 0,999 973 kg.

Das **deutsche Urkilogramm** (Nr. 22), das, ebenso wie das Urmeter (Nr. 18), von der Normal-Eichungskommission in Berlin aufbewahrt wird, hat die Masse von 1,000 000 002 kg bei einem Raumgehalt von 46,403 ($1 + 0,000\ 025\ 859 \cdot t + 0,000\ 000\ 006\ 5\ t^2$) cm³. t bedeutet hierin die jeweilige Beobachtungstemperatur.

c) Raummaß.

Die Einheit hierfür ist der **Kubikdezimeter** oder **Liter**. Genau genommen ist aber beides nicht gleichwertig. Nach dem Vorhergesagten wiegt ein Kubikdezimeter Wasser bei normalem Atmosphärendruck nur 0,999 973 kg, d. h., ein Liter ist um 27 mm³ größer als ein Kubikdezimeter. Für den Gebrauch ist dieser Unterschied aber belanglos.

Abkürzungen der metrischen Maße.

- a) Nach dem Comité International des Poids et Mesures (Procès-verbaux 1879, S. 41).
 b) Nach den Vorschriften des Deutschen Bundesrates (Zentralblatt für das Deutsche Reich vom 26. Januar 1912).
 In Deutschland sind jetzt auch die unter a) aufgeführten Abkürzungen zugelassen, soweit die betr. Maßgrößen erlaubt sind. (S. auch S. 71.)
 c) Bezeichnungen, gültig für Österreich, festgesetzt durch Handelsministerialerlaß vom 12. April 1886 Z. 11856 (vgl. „Maß- und Gewichtswesen und der Eichdienst in Österreich“ von Dr. Ritter v. Thaa).

Längenmaße.					
Benennung	a	b	c	Vergleichswerte	Potenzwerte auf cm bezogen
Mikron	μ			0,001 mm	10^{-4} cm
(Millimikron)	$\mu\mu$			0,001 μ	10^{-7} "
Millimeter	mm	mm	mm	1000 μ ; (1 000 000 $\mu\mu$)	10^{-1} "
Zentimeter	cm	cm	cm	10 mm	10^0 "
Dezimeter	dm	dm	dm	10 cm; 100 mm	10 "
Meter	m	m	m	{ 10 dm; 100 cm; 1000 mm } 1 000 000 μ	10^2 "
Kilometer	km	km	km	1000 m; 1 000 000 mm	10^5 "
Myriameter			μ m	10 km; 10 000 m	10^6 "
Flächenmaße.					
Benennung	a	b	c	Vergleichswerte	Potenzwerte auf cm ² bezogen
Quadratmillimeter	mm ²	qmm	mm ²		10^{-2} cm ²
Quadratdezimeter	cm ²	qcm	cm ²	100 mm ²	10^0 "
Quadratmeter	dm ²	qdm	dm ²	100 cm ² ; 10 000 mm ²	10^2 "
Quadratmeter	m ²	qm	m ²	{ 100 dm ² ; 10 000 cm ² ; } 1 000 000 mm ²	10^4 "
Ar	a	a	a	100 m ²	10^6 "
Hektar	ha	ha	ha	100 a; 10 000 m ²	10^8 "
Quadratkilometer	km ²	qkm	km ²	1 000 000 m ²	10^{10} "
Quadrat-Myriameter			μ m ²	100 km ²	10^{12} "
Raummaße.					
Benennung	a	b	c	Vergleichswerte	Potenzwerte auf cm ³ bezogen
Kubikmillimeter	mm ³	cmm	mm ³		10^{-3} cm ³
Kubikzentimeter	cm ³	ccm	cm ³	1000 mm ³	10^0 "
Kubikdezimeter	dm ³	cdm	dm ³	1000 cm ³ ; 1000000 mm ³ ; = 1l	10^3 "
Kubikmeter (Ster)	m ³	cbm	m ³	1000 dm ³ ; 1000 l; 10 hl	10^6 "
Hektoliter	hl	hl	hl	100 l; 100 dm ³	10^5 "
Liter	l	l	l	1 dm ³ ; 1/100 hl	10^3 "
Deziliter	dl		dl	1/10 l; 100 cm ³	10^2 "
Zentiliter	cl		cl	1/100 l; 10 cm ³	10^1 "
Milliliter	ml	ml		1/1000 l; 1 cm ³	10^0 "
(Mikroliter)	λ)			1/1000 ml; 1 mm ³	10^{-3} "
Massen (Gewichte).					
Benennung	a	b	c	Vergleichswerte	Potenzwerte auf g bezogen
(Mikrogramm)	γ)			0,001 mg	10^{-6} g
Milligramm	mg	mg	mg	1000 γ	10^{-3} "
Zentigramm	cg		cg	10 mg	10^{-2} "
Dezigramm	dg		dg	10 cg	10^{-1} "
Gramm	g	g	g	10 dg; 100 cg; 1000 mg	10^0 "
Dekagramm			dkg	10 g	10^1 "
Hektogramm		hg		100 g	10^2 "
Kilogramm	kg	kg	kg	1000 g; 2 Pfund (ℓ)	10^3 "
Doppelzentner (Metrischer Zentner)		dz	q	100 kg; 200 Pfund	10^5 "
Tonne	t	t	t	1000 kg; 10 dz	10^6 "

Fehlergrenzen der wichtigsten zur amtlichen Eichung zugelassenen Meßgeräte.

Deutschland (vgl. Eichordnung für das Deutsche Reich vom 8. November 1911.)		Österreich (vgl. 13. Nachtrag zur österr. Eichordnung 19. 12. 1872.)		Ungarn																																									
<p>Die Eichfehlergrenzen gelten für die erstmalige Eichung der Geräte, die Verkehrsfehlergrenzen für alle Nacheichungen und für die im eichpflichtigen Verkehr zulässigen Abweichungen von der Richtigkeit.</p> <p>Das Stempelzeichen ist ein gewundenes Band, dem die Buchstaben D R (Deutsches Reich) bzw. K B (Königreich Bayern) eingeschrieben sind. Ihm ist in Zahlenform die Nummer des Eichamtes beigefügt. Bei Genauigkeitsgeräten befindet sich zwischen beiden Buchstaben ein sechsstrahliger Stern. Dem Eichstempel wird das Jahreszeichen, bestehend aus den letzten beiden Ziffern der Jahreszahl, in Schildumrahmung beigefügt.</p> <p>Bei allen unten aufgeführten Geräten beträgt die Gültigkeit des Eichstempels 2 Jahre, vom Ablauf des Kalenderjahres an gerechnet, in dem die letzte Eichung ausgeführt ist, bei Wagen für Lasten von 3000 kg und darüber, sowie bei fest fundamentierten Wagen 3 Jahre.</p>		<p>Man unterscheidet Fehlergrenzen bei der erstmaligen Eichung der Geräte und erweiterte Fehlergrenzen für die zur Nacheichung gelangenden Geräte.</p> <p>Das Stempelzeichen ist der K. K. Reichsadler, welchem links die Ziffer der Aufsichtsbehörde, rechts die Nummer des Eichamtes beigefügt ist, z. B.: Hauptechamt Wien = 1 Adler 1. Unterhalb oder neben diesem Stempel befindet sich der Abdruck der Jahreszahl, bei Fässern auch der Monatszahl. Bei Genauigkeitsgeräten ist neben diesem Stempelzeichen noch ein sechsstrahliger Stern angebracht.</p> <p>Gültigkeit des Eichstempels. Die Verordnungen des Handelsministeriums im Einvernehmen mit dem Ministerium des Innern und des Finanzministeriums vom 28. März 1881 R. G. B. Nr. 36, vom 1. April 1894 R. G. B. Nr. 64, und vom 18. Juli 1903 R. G. B. Nr. 195 bestimmen den Lauf der Fristen für die Nacheichung der im öffentlichen Verkehr verwendeten Meßgeräte. Hiernach unterliegen:</p> <p>a) der dreijährigen Nacheichungspflicht: Alle Längemaße, Hohlmaße für trockene Gegenstände, metallene Flüssigkeitsmaße, Transportgeräte für Milch, dann Brennholzmaße und Weinfässer.</p> <p>b) der zweijährigen Nacheichungspflicht: Alle Gewichte und Wagen, hölzerne Flüssigkeitsmaße, Milchgefäße mit Meßstab, Maischbotliche und die Bierfässer.</p> <p>Der Lauf festgestellter Fristen beginnt mit dem 1. Januar desjenigen Jahres, welches dem durch die eichamtliche Beglaubigung ausgewiesenen Jahre der ersten Eichung bzw. letzten Nacheichung des betreffenden Gegenstandes folgt.</p>		<p>Bei den eichbaren Maßen und Meßinstrumenten werden nach den auf Grund des 1907er V. Gesetzartikels § 17 erlassenen Verordnungen dritterlei Fehlergrenzen bestimmt:</p> <p>a) die Fehlergrenze der ersten Eichung.</p> <p>b) die Fehlergrenze der wiederkehrenden Eichung und</p> <p>c) die Fehlergrenze beim Gebrauch im öffentlichen Verkehr.</p> <p>Die Gebrauchs-Fehlergrenze c ist jener Wert, um den die Maße von der vorschriftsmäßigen Größe noch abweichen können, ohne daß der Gebrauch derselben strafbar wäre.</p> <p>Der von dem ung. staatl. Eichamt verwendete Eichstempel besteht aus der ungen. Krone inmitten eines Kreises, auf deren rechter und linker Seite die zwei letzten Ziffern des Jahres der Eichung stehen und darunter die Nummer des persönlichen Stempels des Eichmeisters. Die Zeitdauer der Gültigkeit der Eichstempel ist bei den angeführten Maßen: 2 Jahre. Diese Zeitdauer beginnt mit dem ersten Tage des auf das Jahr der Eichung folgenden Kalenderjahres.</p> <p>Die Fehlergrenzen der Längemaße, Gewichte und Wagen, wie diese in den jetzt in Kraft stehenden Verordnungen vorgeschrieben werden, sind folgende:</p>																																									
<p>A. Fehlergrenzen der Gesamtlänge.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gattung</th> <th>Länge m</th> <th>Fehlergrenze mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">Maßstäbe aus Metall</td> <td>10 bis einschl. 7</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>6 " " 4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3 und 2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,5, 0,2, 0,1</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Maßstäbe aus anderem Material</td> <td>10 bis einschl. 1</td> <td>das Doppelte wie oben</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,2 und 0,1</td> <td>0,25</td> </tr> </tbody> </table>		Gattung	Länge m	Fehlergrenze mm	Maßstäbe aus Metall	10 bis einschl. 7	3	6 " " 4	2	3 und 2	1	1	0,5	0,5, 0,2, 0,1	0,25	Maßstäbe aus anderem Material	10 bis einschl. 1	das Doppelte wie oben	0,5	0,5	0,2 und 0,1	0,25	<p>I. Längenmaße.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gattung</th> <th rowspan="2">Länge</th> <th colspan="3">Fehlergrenze mm</th> </tr> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Hölzerne Maßstäbe und zusammenlegbare Längemaße aus Holz</td> <td>2 m</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>Wie bei 3</td> </tr> <tr> <td>1 "</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>erster 1,5</td> </tr> <tr> <td>15 dm</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td>Eichung 1</td> </tr> </tbody> </table>		Gattung	Länge	Fehlergrenze mm			a	b	c	Hölzerne Maßstäbe und zusammenlegbare Längemaße aus Holz	2 m	2	2	Wie bei 3	1 "	1	1	erster 1,5	15 dm	0,5	0,5	Eichung 1
Gattung	Länge m	Fehlergrenze mm																																											
Maßstäbe aus Metall	10 bis einschl. 7	3																																											
	6 " " 4	2																																											
	3 und 2	1																																											
	1	0,5																																											
	0,5, 0,2, 0,1	0,25																																											
Maßstäbe aus anderem Material	10 bis einschl. 1	das Doppelte wie oben																																											
	0,5	0,5																																											
	0,2 und 0,1	0,25																																											
Gattung	Länge	Fehlergrenze mm																																											
		a	b	c																																									
Hölzerne Maßstäbe und zusammenlegbare Längemaße aus Holz	2 m	2	2	Wie bei 3																																									
	1 "	1	1	erster 1,5																																									
	15 dm	0,5	0,5	Eichung 1																																									

Bandmaße	50 und 40 30 bis einschl. 20	8	Bezüglich der Fässer ist die Frist nach der aus der eichamtlichen Beglaubigung ersichtlichen Monatszahl zu berechnen.	I. Längenmaße.	Gattung	Länge m	Fehlergrenzen bei der Eichung	Nach- eichung mm	Wie bei erster Eichung	Maßstäbe aus Metall und zusammenlegbare Längenmaße aus Metall	2 m 1 " 0,5 5 dm 0,25	Wie bei erster Eichung	1,5 1 0,5
	15 10 bis einschl. 7 6 " " 4 3 und 2 1 0,75 0,5	6 4 3 2 1 0,75 0,5											
Genauigkeits- maßstäbe	5 und 4 3 und 2 1	0,4 0,2 0,1	B. Fehlergrenzen der Einteilung. Bei Maßen von mehr als 3 m Länge für den Abstand irgendeiner Einteilungsmarke von dem ihr nächsten Ende der Maßlänge die Hälfte des zulässigen Fehlers der Gesamtlänge. - Bei Maßen von 3 m und weniger für den Abstand irgendeiner Einteilungsmarke von dem einen wie von dem anderen Ende der Maßlänge den vollen Betrag des zulässigen Fehlers der Gesamtlänge. - Bei Maßen jeder Größe für den Unterschied der Länge benachbarter Zentimeter und halber Zentimeter 0,5 mm (bei Genauigkeitsmaßen 0,2 mm) für den Unterschied der Länge benachbarter Millimeter und halber Millimeter 0,1 mm.	Fehlergrenzen bei der Eichung	Metallene Genauigkeitsmaßstäbe	m	mm	mm	Wie bei erster Eichung	Pferdemaße	2 m 5	8	8
	0,5 0,2 0,1 0,5	0,1 0,05 0,1											
Kluppmasse aus Metall	2 bis einschl. 1,6 1,5 " " 0,6 0,5 und weniger	1 0,5 0,25	II. Dickenmaße (Kluppmasse) A. Fehlergrenzen der Gesamtlänge.	Fehlergrenzen bei der Eichung	Maßstäbe aus Metall oder Holz, nur in Zentimeter geteilt	m	mm	mm	Wie bei erster Eichung	Pferdemaße	2 m 5	8	8
	2 bis einschl. 1,6 1,5 " " 0,9 0,8 " " 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 und 0,1	2 1 0,75 0,5 0,25											
Kluppmasse aus anderem Material	2 bis einschl. 1,6 1,5 " " 0,9 0,8 " " 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 und 0,1	2 1 0,75 0,5 0,25	Fehler der Gesamtlänge müssen sich auf die ganze Teilung gleichmäßig verteilen. Fehler der Einteilung dürfen den für den betreffenden Teilstrich entfallenden Bruchteil der Fehlergrenzen für die Gesamtlänge nicht überschreiten.	Fehlergrenzen bei der Eichung	Bandmaße aus Metallblech	m	mm	mm	Wie bei erster Eichung	Pferdemaße	2 m 5	8	8
	2 bis einschl. 1,6 1,5 " " 0,9 0,8 " " 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 und 0,1	2 1 0,75 0,5 0,25											

Der Fehler des ganzen Längenmaßes muß sich auf die Teilstriche gleichmäßig verteilen. Von dieser gleichmäßigen Fehlerverteilung wird bei den Meter- und Dezimeter-Teilstrichen noch folgende Abweichung gestattet:
a) bei hölzernen Maßstäben, zusammenlegbaren Längenmaßen und Bandmaßen 0,25 mm
b) bei Maßstäben aus Metall und zusammenlegbaren Metall-Längenmaßen 0,1 mm
Im Innern eines Dezimeters dürfen die Zentimeter- und Millimeter-Teilstriche von der Gleichmäßigkeit keine bemerkbare Abweichung aufweisen.

II. Gewichte.

Gewicht	Fehlergrenze		
	a	b	c
20 kg	4 g	12 g	24 g
10 "	2 "	6 "	12 "
5 "	1 "	3 "	6 "
2 "	500 mg	1,5 g	3 "
1 "	300 "	900 mg	1,8 g
50 dkg	200 "	600 "	1,2 "
20 "	100 "	400 "	800 mg
10 "	50 "	200 "	400 "
5 "	40 "	160 "	320 "
2 "	20 "	80 "	160 "
1 "	15 "	60 "	120 "
5 g	10 "	40 "	80 "
2 "	6 "	24 "	48 "

II. Dickenmaße (Kluppmasse)

A. Fehlergrenzen der Gesamtlänge.
Fehler der Gesamtlänge müssen sich auf die ganze Teilung gleichmäßig verteilen. Fehler der Einteilung dürfen den für den betreffenden Teilstrich entfallenden Bruchteil der Fehlergrenzen für die Gesamtlänge nicht überschreiten.

II. Dickenmaße (Kluppmasse)

Dickenmaße unterliegen in Österreich nicht der Eichpflicht, werden jedoch auf Verlangen geeicht; hierfür kommen die Bestimmungen für Längenmaße in Anwendung.

Deutschland		Österreich		Ungarn																																																																																																									
<p>B. Fehlergrenzen für den Abstand der freien Enden der Kluppstäbe, wie er sich durch Vergleich mit dem an dem Maßstab abgelesenen Abstände dieser Stäbe ergibt.</p> <p>1. Bei den Kluppmaßen aus Holz das Dreifache, 2. bei den übrigen das Doppelte des zulässigen Fehlers der Gesamtlänge.</p> <p>C. Fehlergrenzen für die Einteilung.</p> <p>1. Für den Abstand irgendeiner Einteilungsmarke von dem Anfange (Nullende) der Maßlänge den vollen Betrag des Fehlers der Gesamtlänge.</p> <p>2. wie bei I B 3.</p> <p>Verkehrsfehlergrenzen bei I und II stets das Doppelte der obigen Beträge, nur bei Genauigkeitsmaßen die gleichen Beträge.</p>																																																																																																													
<p align="center">III. Gewichte.</p> <p>a) Fehlergrenze für Handelsgewichte. b) Fehlergrenze für Genauigkeitsgewichte.</p>																																																																																																													
<p>a) Handels-gewichte.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gewicht</th> <th>Ei-chung</th> <th>Nach-eichung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50 kg</td><td>5 g</td><td>10 g</td></tr> <tr><td>20 "</td><td>3 "</td><td>6 "</td></tr> <tr><td>10 "</td><td>1,8 "</td><td>3,6 "</td></tr> <tr><td>5 "</td><td>0,9 "</td><td>1,8 "</td></tr> <tr><td>2 "</td><td>450 mg</td><td>900 mg</td></tr> <tr><td>1 "</td><td>300 "</td><td>600 "</td></tr> <tr><td>50 dkg</td><td>180 "</td><td>360 "</td></tr> <tr><td>20 "</td><td>80 "</td><td>160 "</td></tr> <tr><td>10 "</td><td>50 "</td><td>100 "</td></tr> <tr><td>5 "</td><td>40 "</td><td>80 "</td></tr> <tr><td>2 "</td><td>20 "</td><td>40 "</td></tr> <tr><td>1 "</td><td>16 "</td><td>32 "</td></tr> <tr><td>5 g</td><td>10 "</td><td>20 "</td></tr> <tr><td>2 "</td><td>6 "</td><td>12 "</td></tr> <tr><td>1 "</td><td>4 "</td><td>8 "</td></tr> </tbody> </table>		Gewicht	Ei-chung	Nach-eichung	50 kg	5 g	10 g	20 "	3 "	6 "	10 "	1,8 "	3,6 "	5 "	0,9 "	1,8 "	2 "	450 mg	900 mg	1 "	300 "	600 "	50 dkg	180 "	360 "	20 "	80 "	160 "	10 "	50 "	100 "	5 "	40 "	80 "	2 "	20 "	40 "	1 "	16 "	32 "	5 g	10 "	20 "	2 "	6 "	12 "	1 "	4 "	8 "	<p>b) Genauigkeits-gewichte.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gewicht</th> <th>Eichung</th> <th>Nach-eichung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20 kg</td><td>1,5 g</td><td>3,0 g</td></tr> <tr><td>10 "</td><td>0,9 "</td><td>1,8 "</td></tr> <tr><td>5 "</td><td>450 mg</td><td>900 mg</td></tr> <tr><td>2 "</td><td>225 "</td><td>450 "</td></tr> <tr><td>1 "</td><td>150 "</td><td>300 "</td></tr> <tr><td>500 g</td><td>90 "</td><td>180 "</td></tr> <tr><td>200 "</td><td>40 "</td><td>80 "</td></tr> <tr><td>100 "</td><td>25 "</td><td>50 "</td></tr> <tr><td>50 "</td><td>20 "</td><td>40 "</td></tr> <tr><td>20 "</td><td>10 "</td><td>20 "</td></tr> <tr><td>10 "</td><td>8 "</td><td>16 "</td></tr> <tr><td>5 "</td><td>5 "</td><td>10 "</td></tr> <tr><td>2 "</td><td>3 "</td><td>6 "</td></tr> <tr><td>1 "</td><td>2 "</td><td>4 "</td></tr> <tr><td>500 mg</td><td>1 "</td><td>2 "</td></tr> <tr><td>200 "</td><td>1 "</td><td>2 "</td></tr> <tr><td>100 "</td><td>1 "</td><td>2 "</td></tr> <tr><td>50 "</td><td>Bei diesen Ge-wichts-stücken ist für je 4 bzw. 5 Stück zusammen, welche die nächst höher stehende Einheit bilden, bei der 1. Eichung 1/100, bei der wiederkehrenden Nach-eichung 1/50 der Soll-schwere dieser Einheit als Abweichung gestattet.</td><td>3,0 g</td></tr> </tbody> </table>			Gewicht	Eichung	Nach-eichung	20 kg	1,5 g	3,0 g	10 "	0,9 "	1,8 "	5 "	450 mg	900 mg	2 "	225 "	450 "	1 "	150 "	300 "	500 g	90 "	180 "	200 "	40 "	80 "	100 "	25 "	50 "	50 "	20 "	40 "	20 "	10 "	20 "	10 "	8 "	16 "	5 "	5 "	10 "	2 "	3 "	6 "	1 "	2 "	4 "	500 mg	1 "	2 "	200 "	1 "	2 "	100 "	1 "	2 "	50 "	Bei diesen Ge-wichts-stücken ist für je 4 bzw. 5 Stück zusammen, welche die nächst höher stehende Einheit bilden, bei der 1. Eichung 1/100, bei der wiederkehrenden Nach-eichung 1/50 der Soll-schwere dieser Einheit als Abweichung gestattet.	3,0 g
Gewicht	Ei-chung	Nach-eichung																																																																																																											
50 kg	5 g	10 g																																																																																																											
20 "	3 "	6 "																																																																																																											
10 "	1,8 "	3,6 "																																																																																																											
5 "	0,9 "	1,8 "																																																																																																											
2 "	450 mg	900 mg																																																																																																											
1 "	300 "	600 "																																																																																																											
50 dkg	180 "	360 "																																																																																																											
20 "	80 "	160 "																																																																																																											
10 "	50 "	100 "																																																																																																											
5 "	40 "	80 "																																																																																																											
2 "	20 "	40 "																																																																																																											
1 "	16 "	32 "																																																																																																											
5 g	10 "	20 "																																																																																																											
2 "	6 "	12 "																																																																																																											
1 "	4 "	8 "																																																																																																											
Gewicht	Eichung	Nach-eichung																																																																																																											
20 kg	1,5 g	3,0 g																																																																																																											
10 "	0,9 "	1,8 "																																																																																																											
5 "	450 mg	900 mg																																																																																																											
2 "	225 "	450 "																																																																																																											
1 "	150 "	300 "																																																																																																											
500 g	90 "	180 "																																																																																																											
200 "	40 "	80 "																																																																																																											
100 "	25 "	50 "																																																																																																											
50 "	20 "	40 "																																																																																																											
20 "	10 "	20 "																																																																																																											
10 "	8 "	16 "																																																																																																											
5 "	5 "	10 "																																																																																																											
2 "	3 "	6 "																																																																																																											
1 "	2 "	4 "																																																																																																											
500 mg	1 "	2 "																																																																																																											
200 "	1 "	2 "																																																																																																											
100 "	1 "	2 "																																																																																																											
50 "	Bei diesen Ge-wichts-stücken ist für je 4 bzw. 5 Stück zusammen, welche die nächst höher stehende Einheit bilden, bei der 1. Eichung 1/100, bei der wiederkehrenden Nach-eichung 1/50 der Soll-schwere dieser Einheit als Abweichung gestattet.	3,0 g																																																																																																											
<p>IV. Wagen.</p> <p>Nachstehende Zulagen müssen nach Aufbringung der größten zulässigen Last noch einen deutlich sichtbaren Ausschlag bewirken:</p>		<p>Die Gewichtszulagen, durch die vorgenfundene Abweichungen vom Gleichgewichtszustande ausgeglichen werden, oder im Falle des Vorhandenseins dieses Zustandes ein deutlicher Ausschlag bewirkt wird, dürfen höchstens betragen:</p>																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Verkehrsfehlergrenzen stets das Doppelte der obigen Sätze.</th> <th colspan="2">Gewicht</th> </tr> <tr> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50 kg</td><td>2,5 g</td><td>10 g</td></tr> <tr><td>20 "</td><td>1,25 "</td><td>5 "</td></tr> <tr><td>10 "</td><td>0,625 "</td><td>2,5 "</td></tr> <tr><td>5 "</td><td>0,3125 "</td><td>1,25 "</td></tr> <tr><td>2 "</td><td>0,15625 "</td><td>0,625 "</td></tr> <tr><td>1 "</td><td>0,078125 "</td><td>0,3125 "</td></tr> <tr><td>500 g</td><td>250 mg</td><td>100 mg</td></tr> <tr><td>250 "</td><td>125 "</td><td>50 "</td></tr> <tr><td>200 "</td><td>100 "</td><td>40 "</td></tr> <tr><td>100 "</td><td>70 "</td><td>35 "</td></tr> <tr><td>50 "</td><td>50 "</td><td>25 "</td></tr> <tr><td>20 "</td><td>30 "</td><td>15 "</td></tr> <tr><td>10 "</td><td>15 "</td><td>7,5 "</td></tr> </tbody> </table>		Verkehrsfehlergrenzen stets das Doppelte der obigen Sätze.	Gewicht		a	b	50 kg	2,5 g	10 g	20 "	1,25 "	5 "	10 "	0,625 "	2,5 "	5 "	0,3125 "	1,25 "	2 "	0,15625 "	0,625 "	1 "	0,078125 "	0,3125 "	500 g	250 mg	100 mg	250 "	125 "	50 "	200 "	100 "	40 "	100 "	70 "	35 "	50 "	50 "	25 "	20 "	30 "	15 "	10 "	15 "	7,5 "	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gattung</th> <th colspan="2">Bei Höchstbelastung</th> <th colspan="2">Bei einem Drittel der Höchstbelastung</th> </tr> <tr> <th>Bei Höchstbelastung</th> <th>Bei einem Drittel der Höchstbelastung</th> <th>Bei einem Drittel der Höchstbelastung</th> <th>Bei einer Zehntelbelastung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a) bei gleicharmigen Balkenwagen, bei überschaligen u. -Brückenwagen um</td><td>1/2000</td><td>1/1000</td><td>1/2000</td><td>3/2000</td></tr> </tbody> </table>			Gattung	Bei Höchstbelastung		Bei einem Drittel der Höchstbelastung		Bei Höchstbelastung	Bei einem Drittel der Höchstbelastung	Bei einem Drittel der Höchstbelastung	Bei einer Zehntelbelastung	a) bei gleicharmigen Balkenwagen, bei überschaligen u. -Brückenwagen um	1/2000	1/1000	1/2000	3/2000																																															
Verkehrsfehlergrenzen stets das Doppelte der obigen Sätze.	Gewicht																																																																																																												
	a	b																																																																																																											
50 kg	2,5 g	10 g																																																																																																											
20 "	1,25 "	5 "																																																																																																											
10 "	0,625 "	2,5 "																																																																																																											
5 "	0,3125 "	1,25 "																																																																																																											
2 "	0,15625 "	0,625 "																																																																																																											
1 "	0,078125 "	0,3125 "																																																																																																											
500 g	250 mg	100 mg																																																																																																											
250 "	125 "	50 "																																																																																																											
200 "	100 "	40 "																																																																																																											
100 "	70 "	35 "																																																																																																											
50 "	50 "	25 "																																																																																																											
20 "	30 "	15 "																																																																																																											
10 "	15 "	7,5 "																																																																																																											
Gattung	Bei Höchstbelastung		Bei einem Drittel der Höchstbelastung																																																																																																										
	Bei Höchstbelastung	Bei einem Drittel der Höchstbelastung	Bei einem Drittel der Höchstbelastung	Bei einer Zehntelbelastung																																																																																																									
a) bei gleicharmigen Balkenwagen, bei überschaligen u. -Brückenwagen um	1/2000	1/1000	1/2000	3/2000																																																																																																									

Gattung	Größe zulässige Last	Zulage	
		1. Eichung	Nach-eichung
Gleicharmige Wagen	100 g u. weniger	2 mg	5 mg
	200 g mit 5 kg	1 "	1 "
	10 kg und mehr	0,5 "	1 "
Ungleicharmige Wagen	100 mit 200 g	200 mg	
	5 kg mit 10 kg	5 g	
Einfache Balkenwagen mit Laufgewicht und Skala	n kg	n · 0,6 g	
	n kg	n g	
Zusammengesetzte Balkenwagen und Brückenwagen mit Laufgewicht und Skala	n kg	n · 0,6 g	
	n kg	n g	
Nach Aufbringung des 10. Teiles der höchsten zulässigen Last muß der 5. Teil der obigen Zulagen noch einen deutlich sichtbaren Ausschlag hervorrufen.			
B. Die Abweichung des Hebelverhältnisses der Wage von dem ihrer Gattung zukommenden Wert (gleicharmige Wagen 1:1, Dezimalwagen 1:10, Zentesimalwagen 1:100, Laufgewichtswagen nach den Angaben der Skala) muß nach Aufbringung der größten zulässigen Last und deren 10. Teil durch einen Gewichtsbeitrag ausgeglichen werden, der nicht größer ist als die oben erwähnten Zulagen.			
Für Genauigkeitswagen für 10 g und weniger betragen die Zulagen nur ein Viertel, von 20 g bis 5 kg ein Fünftel der entsprechenden oben angegebenen Beträge, für 10 g aber nicht mehr als 20 g 10 mg.			
Verkehrshilfsgrenzen sind stets das Doppelte der obigen; für Wagen von 3000 kg und mehr, sowie fest fundamentierte Wagen das Gleiche wie die obigen.			
Für selbsttätige Wagen sind besondere Vorschriften erlassen.			
Gattung	Größe zulässige Last	Zulage	
		1. Eichung	Nach-eichung
Wagen für den gewöhnlichen Handelverkehr	bis 5 kg	0,5 g	1,0 g
	5 kg und mehr	333 mg	666 mg
Genauigkeitswagen	bis 20 g	1 mg	2 mg
	20 g bis 250 g	0,4 "	0,8 "
Höckerwagen	250 g bis 5 kg	0,2 "	0,4 "
	5 kg und mehr	n kg	n · 4,0 g
Oberschalige oder Tafelwagen	bis 5 kg	0,5 g	1,0 g
	5 kg und mehr	333 mg	666 mg
Schnellwagen	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
Brückenwagen von Fairbanks, falls dieselben eine Zungen- oder Zeiger-einrichtung nicht besitzen	n kg	n · 0,2 g	n · 0,4 g
	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
Ungleicharmige Dezimal- und Zentesimal-Balkenwagen	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
Zeigerbrückenwagen für Eisenbahnpassagiergepäck (Neigungswage)	n kg	n · 1,0 g	n · 2,0 g
	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
Zentesimalwagen zum Abwägen von Drahtseilbahnwaggons	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
	n kg	n · 0,5 g	n · 1,0 g
Bei den Neigungswagen sind die Richtigkeits- und Empfindlichkeits-Erfordernisse wie folgt: Bei den Neigungswagen (bzw. bei deren Einteilung) ist in der Richtigkeit zwischen der vollen Belastung und der 1/10-Belastung bei einer Belastung von dem 1/2000 Teil welcher Höhe ein Fehler von dem 1/2000 Teil der Belastung zulässig. Bei dem Eisenbahn-Neigungswagen ist diese Fehlergrenze 1/1000, bei den Post-Neigungswagen 1/500 Teil. Die Empfindlichkeit der Neigungswagen muß so groß sein, daß die bleibende Abweichung der Spitze des Zeigers wenigstens 1 mm beträgt, wenn bei voller Belastung die Last mit einem 1/2000 Teil vergrößert wird. Bei den Eisenbahn-Neigungswagen ist diese Empfindlichkeits-angabe 1/1000, bei den Post-Neigungswagen 1/500.			
Bei der wiederkehrenden Eichung wird bei sämtlichen Wagenarten die halbe Empfindlichkeit erfordert, und in der Richtigkeit ein doppelt so großer Fehler erlaubt, wie bei der ersten Eichung.			
Beim Gebrauch im öffentlichen Verkehr können die Wagen noch straflos verwendet werden, wenn ihre Empfindlichkeit 1/4 der Empfindlichkeit, und der Fehler in ihrer Richtigkeit das Vierfache der Fehlergrenze der ersten Eichung ausmacht. — Bei Wagen mit besonderen Zwecken dienenden Einrichtungen muß die eigentliche Wagenbauart in Beziehung auf Richtigkeit und Empfindlichkeit den obigen Bedingungen entsprechen.			

Maße und Gewichte

Das metrische Maßsystem

Ländernamen	Längenmaße	1 m =	Flächenmaße	1 m ² =
China	1 Tschi (Covid, Fuß) als Feldmaß = 0,3196 m n. Vertr. m. Engl. = 0,3581 m als Handelsmaß = 0,373 m 1 Tschi zu 10 Tsun (Zoll) zu 10 Fên (Linie) zu 10 Li zu 10 Hao 1 Pu (Doppelschritt) = 5 Tschi 1 Tschang (Rute) = 10 Tschi 1 Li (Meile) = 180 Faden = 0,5755 km	3,125 2,793 2,681	1 Mau = 631 m ² 1 King = 0,2453 ha 1 ha = 4,0766 King Seidenzeug nach Gewicht	1,5848 1000
Frankreich	metrisch, früher: 1 Pariser Fuß = 0,324 839 m (1 m = 443,296 Par. Lin.)	3,0784 0,002 255 8	metrisch	
Griechenland	metrisch 1 griechische Meile = 10 km 1 Zoll, Inch (16- oder 12 teilig) = 2,539 998 cm 1 Fuß (= 12 Zoll) = 0,304 79 976 m 1 Yard* (= 3 Fuß) = 0,914 399 2 m 1 Fathom = 2 Yards = 6 Fuß = 72 Zoll = 1,828 798 m 1 Chain zu 100 Links zu 7,92 Inches = 20,12 m 1 Statute Mile zu 8 Furlongs zu 40 Ruten zu 2,75 Fathoms zu 2 Yards = 1760 Yards = 1,609 342 59 km Gewöhnl. engl. Meile = 5000 F. = 1,523 986 km Die Normaltemperatur, bei der ein englischer Maßstab seinem Nennwert entsprechen soll, beträgt + 62° F (= 16 ² / ₃ ° C). Kaufmännisch 12 Yards = 11 m	0,0001 39,37 3,2809 1,0936 0,5468 0,0497	metrisch 1 Stremma = 10 a 1 Qu.-Zoll = 6,4516 cm ² 1 Qu.-Fuß = 0,092 90 m ² 1 Qu.-Yard = 0,8361 m ² 1 Acre = 160 Qu.-Ruten = 4840 Qu.-Yard = 40,4671 a 1 Yard of land = 30 Acres = 12,1401 ha 1 Hide of land = 100 Acres = 40,467 ha 1 Mile of land = 640 Acres = 2,59 km ² 1 ha = 2,471 Acres = 0,02471 Hide of land = 0,0824 Yard of land = 0,003 861 Mile of land	0,001 15,50 10,764 3 1,196 17
England (Das metrische Maß und Gewicht sind zugelassen.)				
Ostindien (britisch)	1 Guz zu 2 Hat zu 24 Angli = 1 engl. Yard = 0,9144 m 1 Meile zu 1000 engl. Faden zu 4 Cubits oder 2 Bombay- Guz = 1,8288 km 1 Cubit (Madras) = 0,4572 m 1 Guz (Bombay) = 0,6858 m 1 Guz (Bengalen) = 0,9144 m Im Großhandel d. engl. Yard	1,0936 2,1872 1,4582 1,0936	1 Qu.-Yard = 0,8361 m ² 1 Acre = 40,4671 a 1 Qu.-Fuß = 0,0929 m ² 1 Qu.-Cubit = 0,209 m ² 1 Qu.-Guz (Bombay) = 0,4703 m ² 1 Qu.-Meile = 3,3444 km ²	1,196 17 10,764 3 4,784 7 2,126 2
Japan	metrisch und englisch 1 Shaku (Fuß) zu 10 Sun (Zoll) zu 10 Bu (Linien) zu 10 Mo = 0,303 m 1 Ri (Meile) zu 36 Tchô zu 60 Ken zu 6 Shaku = 3,927 27 km 1 Shaku für Stoffe = 0,3788 m	3,3003 2,6385	metrisch und englisch 1 Qu.-Tchô zu 10 Tan zu 10 Se zu 30 Tsubo zu 36 Qu.-Shaku = 0,99174 ha 1 ha = 1,00833 Qu.-Tchô	

* 1 yard = 0,9143992 m, veröffentlicht z. B. in „Mitteilungen der Kaiserl. Normal-eichungskommission“, II. Reihe, S. 234. Daraus folgt 1 inch (Zoll) = $\frac{1}{36}$ yard = 25,39998 mm, also 1 m = 1,09361426 yard (nach Vergleichen im Bur. Int. des P. et M. zwischen dem Prototypmeter und 2 Kopien des englischen Yard-Urmaßes).

verschiedener Länder.

siehe S. 53 bis 59. (Z. T. nach „Hütte“.)

Raummaße	1 hl =	Gewichte	1 kg =	Ländernamen
1 Tschü Getreide zu 10 Sching = 1,031 hl 1 Sai Getreide zu 2 Hwo zu 10 Sching = 1,2243 hl (Getreide und Flüssigkeiten sonst meist nach Gewicht.)	0,9708 0,8168	1 Tael (Unze, liang) = 37,783 g 1 Picul (Zentner, tan) = 100 Catties (Pfund) = 60,453 kg 1 Catty = 16 Taels = 604,53 g Dezimale Unterteilung des Tael in Mace = Tschien, Can- dareen = Fèn, Cash = li, hao.	26,467 <u>1,6542</u> 100	China
metrisch 1 Stère = 1000 l	0,1	metrisch		Frank- reich
metrisch 1 Kiló = 1 hl	1	metrisch 1 Stater = 56,32 kg	<u>1,77555</u> 100	Griechen- land
1 Kub.-Zoll = 16,386 cm ³ 1 Kub.-Fuß = 0,028317 m ³ 1 Kub.-Yard = 0,7645 m ³ 1 Register-Ton = 100 Kub.- Fuß = 2,832 m ³ 1 Imperial Gallon v. 277,2738 Kub.-Zoll = 4,5435 l* 1 alter (Winchester-) Gallon von 231 Kub.-Zoll = 5/6 Imp. Gallon = 3,785203 l 1 Last zu 10 Quarters zu 8 Bushels zu 4 Peks zu 2 Gallons = 29,078924 hl 1 Barrel zu 2 Kilderkin zu 2 Firkin zu 9 Gallons = 1,635 hl 1 Anker = 10 Imp. Gallons von 1824 = 0,45435 hl 1 Tun zu 2 Pipes (Butts) zu 2 Hogsheads zu 63 Gallons = 11,45 hl	6103 3,53166 0,13080 0,03532 22,01 26,42 0,0344 0,6116 2,2009 0,0873	1 Pfd. avoirdupois (lbs.) [Handelsgewicht] zu 16 Ounces zu 16 Drams = 0,453592 kg = 7000 Troygrains 1 Troypfund [Gold-, Silber- und Münz-, sowie Apo- thekergewicht] zu 12 Ounces zu 20 Penny- weights (dw) = 5760 Grains = 0,373242 kg 1 Schiffston (short ton, Ka- nada, Ver. St. [siehe d.]) = 2000 Pfund (lbs.) = 907,1853 kg 1 Ton (long ton) = 20 Hun- dred- (cent-) weicht zu 4 Quarters zu 28 Pfund (= 2240 lbs.) = 1016,0475 kg	2,20462 2,67923 1,10231 1000 0,984206 1000	England (Das metrische Maß und Gewicht sind zuge- lassen.)
Flüssigkeiten nach engl. Im- perial Gallons oder, wie Ge- treide, nach Gewicht. 1 Khahoon (Bengalen) zu 16 Soallees wiegt 1354,73 kg 1 Kandry Reis (Bombay) wiegt 97,95 kg 1 Garce (Madras) zu 80 Parahs zu 5 Markals = 4,916 m ³	1 kg = 0,73815 1000 0,0102	1 Bazar Maund zu 40 Sihrs (Seers) zu 16 Chittaks zu 5 Tolas = 37,324 kg 1 Faktorei Maund = 33,868 kg 1 Madras Maund = 11,34 kg 1 Bombay Maund zu 40 Sihrs zu 30 Parahs = 12,70 kg	0,02679 0,02953 0,08818 0,07874	Ost- indien (britisch)
metrisch und englisch 1 Sho zu 10 Go zu 10 Sai zu 10 Satsu = 1,803907 l 1 Koku zu 10 To zu 10 Sho = 1,803907 hl	1 hl = 55,44 0,5544	metrisch und englisch 1 Kin zu 160 Momme zu 10 Fun zu 10 Rin zu 10 Mō = 0,600 kg 1 Kwan zu 1000 Momme = 3,7565 kg	1,667 0,26619	Japan

* Imperial Gallon von 1824. Mit der Jahreszahl 1890 wird 1 Imperial Gallon zu 277,463 Kub.-Zoll = 4,546509 l angegeben; 1 l = 0,219949 Imperial Gallons. Hieraus ergibt sich 1 hl = 2,7466 Bushel; 1 Bushel = 0,3637 hl. 1 Imperial Gallon zu 4 Quarts zu 2 Pints zu 4 Gills.

Maße und Gewichte

Das metrische Maßsystem

Ländernamen	Längenmaße	1 m ==	Flächenmaße	1 m ² ==
Rußland (In Finnland und den Ostseeprovinzen besondere Maße und Gewichte.)	metrisch, engl. Fußmaß 1 Sascheln (zu 7 Fuß oder zu 3 Arschin zu 16 Werschok) = 2,13357 m 1 russ. Fuß = 1 engl. Fuß (Zoll 10 teilig) 1 Werst zu 500 Sascheln = 1,066781 km 1 Meile zu 7 Werst = 7,467465 km 1 km = 0,9374 Werst = 0,1339 Meilen	0,4687	metrisch, engl. Fußmaß 1 Dessätine zu 2400 Qu.-Sascheln = 1,0925 ha 1 Qu.-Sascheln = 9 Qu.-Arschin = 2304 Qu.-Werschok = 4,5521 m ² 1 Qu.-Werst = 1,13802 km ² 1 Lofstelle ≈ 1/2 Dessätine 1 ha = 0,9153 Dessätine 1 km ² = 0,87872 Qu.-Werst	0,21968
Schweden	metrisch, früher: 1 Famn zu 3 Alen zu 2 Fuß zu 10 Zoll = 1,7814 m 1 Fuß = 0,296901 m 1 Meile = 10,6886 km	0,5614 3,36813 0,0936	metrisch, früher: 1 Tunmland zu 2 Spanland zu 16 Kappland zu 3 1/2 Kannland = 56000 Qu.-Fuß = 0,493641 ha 1 ha = 2,02576 Tunmland	
Vereinigte Staaten von Nordamerika (Das metrische Maß und Gewicht sind zugelassen.)	englisch, jedoch: 1 yard = 0,914402 m 1 Statute Mile = 1,60932 km 1 Naut. M. = 1,85496 km 1 League = 3 Naut. Miles oder = 3 Statute Miles 1 km = 0,6214 Statute Mile = 0,5391 Naut. Mile	1,093611	englisch 1 Qu.-Meile (Sektion) = 2,5899 km ² 1 Township zu 36 Sektionen = 93,236 km ² 1 km ² = 0,3861 Qu.-Meile = 0,01073 Township	

Internationale Längenmaße:

1 geogr. Meile = 7420,4 m (15 Meilen = 1° des Äquators).

1 deutsche, österreichische und französische Seemeile ist gleich der mittleren Länge einer Bogenminute des Erdmeridians = 1852 m = 6076,23 engl. Fuß.

(1 Knoten = 1 engl. Seemeile (admiralty knot) = 1853,2 m = 6080 engl. Fuß.)

Internationales Gewicht:

1 Karat (Einheit der Juwelengewichte) = etwa 205 mg; in Einführung begriffen:
Metrisches Karat = 200 mg.

Alte

	Baden und Schweiz	Bayern	Österreich
Längenmaß	1 Fuß = 0,3000 m 1 m = 3,3333 Fuß 1 Fuß zu 10 Zoll zu 10 Linien 10 Fuß = 1 Rute	1 Fuß = 0,29186 m 1 m = 3,42631 Fuß 1 Fuß zu 12 Zoll zu 12 Linien 10 Fuß = 1 Rute	1 Fuß = 0,3161 m 1 m = 3,1637 Fuß 1 Fuß zu 12 Zoll zu 12 Linien 12 Fuß = 1 Rute
Feldmaß	1 Morg. (Juchart) = 36 a 1 ha = 2,7778 Morgen 1 Morgen = 400 Qu.-Ruten	1 Tagwerk = 34,0727 a 1 ha = 2,9349 Tagwerk 1 Tagwerk = 100 Dezimal = 400 Qu.-Ruten	1 Wiener Joch = 57,546 a 1 ha = 1,7377 Joch 1 Joch = 300 Qu.-Ruten
Gewicht	1 Pfund = 0,5 kg 1 kg = 2 Pfund 1 Pfund = 0,467711 kg (bis 1839) 1 kg = 2,1381 Pfund	1 Pfund = 0,56 kg 1 kg = 1,7857 Pfund	1 Pfund = 0,56 kg 1 kg = 1,7857 Pfund

verschiedener Länder.

siehe S. 53 bis 59. (Z. T. nach „Hütte“.)

Raummaße	1 hl =	Gewichte	1 kg =	Länder- namen
metrisch, engl. Fußmaß 1 Kub.-Saschehn = 9,7123 m ³ 1 Botscha zu 40 Wedro zu 100 Tscharka = 4,9195 hl 1 Krutschka (Stoof) = 1,229 89 l 1 Tschetwert zu 8 Tschet- werik zu 8 Garnitzi = 2,099 hl 1 Wedro (Eimer) = 1,40 Faß = 10 Stoof = 20 Flaschen = 12,299 l	0,1030 10 0,2033 81,31 0,4764	1 Pfund = 0,409 511 kg 1 Pud zu 40 Pfund zu 32 Lot zu 3 Solotnik zu 96 Doli = 16,380 46 kg 1 Tonne zu 6,2 Berkowitz zu 10 Pud = 1015,5 kg 1 Last = 2025,44 kg	2,441 93 0,061 05 0,9847 1000 0,4937 1000	Rußland (In Finnland und den Ostsee- provinzen besondere Maße und Gewichte.)
metrisch, früher: 1 Ahm zu 6 Kub.-Fuß zu 10 Kannen = 1,570 313 hl 1 Tonne = 1,6489 hl	0,6368 0,6065	metrisch, früher: 1 Zentner zu 100 Skälpund zu 100 Ort = 42,507 58 kg 1 Schiffspfund = 170,028 kg 1 Schiffslast = 5760 Pfund = 2450 kg	0,023 52 5,881 38 1000 0,408 16 1000	Schweden
altenglisch 1 (Wein-)Gallon zu 4 Quarts zu 2 Pints zu 4 Gills zu 4 Fluid Ounces = 3,7852 l 1 Trocken-Gall. (Getreidem.) von 268,803 Kub.-Zoll = 4,4046 l (1 Bushel = 8 Trocken-Gall.) 1 gehäuft. Gallón = 1 1/4 Trocken-Gallons 1 Barrel Petroleum zu 42 Gallons = 1,5898 hl 1 Barrel Bier zu 31 Gallons = 1,173 hl	26,42 22,70 0,6291 0,8525	englisch 1 Hundred-weight häufig (z. B. in New York) zu 4 Quarters zu 25 Pfund = 45,359 kg 1 Ton (short ton) zu 2000 Pfund (lbs.) = 907,1853 kg 1 long ton zu 2240 Pfund (lbs.) = 1016,0475 kg 1 Barrel Mehl zu 196 Pfund = 88,9 kg 1 Barrel Fleisch zu 200 Pfund = 90,72 kg 1 Barrel Salz = 280 Pfund 1 Humpheon Maismehl zu 800 Pfund = 362,88 kg	2,204 63 100 1,102 31 1000 0,984 206 1000 1,125 100 1,102 3 100 2,756 1000	Ver- einigte Staaten von Nord- amerika (Das metrische Maß und Gewicht sind zuge- lassen.)

Schiffmaß:

1 Reg.-Ton = 100 engl. Kub.-Fuß = 2,832 m³; 1 m³ = 0,353 Reg.-Ton.

Bruttotonnagehalt = Gesamthalt aller Schiffsräume einschließlich Aufbauten.

Nettotonnagehalt = Inhalt des nutzbaren Schiffsraumes = Bruttotonnagehalt
weniger die zum Betrieb nötigen Räume.

Maße.

Preußen	Sachsen (Königreich)	Württemberg	
1 Fuß (sog. rheinl.) = 1 m = 3,1862 Fuß [0,3139 m 1 Fuß zu 12 Zoll zu 12 Linien 12 Fuß = 1 Rute	1 Fuß = 0,2832 m 1 m = 3,5312 Fuß 1 Fuß zu 12 Zoll zu 12 Linien 15 1/6 Fuß = 1 Rute	1 Fuß = 0,2865 m 1 m = 3,4905 Fuß 1 Fuß zu 10 Zoll zu 10 Linien 10 Fuß = 1 Rute	Längen- maß
1 Morgen = 25,53 225 a 1 ha = 3,9166 Morgen 1 Morgen = 180 Qu.-Ruten	1 Acker = 55,3423 a 1 ha = 1,8069 Acker 1 Acker = 300 Qu.-Ruten	1 Morgen = 2/3 Jauchert = 31,517 a 1 ha = 3,1729 Morgen 1 Morgen = 384 Qu.-Ruten	Feld- maß
1 Pfund = 0,5 kg 1 kg = 2 Pfund	1 Pfund = 0,4676 kg 1 kg = 2,1386 Pfund	1 Pfund = 0,4677 kg 1 kg = 2,1380 Pfund	Gewicht

Englische Zoll = Millimeter.

1 engl. Zoll 25,39998 mm

Zoll	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	Zoll
0	0,000	1,587	3,175	4,762	6,350	7,937	9,525	11,112	0
1	25,400	26,987	28,574	30,162	31,749	33,337	34,924	36,512	1
2	50,799	52,387	53,974	55,561	57,149	58,736	60,324	61,911	2
3	76,199	77,786	79,374	80,961	82,549	84,136	85,723	87,311	3
4	101,60	103,19	104,77	106,36	107,95	109,54	111,12	112,71	4
5	127,00	128,59	130,17	131,76	133,35	134,94	136,52	138,11	5
6	152,40	153,98	155,57	157,16	158,75	160,33	161,92	163,51	6
7	177,80	179,38	180,97	182,56	184,15	185,73	187,32	188,91	7
8	203,20	204,78	206,37	207,96	209,55	211,13	212,72	214,31	8
9	228,60	230,18	231,77	233,36	234,95	236,53	238,12	239,71	9
10	254,00	255,58	257,17	258,76	260,35	261,93	263,52	265,11	10
11	279,39	280,98	282,57	284,16	285,74	287,33	288,92	290,51	11
12	304,79	306,38	307,97	309,56	311,14	312,73	314,32	315,91	12
13	330,19	331,78	333,37	334,96	336,54	338,13	339,72	341,31	13
14	355,59	357,18	358,77	360,36	361,94	363,53	365,12	366,71	14
15	380,99	382,58	384,17	385,76	387,34	388,93	390,52	392,11	15
16	406,39	407,98	409,57	411,16	412,74	414,33	415,92	417,50	16
17	431,79	433,38	434,97	436,55	438,14	439,73	441,32	442,90	17
18	457,19	458,78	460,37	461,95	463,54	465,13	466,72	468,30	18
19	482,59	484,18	485,77	487,35	488,94	490,53	492,12	493,70	19
20	507,99	509,58	511,17	512,75	514,34	515,93	517,52	519,10	20
21	533,39	534,98	536,57	538,15	539,74	541,33	542,92	544,50	21
22	558,79	560,38	561,96	563,55	565,14	566,73	568,31	569,90	22
23	584,19	585,78	587,36	588,95	590,54	592,13	593,71	595,30	23
24	609,59	611,18	612,76	614,35	615,94	617,53	619,11	620,70	24
25	634,99	636,58	638,16	639,75	641,34	642,93	644,51	646,10	25
26	660,39	661,98	663,56	665,15	666,74	668,33	669,91	671,50	26
27	685,79	687,38	688,96	690,55	692,14	693,72	695,31	696,90	27
28	711,19	712,77	714,36	715,95	717,54	719,12	720,71	722,30	28
29	736,59	738,17	739,76	741,35	742,94	744,52	746,11	747,70	29
30	761,99	763,57	765,16	766,75	768,34	769,92	771,51	773,10	30
31	787,39	788,97	790,56	792,15	793,74	795,32	796,91	798,50	31
32	812,79	814,37	815,96	817,55	819,14	820,72	822,31	823,90	32
33	838,18	839,77	841,36	842,95	844,53	846,12	847,71	849,30	33
34	863,58	865,17	866,76	868,35	869,93	871,52	873,11	874,70	34
35	888,98	890,57	892,16	893,75	895,33	896,92	898,51	900,10	35
36	914,38	915,97	917,56	919,15	920,73	922,32	923,91	925,50	36
37	939,78	941,37	942,96	944,55	946,13	947,72	949,31	950,90	37
38	965,18	966,77	968,36	969,94	971,53	973,12	974,71	976,29	38
39	990,58	992,17	993,76	995,34	996,93	998,52	1000,1	1001,7	39
40	1016,0	1017,6	1019,2	1020,7	1022,3	1023,9	1025,5	1027,1	40
41	1041,4	1043,0	1044,6	1046,1	1047,7	1049,3	1050,9	1052,5	41
42	1066,8	1068,4	1070,0	1071,5	1073,1	1074,7	1076,3	1077,9	42
43	1092,2	1093,8	1095,4	1096,9	1098,5	1100,1	1101,7	1103,3	43
44	1117,6	1119,2	1120,8	1122,3	1123,9	1125,5	1127,1	1128,7	44
45	1143,0	1144,6	1146,2	1147,7	1149,3	1150,9	1152,5	1154,1	45
46	1168,4	1170,0	1171,6	1173,1	1174,7	1176,3	1177,9	1179,5	46
47	1193,8	1195,4	1197,0	1198,5	1200,1	1201,7	1203,3	1204,9	47
48	1219,2	1220,8	1222,4	1223,9	1225,5	1227,1	1228,7	1230,3	48
49	1244,6	1246,2	1247,8	1249,3	1250,9	1252,5	1254,1	1255,7	49
50	1270,0	1271,6	1273,2	1274,7	1276,3	1277,9	1279,5	1281,1	50

Englische Zoll = Millimeter.

1 engl. Zoll 25,39998 mm

Zoll	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16	Zoll
0	12,700	14,287	15,875	17,462	19,050	20,637	22,225	23,812	0
1	38,099	39,687	41,274	42,862	44,449	46,037	47,624	49,212	1
2	63,499	65,086	66,674	68,261	69,849	71,436	73,024	74,611	2
3	88,898	90,486	92,073	93,661	95,248	96,836	98,423	100,011	3
4	114,30	115,89	117,47	119,06	120,65	122,24	123,82	125,41	4
5	139,70	141,28	142,87	144,46	146,05	147,63	149,22	150,81	5
6	165,10	166,68	168,27	169,86	171,45	173,03	174,62	176,21	6
7	190,50	192,08	193,67	195,26	196,85	198,43	200,02	201,61	7
8	215,90	217,48	219,07	220,66	222,25	223,83	225,42	227,01	8
9	241,30	242,88	244,47	246,06	247,65	249,23	250,82	252,41	9
10	266,70	268,28	269,87	271,46	273,05	274,63	276,22	277,81	10
11	292,09	293,68	295,27	296,86	298,44	300,03	301,62	303,21	11
12	317,49	319,08	320,67	322,26	323,84	325,43	327,02	328,61	12
13	342,89	344,48	346,07	347,66	349,24	350,83	352,42	354,01	13
14	368,29	369,88	371,47	373,06	374,64	376,23	377,82	379,41	14
15	393,69	395,28	396,87	398,46	400,04	401,63	403,22	404,81	15
16	419,09	420,68	422,27	423,85	425,44	427,03	428,62	430,20	16
17	444,49	446,08	447,67	449,25	450,84	452,43	454,02	455,60	17
18	469,89	471,48	473,07	474,65	476,24	477,83	479,42	481,00	18
19	495,29	496,88	498,47	500,05	501,64	503,23	504,82	506,40	19
20	520,69	522,28	523,87	525,45	527,04	528,63	530,22	531,80	20
21	546,09	547,68	549,27	550,85	552,44	554,03	555,61	557,20	21
22	571,49	573,08	574,66	576,25	577,84	579,43	581,01	582,60	22
23	596,89	598,48	600,06	601,65	603,24	604,83	606,41	608,00	23
24	622,29	623,88	625,46	627,05	628,64	630,23	631,81	633,40	24
25	647,69	649,28	650,86	652,45	654,04	655,63	657,21	658,80	25
26	673,09	674,68	676,26	677,85	679,44	681,03	682,61	684,20	26
27	698,49	700,07	701,66	703,25	704,84	706,42	708,01	709,60	27
28	723,89	725,47	727,06	728,65	730,24	731,82	733,41	735,00	28
29	749,29	750,87	752,46	754,05	755,64	757,22	758,81	760,40	29
30	774,69	776,27	777,86	779,45	781,04	782,62	784,21	785,80	30
31	800,09	801,67	803,26	804,85	806,44	808,02	809,61	811,20	31
32	825,49	827,07	828,66	830,25	831,83	833,42	835,01	836,60	32
33	850,88	852,47	854,06	855,65	857,23	858,82	860,41	862,00	33
34	876,28	877,87	879,46	881,05	882,63	884,22	885,81	887,40	34
35	901,68	903,27	904,86	906,45	908,03	909,62	911,21	912,80	35
36	927,08	928,67	930,26	931,85	933,43	935,02	936,61	938,20	36
37	952,48	954,07	955,66	957,25	958,83	960,42	962,01	963,60	37
38	977,88	979,47	981,06	982,64	984,23	985,82	987,41	988,99	38
39	1003,3	1004,9	1006,5	1008,0	1009,6	1011,2	1012,8	1014,4	39
40	1028,7	1030,3	1031,9	1033,4	1035,0	1036,6	1038,2	1039,8	40
41	1054,1	1055,7	1057,3	1058,8	1060,4	1062,0	1063,6	1065,2	41
42	1079,5	1081,1	1082,7	1084,2	1085,8	1087,4	1089,0	1090,6	42
43	1104,9	1106,5	1108,1	1109,6	1111,2	1112,8	1114,4	1116,0	43
44	1130,3	1131,9	1133,5	1135,0	1136,6	1138,2	1139,8	1141,4	44
45	1155,7	1157,3	1158,9	1160,4	1162,0	1163,6	1165,2	1166,8	45
46	1181,1	1182,7	1184,3	1185,8	1187,4	1189,0	1190,6	1192,2	46
47	1206,5	1208,1	1209,7	1211,2	1212,8	1214,4	1216,0	1217,6	47
48	1231,9	1233,5	1235,1	1236,6	1238,2	1239,8	1241,4	1243,0	48
49	1257,3	1258,9	1260,5	1262,0	1263,6	1265,2	1266,8	1268,4	49
50	1282,7	1284,3	1285,9	1287,4	1289,0	1290,6	1292,2	1293,8	50

Englische Fuß und Zoll = Millimeter.

1 engl. Fuß = 304,7997 mm.

Engl. Fuß		1''	2''	3''	4''	5''
	mm.	25,400	50,800	76,200	101,600	127,000
1'	304,800	330,200	355,600	381,000	406,400	431,800
2'	609,599	634,999	660,399	685,799	711,199	736,599
3'	914,399	939,799	965,199	990,599	1015,999	1041,399
4'	1219,199	1244,599	1269,999	1295,399	1320,799	1346,199
5'	1523,999	1549,399	1574,799	1600,199	1625,599	1650,999
6'	1828,798	1854,198	1879,598	1904,998	1930,398	1955,798
7'	2133,598	2158,998	2184,398	2209,798	2235,198	2260,598
8'	2438,398	2463,798	2489,198	2514,598	2539,998	2565,398
9'	2743,197	2768,597	2793,997	2819,397	2844,797	2870,197
10'	3047,997	3073,397	3098,797	3124,197	3149,597	3174,997
11'	3352,797	3378,197	3403,597	3428,997	3454,397	3479,797
12'	3657,596	3682,996	3708,396	3733,796	3759,196	3784,596

Engl. Fuß	6''	7''	8''	9''	10''	11''
	152,400	177,800	203,200	228,600	254,000	279,400
1'	457,200	482,600	508,000	533,400	558,800	584,199
2'	761,999	787,399	812,799	838,199	863,599	888,999
3'	1066,799	1092,199	1117,599	1142,999	1168,399	1193,799
4'	1371,599	1396,999	1422,399	1447,799	1473,199	1498,599
5'	1676,399	1701,798	1727,198	1752,598	1777,998	1803,398
6'	1981,198	2006,598	2031,998	2057,398	2082,798	2108,198
7'	2285,998	2311,398	2336,798	2362,198	2387,598	2412,998
8'	2590,798	2616,198	2641,598	2666,998	2692,398	2717,798
9'	2895,597	2920,997	2946,397	2971,797	2997,197	3022,597
10'	3200,397	3225,797	3251,197	3276,597	3301,997	3327,397
11'	3505,197	3530,597	3555,997	3581,397	3606,797	3632,197
12'	3809,996	3835,396	3860,796	3886,196	3911,596	3936,996

Englische Quadratzoll = Quadratzentimeter. 1 Quadratzoll = 6,451 589 cm².

□ Zoll	0	1	2	3	4	5	6
0		6,4516	12,9032	19,3548	25,807	32,258	38,710
1/32	0,2016	6,6532	13,1048	19,5564	26,008	32,460	38,911
1/16	0,4032	6,8548	13,3064	19,7580	26,210	32,661	39,113
3/32	0,6048	7,0564	13,5080	19,9596	26,411	32,863	39,314
1/8	0,8064	7,2580	13,7096	20,1612	26,613	33,065	39,516
5/32	1,0081	7,4596	13,9112	20,3628	26,815	33,266	39,718
3/16	1,2097	7,6613	14,1128	20,5644	27,016	33,468	39,919
7/32	1,4113	7,8629	14,3145	20,7661	27,218	33,669	40,121
1/4	1,6129	8,0645	14,5161	20,9677	27,420	33,871	40,322
9/32	1,8145	8,2661	14,7177	21,1693	27,621	34,072	40,524
5/16	2,0161	8,4677	14,9193	21,3709	27,823	34,274	40,726
11/32	2,2177	8,6693	15,1209	21,5725	28,024	34,476	40,927
3/8	2,4193	8,8709	15,3225	21,7741	28,226	34,677	41,129
13/32	2,6210	9,0725	15,5241	21,9757	28,428	34,879	41,330
7/16	2,8226	9,2742	15,7257	22,1773	28,629	35,081	41,532
15/32	3,0242	9,4758	15,9274	22,3789	28,831	35,282	41,734
1/2	3,2259	9,6774	16,1290	22,581	29,032	35,484	41,935
17/32	3,4275	9,8790	16,3306	22,782	29,234	35,685	42,137
9/16	3,6291	10,0806	16,5322	22,984	29,435	35,887	42,339
19/32	3,8307	10,2822	16,7338	23,186	29,637	36,089	42,540
5/8	4,0323	10,4838	16,9354	23,387	29,839	36,290	42,742
21/32	4,2339	10,6854	17,1370	23,589	30,041	36,492	42,943
11/16	4,4355	10,8871	17,3386	23,791	30,242	36,693	43,145
23/32	4,6371	11,0887	17,5403	23,992	30,444	36,895	43,347
3/4	4,8387	11,2903	17,7419	24,194	30,645	37,097	43,548
25/32	5,0403	11,4919	17,9435	24,395	30,847	37,298	43,750
13/16	5,2419	11,6935	18,1451	24,597	31,048	37,500	43,951
27/32	5,4435	11,8951	18,3467	24,798	31,250	37,701	44,153
7/8	5,6451	12,0967	18,5483	25,000	31,451	37,903	44,355
29/32	5,8467	12,2983	18,7499	25,202	31,653	38,105	44,556
15/16	6,0483	12,5000	18,9515	25,403	31,855	38,306	44,758
31/32	6,2499	12,7016	19,1531	25,605	32,056	38,508	44,960

□ Zoll	7	8	9	10	11	12	13
0	45,161	51,613	58,064	64,516	70,967	77,419	83,870
1/32	45,363	51,814	58,266	64,717	71,169	77,621	84,072
1/16	45,564	52,016	58,468	64,919	71,371	77,822	84,274
3/32	45,766	52,218	58,669	65,121	71,572	78,024	84,475
1/8	45,968	52,419	58,871	65,322	71,774	78,226	84,677
5/32	46,169	52,621	59,072	65,524	71,976	78,427	84,878
3/16	46,371	52,822	59,274	65,726	72,177	78,629	85,080
7/32	46,572	53,024	59,476	65,927	72,379	78,830	85,282
1/4	46,774	53,226	59,677	66,129	72,580	79,032	85,483
9/32	46,976	53,427	59,879	66,330	72,782	79,234	85,685
5/16	47,177	53,629	60,080	66,532	72,984	79,435	85,886
11/32	47,379	53,830	60,282	66,734	73,185	79,637	86,088
3/8	47,580	54,032	60,484	66,935	73,387	79,838	86,290
13/32	47,782	54,234	60,685	67,137	73,588	80,040	86,491
7/16	47,984	54,435	60,887	67,338	73,790	80,242	86,693
15/32	48,185	54,637	61,088	67,540	73,992	80,443	86,894
1/2	48,387	54,839	61,290	67,742	74,193	80,645	87,096
17/32	48,589	55,040	61,492	67,943	74,395	80,846	87,298
9/16	48,790	55,242	61,693	68,145	74,596	81,048	87,499
19/32	48,992	55,443	61,895	68,347	74,798	81,250	87,701
5/8	49,193	55,645	62,097	68,548	75,000	81,451	87,902
21/32	49,395	55,847	62,298	68,750	75,201	81,653	88,104
11/16	49,597	56,048	62,500	68,951	75,403	81,855	88,306
23/32	49,798	56,250	62,701	69,153	75,605	82,056	88,507
3/4	50,000	56,451	62,903	69,355	75,806	82,258	88,709
25/32	50,201	56,653	63,105	69,556	76,008	82,459	88,910
13/16	50,403	56,855	63,306	69,758	76,209	82,661	89,112
27/32	50,605	57,056	63,508	69,959	76,411	82,863	89,314
7/8	50,806	57,258	63,709	70,161	76,613	83,064	89,515
29/32	51,008	57,459	63,911	70,363	76,814	83,266	89,717
15/16	51,209	57,661	64,113	70,564	77,016	83,467	89,918
31/32	51,411	57,863	64,314	70,766	77,217	83,669	90,120

Umrechnung von englischem (amerik.) Gewicht in Kilogramm.

1 Ton = 20 Hundred- (cent-) weight (cwt) = 80 Quarters (qu) = 2240 Pfund (lbs)

1 Hundredweight (cwt) = 4 Quarters (qu) = 112 Pfund (lbs) = 50,8 kg

1 Quarter (qu) = 28 Pfund (lbs); 1 Pfund (lb) = 0,45359 kg

16 Ounces (oz) = 1 Pfund; 1 Ounce (oz) = 28,349375 g.

(In Amerika ist noch eine „short ton“ zu 2000 lbs = 907,1853 kg handelsüblich.)

Engl. Pfund (lbs)	kg	Engl. Pfund (lbs)								
		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
25	11,34	453,6	907,1	1360,7	1814,3	2267,9	2721,5	3175,1	3628,7	4082,3
50	22,68	464,9	918,4	1372	1825,6	2279,2	2732,8	3186,4	3540	4093,6
75	34,02	476,3	929,8	1383,4	1837	2290,6	2744,2	3197,8	3651,4	4105
100	45,36	487,6	941,1	1394,7	1848,3	2301,9	2755,5	3209,1	3662,7	4116,3
125	56,70	498,9	952,5	1406,1	1859,7	2313,6	2766,9	3220,5	3674,1	4127,6
150	68,03	510,2	963,8	1417,4	1871	2324,9	2778,2	3231,8	3685,4	4138,8
175	79,38	521,6	975,2	1428,8	1882,4	2336	2789,6	3243,2	3696,8	4150,3
200	90,71	532,9	986,5	1440,1	1893,7	2347,3	2800,9	3254,5	3708,1	4161,6
225	102,06	544,3	997,9	1451,4	1905	2358,6	2812,2	3265,8	3719,4	4173
250	113,40	555,6	1009,2	1462,7	1916,3	2369,9	2823,5	3277,1	3730,7	4184,3
275	124,73	567	1020,6	1474,1	1927,7	2381,3	2834,9	3288,5	3742,1	4195,7
300	136,07	578,3	1031,9	1485,4	1939	2392,6	2846,2	3299,8	3753,4	4207
325	147,41	589,6	1043,2	1496,8	1950,4	2404	2857,6	3311,2	3764,8	4218,4
350	158,75	600,9	1054,5	1508,1	1961,7	2415	2868,9	3322,5	3776,1	4229,7
375	170	612,3	1065,9	1519,5	1973,1	2426,7	2880,3	3333,9	3787,5	4241,1
400	181,43	623,6	1077,2	1530,8	1984,4	2438	2891,6	3345,2	3798,8	4252,4
425	192,77	635	1088,6	1542,2	1995,8	2449,4	2902,9	3356,5	3810,1	4263,7
450	204,11	646,3	1099,9	1553,5	2007,1	2460,7	2914,2	3367,8	3821,4	4275
475	215,45	657,7	1111,3	1564,9	2018,5	2472,1	2925,6	3379,2	3832,8	4286,4
500	226,80	669	1122,6	1576,2	2029,8	2483,4	2936,9	3390,5	3844,1	4297,7
525	238,13	680,3	1133,9	1587,5	2041,1	2494,7	2948,3	3401,9	3855,5	4309,1
550	249,47	691,6	1145,2	1598,9	2052,4	2506	2959,6	3413,2	3866,8	4320,4
575	260,81	703	1156,6	1610,2	2063,7	2517,4	2971	3424,6	3878,2	4331,8
600	272,15	714,3	1167,9	1621,5	2075	2528,7	2982,3	3435,9	3889,5	4343,1
625	283,50	725,7	1179,3	1632,9	2086,5	2540,1	2993,7	3447,3	3900,9	4354,4
650	294,83	737	1190,6	1644,2	2097,8	2551,4	3005	3458,6	3912,2	4365,7
675	306,17	748,4	1202	1655,6	2109,2	2562,8	3016,4	3470	3923,6	4377,1
700	317,50	759,7	1213,3	1666,9	2120,5	2574,1	3027,7	3481,3	3934,9	4388,4
725	328,85	771,1	1224,6	1678,2	2131,8	2585,4	3039	3492,6	3946,2	4399,8
750	340,20	782,4	1235,9	1689,5	2143,1	2596,7	3050,3	3503,9	3957,5	4411,1
775	351,53	793,8	1247,3	1700	2154,5	2608,1	3061,7	3515,3	3968,9	4422,5
800	362,90	805,1	1258,6	1711,3	2165,8	2619,4	3073	3526,6	3980,2	4433,8
825	374,21	816,4	1270	1723,6	2177,2	2630,8	3084,4	3538	3991,6	4445,2
850	385,55	827,7	1281,3	1734,9	2188,5	2642,1	3095,7	3549,3	4002,9	4456,5
875	396,90	839,1	1292,7	1746,3	2199,9	2653,5	3107,1	3560,7	4014,3	4467,9
900	408,23	850,4	1304	1757,6	2211,2	2664,8	3118,4	3572	4025,6	4479,2
925	419,60	861,8	1315,4	1769	2222,6	2676,2	3129,7	3583,3	4036,9	4490,5
950	430,90	873,1	1326,7	1780,3	2233,9	2687,5	3141	3594,6	4048,2	4501,8
975	442,25	884,5	1338,1	1791,7	2245,3	2698,9	3152,4	3606	4059,6	4513,2
		895,8	1349,4	1803	2256,6	2710,2	3163,7	3617,3	4070,9	4524,5

Englische Kubikfuß = Kubikmeter.

1 Kubikfuß = 0,02831676 Kubikmeter.

cbefoot	m ³	cbefoot	m ³	cbefoot	m ³	cbefoot	m ³
1	0,0283	31	0,8778	61	1,7273	91	2,5768
2	0,0566	32	0,9061	62	1,7556	92	2,6051
3	0,0850	33	0,9345	63	1,7840	93	2,6335
4	0,1133	34	0,9628	64	1,8123	94	2,6618
5	0,1416	35	0,9911	65	1,8406	95	2,6901
6	0,1699	36	1,0194	66	1,8689	96	2,7184
7	0,1982	37	1,0477	67	1,8972	97	2,7467
8	0,2265	38	1,0760	68	1,9255	98	2,7750
9	0,2549	39	1,1044	69	1,9539	99	2,8034
10	0,2832	40	1,1327	70	1,9822	100	2,8317
11	0,3115	41	1,1610	71	2,0105	200	5,6634
12	0,3398	42	1,1893	72	2,0388	300	8,4950
13	0,3681	43	1,2176	73	2,0671	400	11,3267
14	0,3964	44	1,2459	74	2,0954	500	14,1584
15	0,4248	45	1,2743	75	2,1238	600	16,9901
16	0,4531	46	1,3026	76	2,1521	700	19,8217
17	0,4814	47	1,3309	77	2,1804	800	22,6534
18	0,5097	48	1,3592	78	2,2087	900	25,4851
19	0,5380	49	1,3875	79	2,2370	1000	28,317
20	0,5663	50	1,4158	80	2,2653	2000	56,634
21	0,5947	51	1,4442	81	2,2937	3000	84,950
22	0,6230	52	1,4725	82	2,3220	4000	113,267
23	0,6513	53	1,5008	83	2,3503	5000	141,584
24	0,6796	54	1,5291	84	2,3786	6000	169,901
25	0,7079	55	1,5574	85	2,4069	7000	198,217
26	0,7362	56	1,5857	86	2,4352	8000	226,534
27	0,7646	57	1,6141	87	2,4636	9000	254,851
28	0,7929	58	1,6424	88	2,4919	10000	283,17
29	0,8212	59	1,6707	89	2,5202		
30	0,8495	60	1,6990	90	2,5485		

Maßeinheiten nach dem absoluten Centimeter-Gramm-Sekunde-System (C-G-S-System).

(Vgl. Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik.)

Grundeinheiten sind für die Länge der cm, für die Masse das g, für die Zeit die sek. Als sek gilt der 86400. Teil des mittleren Sonnentages; sie stimmt mit der sek der bürgerlichen Zeitrechnung vollständig überein.

Von den drei Grundeinheiten cm, g, sek sind alle anderen Einheiten abgeleitet. Sie werden als Potenzen von L (Länge), M (Masse), T (Zeit) dargestellt.

Man unterscheidet geometrische, mechanische, kalorische, magnetische, elektrostatische und elektromagnetische Einheiten.

Die Einheit der **Fläche** ist das Quadrat über der Längeneinheit.

Die Einheit des **Raumes** ist der Würfel über der Längeneinheit.

Winkleinheit ist der Winkel, dessen Bogen gleich dem Halbmesser ist ($57,296^\circ$).

Die Einheit der **Geschwindigkeit** besitzt ein Punkt, der in der Zeiteinheit eine Längeneinheit zurücklegt.

Die Einheit der **Beschleunigung** ist diejenige, bei welcher die Geschwindigkeit in der Zeiteinheit um die Geschwindigkeitseinheit wächst.

Die Einheit der **Kraft**, 1 Dyn, ist diejenige, die der Masseneinheit in der Zeiteinheit die Geschwindigkeit 1 erteilt.

Die Einheit der **Arbeit**, 1 Erg, wird verrichtet durch die Kraft 1 Dyne, bei Verschiebung ihres Angriffspunktes in ihrer Richtung um die Längeneinheit.

Nimmt man für die Schwerkraftsbeschleunigung in 45° geogr. Breite und im Meeresniveau den Wert $980,617$ cm an, so ist daselbst:

$$1 \text{ Grammgewicht} = 980,617 \text{ Dyne,}$$

$$\text{also } 1 \text{ Dyne} = 1,0198 \times 10^{-3} \text{ Grammgewicht.}$$

$$1 \text{ Meter-Kilogr.-Gewicht} = 980,617 \times 10^5 \text{ Erg,}$$

$$\text{also } 1 \text{ Erg} = 1,0189 \times 10^{-8} \text{ Meter-Kilogr.-Gewicht.}$$

Die Einheit des **Druckes** ist die Wirkung der Kräfteinheit auf 1 cm^2 .

Die Einheit des **Drehmoments** ist die Einheit der Kraft, die senkrecht am Hebelarm von 1 cm Länge angreift.

Die Einheit des **Trägheitsmoments** entspricht der Masse von 1 g im Abstände von 1 cm von der Drehungsachse.

Die Einheit des **Elastizitätsmaßes** (Elastizitätsmoduls) hat ein Körper, der bei Querschnitt Eins in Stabform durch eine dehnende Kraft um einen ihr zahlenmäßig gleichen Bruchteil verlängert wird.

Die Einheit der **Wärme** ist die der Arbeitseinheit, dem Erg, gleichwertige Wärmemenge.

Die Einheit der **elektrostatischen Elektrizitätsmenge** ist die Menge, welche auf eine gleich große Menge in der Entfernung 1 cm die Kraft Eins ausübt.

Die Einheit des **elektrostatischen Potentials** besitzt die Einheit der Elektrizitätsmenge, wenn sie sich auf einer leitenden Kugel vom Radius Eins befindet.

Die Einheit der **elektrostatischen Kapazität** kommt dem leitenden Körper zu, der durch die Einheit der Elektrizitätsmenge zum Potential Eins geladen wird.

Die Einheit der **magnetischen Polstärke** übt auf einen gleich starken Pol in der Entfernung von 1 cm die Kraft Eins aus.

Die Einheit des **magnetischen Moments** besitzt ein Magnet, dessen beide Pole von der Stärke Eins den Abstand von 1 cm haben.

Die Einheit der **magnetischen Feldstärke** oder **Intensität** (Gauß) erteilt einem zur Richtung der Kraft senkrechten Magnet vom Momente Eins das Drehungsmoment Eins.

Die Einheit der **elektromagnetischen Stromstärke** besitzt der Strom, der, einen Kreisbogen von 1 cm Länge und 1 cm Radius durchfließend, auf den Magnetpol Eins in der Entfernung Eins die Kraft Eins ausübt.

Die Einheit der **elektromotorischen Kraft** oder **Spannung im elektromagnetischen Maße** entsteht in einem geraden, zur Feldrichtung senkrechten Leiter von 1 cm Länge, der sich mit der Geschwindigkeit Eins im magnetischen Felde Eins senkrecht zu diesem und zu sich selbst bewegt.

Die Einheit des **elektromagnetischen Widerstandes** besitzt ein Leiter, in dem die Potentialdifferenz Eins die Stromstärke Eins hervorruft.

Bezeichnungen.

(Vergl. Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik.)

Die nachfolgende Tafel ist ursprünglich im Anschluß an die Vereinbarungen des Elektrotechniker-Kongresses zu Chicago 1893 aufgestellt worden; später wurde mehr auf die in der Maschinentechnik eingebürgerten Bezeichnungen Rücksicht genommen. Die Lichtgrößen sind nach den Beschlüssen des Elektrotechnischen Vereins, des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker vom Jahre 1897 aufgenommen. Ferner sind die Sätze des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen (A.E.F.)* berücksichtigt worden.

Bei der Auswahl der Zeichen wurden folgende Hauptregeln beobachtet: Die Einheitszeichen sind lateinische gerade Buchstaben; für die elektrischen Einheiten wurden große Buchstaben gewählt. Die Zeichen für die GröÙen sind entweder lateinische Kursiv-, deutsche Fraktur- oder griechische Buchstaben; die Vektoren und die magnetischen GröÙen werden durch Frakturbuchstaben dargestellt, die Eigenschaften der Stoffe vorzugsweise durch kleine griechische Buchstaben.

In Fällen, wo mehrere GröÙen derselben Art gleichzeitig in den Formeln auftreten, werden neben den in der Tafel angegebenen Zeichen die zugehörigen großen bzw. kleinen Buchstaben desselben Alphabets und die gleichlautenden Buchstaben anderer Alphabete verwandt. In besonderen Fällen werden auch Zeichen verwendet, welche die Tafel nicht aufführt.

Die Kgl. Preußischen Minister der öffentlichen Arbeiten und für Handel und Gewerbe haben durch Erlaß vom 25. Januar 1916 den Gebrauch der Einheits- und Formelzeichen des A.E.F. den nachgeordneten Behörden empfohlen.

Dem Erlaß war das Taschenblatt des A.E.F. beigelegt, das alle bis jetzt festgesetzten Einheits- und Formelzeichen enthält. (Abdruck s. ETZ 1914 S. 1021.)

Von Interesse sind folgende Absätze des Erlasses:

„1. Der Ausschuß schlägt vor, für die Maße Quadratmeter, Quadratzentimeter, Kubikmeter usw. die Abkürzungen m^2 , cm^2 , m^3 usw. zu verwenden. Dies beruht auf Beschlüssen des Internationalen Maß- und Gewichtskomitees vom Jahre 1880 und 1885, stimmt aber mit den für Deutschland geltenden amtlichen Vorschriften nicht völlig überein. Laut Beschluß des Bundesrats vom 14. Dezember 1911 (s. Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 17. Januar 1912) sind für obige Werte die Abkürzungen qm oder m^2 , qcm oder cm^2 , qbm oder m^3 usw. anzuwenden.

Im Verkehr mit der Bevölkerung, auch z. B. in Kostenanschlägen, Massenberechnungen usw., die in die Hände von Unternehmern gelangen können, sind bis auf weiteres die ersten Bezeichnungen, im inneren amtlichen Verkehr sowie in wissenschaftlichen Ausarbeitungen, statistischen Rechnungen u. dgl. tunlichst die Zeichen m^2 , cm^2 usw. zu verwenden.

2. In Satz IV der Vorschläge des A.E.F. steht: „Die technische Einheit der Leistung heißt Kilowatt.“ Bei Befolgung dieses Satzes könnte somit die bisher übliche Einheit der Pferdestärke nicht mehr angewendet werden.

Wenn es auch richtig erscheint, der allgemeinen Einführung der neuen Einheit Kilowatt möglichst die Wege zu ebnen, da sie an sich mehr Berechtigung hat als die Pferdestärke, so wird es sich doch in vielen Fällen nicht ermöglichen lassen, die Einheit der Pferdestärke plötzlich abzuschaffen. Letztere ist daher in Fällen, wo es zweckmäßig oder erforderlich erscheint, einstweilen beizubehalten.

Zweckmäßig kann es z. B. sein, bei Berechnung oder beim Ankauf feststehender Dampfmaschinen, von Lokomobilen oder von Schiffsmaschinen mit der alten Einheit zu rechnen, in Rücksicht darauf, daß diese zur Zeit noch in weiten Kreisen gebräuchlich ist; erforderlich ist es dagegen beispielsweise bei Führung der Dampfmaschinenstatistik, die seit jeher auf die Einheit der Pferdestärke zugeschnitten ist.“

*) Dem Ausschuß für Einheiten und FormelgröÙen gehören z. Z. an:

- | | |
|---|---|
| 1. Berliner Mathematische Gesellschaft | 10. Verband Deutscher Elektrotechniker |
| 2. Deutsche Beleuchtungstechn. Gesellsch. | 11. Verband Deutscher Zentralheizungs-
industrieller |
| 3. Deutsche Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie | 12. Verein Deutscher Gas- und Wasser-
fachmänner |
| 4. Deutsche Physikalische Gesellschaft | 13. Verein Deutscher Ingenieure |
| 5. Elektrotechnischer Verein | 14. Verein Deutsch. Maschinen-Ingenieure |
| 6. Elektrotechnischer Verein in Wien | 15. Wissenschaftl. Gesellschaft für Flug-
technik |
| 7. Österr. Ingenieur- u. Architekt.-Verein | 16. Deutsche Chemische Gesellschaft |
| 8. Schweizerischer Elektrotechn. Verein | |
| 9. Verband Deutscher Architekten und
Ingenieurvereine | |

Zeichen	Physikalische Größe oder Eigenschaft	Beziehungs- gleichungen	Dimen- sion	Technische Einheit			
				Zeichen	Name oder Bezeichnung	Wert in CGS	
Die Vielfachen und Teile von Einheiten werden aus letzteren durch Vorsetzen geeigneter Buchstaben abgeleitet. $M = 10^6$; $k = 10^3$; $h = 10^2$; $d = 10^{-1}$; $c = 10^{-2}$; $m = 10^{-3}$; $\mu = 10^{-6}$.							
1. Grundmaße.							
l	Länge		L	cm	Zentimeter	1	
				m	Meter	10^2	
				μ	Mikron = 0,001 mm	10^{-4}	
m	Masse		M	g	Gramm	1	
				kg	Kilogramm	10^3	
				γ	= 0,001 mg	10^{-6}	
t	Zeit		T	st	Stunde	Zeiträume	1
				m od. min			Minute
				s od. sek	Sekunde		3600
				h	Zeitpunkte, Uhrzeiten, Zeichen erhöht		
				min			
sec							
2. Zahlen, geometrische und mechanische Größen.							
α, β	Winkel, Bogen		o		arc sin 57,296° = 1		
φ	Voreilwink., Phasenverschieb.		o				
η	Wirkungsgrad		o				
N	Windungszahl		o				
r d λ	Halbmesser Durchmesser Wellenlänge		L				
F q	Fläche, Oberfläche Querschnitt		L ²	m ²	Quadratmeter	10^4	
				cm ²	Quadratzentimeter	1	
				a	Ar = 100 m ²	10^6	
V	Raum, Volumen		L ³	m ³	Kubik(Raum)meter	10^6	
				cm ³		Kubikzentimeter	1
				l	Liter	10^3	
				λ	= 0,001 ml	10^{-3}	
v g a	Geschwindigkeit Fallbeschleunigung Beschleunigung		LT ⁻¹				
			LT ⁻²				
n ω ν ω	Umlaufzahl Winkelgeschwindigkeit Frequenz Kreisfrequenz		T ⁻¹	U/min	Umdrehungen in 1 min	$1/60$	
				Per/sek		Perioden in 1 sek	1
						Perioden in 2 π sek	$1/2 \pi$
P	Kraft	$P = m \cdot a$	LMT ⁻²	kg*	Kilogramm - Kraft	} $981 \cdot 10^3$	
				kb			Kilobar
				g*	Gramm - Kraft		} 981
				b	Bar		
A	Arbeit	$A = P \cdot l$	L ² MT ⁻²	kgm	Kilogrammmeter	$98,1 \cdot 10^6$	
				ft lb		engl. Fußfund	$13,4 \cdot 10^2$
W	Energie		L ² MT ⁻²	kWst	Kilowattstunde	$36 \cdot 10^6$	
N	Leistung, Effekt	$N = A/t$	L ² MT ⁻³	kW	Kilowatt	10^{10}	
				GP		Großpferd = 102 kgm/sek	10^{10}
				P	Pferd = 75 kgm/sek	$736 \cdot 10^7$	
				HP	Horsepower, engl.	$746 \cdot 10^7$	
p	Druck, Spannung	$p = P/q$	L ⁻¹ MT ⁻²	kg*/mm ²	Kilogramm auf das Quadratmillimeter	$98,1 \cdot 10^6$	
				Atm		physikal. Atmosphäre	$1,013 \cdot 10^6$
				at	76 cm Hg von 0 ⁰ technische Atm.	$98,8 \cdot 10^4$	
					1 at = 1 kg*/cm ²		

Zeichen	Physikalische Größe oder Eigenschaft	Beziehungsgleichungen	Dimension	Technische Einheit		
				Zeichen	Name oder Bezeichnung	Wert in CGS
Θ	Trägheitsmoment		L^2M			
D	Dreh- und statisches Moment		L^2MT^{-2}			
M	Biegemoment		L^2MT^{-2}			
ρ	Dichte		$L^{-3}M$			
E	Elastizitätsmodul	$\alpha = 1/E$	$L^{-1}MT^{-2}$			
α	Dehnungskoeffizient		$LM^{-1}T^2$			
3. Wärme.						
T	Temperatur, absolute	$T = 273 + t$				
t	Temperatur vom Eispunkt					
Q	Wärmemenge			cal kcal	Grammkalorie Kilogrammkalorie	$4,189 \cdot 10^7$ $4,189 \cdot 10^{10}$
c	spez. Wärme	$c = Q/m(t_2 - t_1)$			1 kcal (15°) =	
c_p	spez. Wärme bei konstantem Druck				427,2 kgm 1 BThU (British Thermal Unit) =	
c_v	spez. Wärme bei konstantem Volumen				778 ft lbs =	
α	Wärmeausdehnungskoeffizient				107,6 kgm = 0,252 kcal	
4. Licht.						
J	Lichtstärke			HK	Kerze (Hefnerkerze)	
Φ	Lichtstrom	$\Phi = J/\omega = JS/r^2$		Lm	Lumen (Hefnerlumen)	
E	Beleuchtung	$E = J/r^2 = \Phi/S$		Lx	Lux (Hefnerlux)	
H	Flächenhelle	$e = J/s$				
Q	Lichtabgabe	$Q = \Phi \cdot T$				
φ	räumlicher Winkel; S in m^2 , $s = cm^2$, \perp zur Strahlenrichtung; r in m; T in Stunden					
5. Magnetismus.						
m	magnet. Menge	$P = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	$L^{3/2}M^{1/2}T^{-1}$			
l	Polabstand		L			
\mathfrak{M}	magnet. Moment	$\mathfrak{M} = m \cdot l$	$L^{3/2}M^{1/2}T^{-1}$			
\mathfrak{J}	Magnetisierungsstärke	$\mathfrak{J} = \mathfrak{M}/V$	$L^{-1/2}M^{1/2}T^{-1}$		Gauß	1
\mathfrak{S}	magnet. Feldstärke	$\mathfrak{S} = \mathfrak{J}/l = 4\pi NI/l$				
\mathfrak{h}	horizont. Erdmagnetismus					
\mathfrak{B}	magnetische Dichte oder Induktion	$\mathfrak{B} = \mathfrak{S} + 4\pi \mathfrak{J}$ $\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{S}$				
\mathfrak{F}	magnetomotorische Kraft	$\mathfrak{F} = l \cdot \mathfrak{S}$ $\mathfrak{F} = 4\pi NI$	$L^{1/2}M^{1/2}T^{-1}$		Gilbert	1
\mathfrak{P}	Kraftfluß	$\mathfrak{P} = \mathfrak{F}/\mathfrak{R}$ $\mathfrak{P} = q \cdot \mathfrak{B}$	$L^{3/2}M^{1/2}T^{-1}$		Maxwell	1
\mathfrak{R}	magnet. Widerstand (Reluktanz)	$\mathfrak{R} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l}{q}$	L^{-1}		Oersted	1
μ	magnet. Durchlässigkeit, Permeabilität	$\mu = 1 + 4\pi \kappa$ $= \mathfrak{B}/\mathfrak{S}$	$L^0M^0T^0$			1
κ	magnet. Aufnahmevermög., Suszeptibilität	$\kappa = \frac{\mu - 1}{4\pi} = \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{S}}$				
η	Koeffizient der magnetischen Hysterese.					
p	Zahl der Polpaare					
ν	Streuungskoeffizient					

Zeichen	Physikalische Größe oder Eigenschaft	Beziehungsgleichungen	Dimension	Technische Einheit		
				Zeichen	Name oder Bezeichnung	Wert in CGS
6. Elektrizität.						
€	Elektr. Feldstärke	$\mathfrak{D} = \epsilon \mathfrak{E} / 4\pi c^2$	$L^{1/2} M^{1/2} T^{-2}$			Westonsches Normalelement Form der Reichsanstalt 1,0183-0,0000406 (t-20) - 0,0095 (t-20) ² + 0,0001 (t-20) ³ V bei 4 ⁰ gesätt. Lösung 1,0187 V Clarksches Normalelement 1,4263-0,00126 (t-20) - 0,007 (t-20) ² V
⊙	Dielekt. Verschiebung		$L^{-3/2} M^{1/2}$			
E	Elektromotorische Kraft	$E = I \cdot R$ $P = V_1 - V_2$	$L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}$	V	Volt	10 ⁸
P	Spannung Potentialdiff.,					
V	Potential gegen Erde					
I	Stromstärke	$I = \frac{E}{R}$	$L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$	A	Ampere	10 ⁻¹
Q	Elektrizitätsmenge	$Q = I \cdot T$	$L^{1/2} M^{1/2}$	C	Coulomb	10 ⁻¹
i	Stromdichte	$i = I/q$	$L^{-3/2} M^{-1/2} T^{-1}$	Ast	Ampere-Stunde	360
D	Durchflutung	$D = NI$	$L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$	AW	Ampere-wicklung	10 ⁻¹
B	Strombelag	$B = D/l$	$L^{-1/2} M^{1/2} T^{-1}$	AW cm		10 ⁻¹
A	elektrische Arbeit	$A = Q \cdot E$	$L^2 M T^{-2}$	VC J Wst kWst	Volteoulomb Joule Wattstunde Kilowattstunde	10 ⁷ 10 ⁷ 36 · 10 ⁹ 36 · 10 ¹²
N	elektrische Leistung	$N = E \cdot I$ $= A/T$	$L^2 M T^{-3}$	W kW BTU	Watt Kilowatt Board of Trade Unit	10 ⁷ 10 ¹⁰ 10 ¹⁰
R	Widerstand	$R = E/I$ $R = l/q$	LT^{-1}	\mathcal{G} MΩ	Ohm Megohm	10 ⁹ 10 ¹⁵
G	Leitwert	$G = 1/R$	$L^{-1} T$	S	Siemens	10 ⁻⁹
C	Kapazität	$C = \frac{Q}{E}$	$L^{-1} T^2$	F μF	Farad Mikrofarad	10 ⁻⁹ 10 ⁻¹⁵
L	Selbstinduktivität	$L = \frac{\Phi}{I}$	L	H	Henry	10 ⁹
M	Gegeninduktivität					
σ	spezif. Widerstand	$\sigma = \frac{1}{\chi}$ $\kappa = 10^4 \chi$ $\mathcal{A} = \frac{\kappa}{\eta}$	$L^2 T^{-1}$	σ und χ bezogen auf Ohm κ auf d. Würfel von 1 cm Seite		
χ	spez. Leitwert d. Leiter 1. Kl.		$L^{-2} T$			
κ	Leitfähigkeit d. Elektrolyte					
ℳ	Äquivalentleitvermögen					
α	elektrochem. Äquivalent	Zusammengesetzte Wechselstromgrößen.				
η	Konzentration einer Lösung Grammäquivalent in 1 cm ³ Lösung	Reaktanz = $\frac{2\pi n L - 1/2\pi n C}{R^2 + (2\pi n L - 1/2\pi n C)^2}$				
γ	Dissoziationsgrad	Impedanz = $\sqrt{R^2 + (2\pi n L - 1/2\pi n C)^2}$				
ε	Dielektrizitätskonstante	Admittanz = $1/\sqrt{R^2 + (2\pi n L - 1/2\pi n C)^2}$				
ξ	Wirbelstromkonstante	Konduktanz = $R/[R^2 + (2\pi n L - 1/2\pi n C)^2]$				
		Suszeptanz = $[2\pi n L - 1/2\pi n C]/[R^2 + (2\pi n L - 1/2\pi n C)^2]$				

Mathematische Zeichen.

(Aufgestellt vom A. E. F.)

Nr.	Zeichen	Bedeutung	Nr.	Zeichen	Bedeutung
1.	I, I)	erstens	23.	$\sqrt{\quad}$	Wurzelzeichen. (Das Zeichen $\sqrt{\quad}$ erhält einen oben angesetzten wagerechten Strich, an dessen Ende noch ein kurzer, senkrechter Strich angesetzt werden kann.)
2.	()	Numerierung von Formeln; die Formelnnummern sollen stets am rechten Rande des Textes stehen.	24.	$\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$	Determinante
3.	$\%$, v H	Prozent	25.	$ $	Betrag einer reellen oder komplexen Größe
4.	‰ , v T	Promille	26.	!	Fakultät
5.	/	für ein, pro	27.	\sphericalangle	endliche Zunahme
6.	\div	bis (statt —)	28.	d	vollständiges Differential
7.	() [] { }	Klammer	29.	∂	partielles Differential
8.	,	Dezimalzeichen; Komma unten, Punkt oben. Zur Gruppenabteilung bei größeren Zahlen darf weder Komma noch Punkt verwandt werden.	30.	δ	Variation, virtuelle Änderung
9.	0,058	0,000 008	31.	$\ddot{\delta}$	Diminutiv
10.	+	plus, mehr, und	32.	\sum	Summe von; Grenzbezeichnungen sind unter und über das Zeichen zu setzen. Die Summationsvariable wird unter das Zeichen gesetzt.
11.	—	minus, weniger	33.	\int	Integral
12.	$\cdot \times$	mal, multipliziert mit. Der Punkt steht auf halber Zahlenhöhe.	34.	\parallel	parallel
13.	\div / —	geteilt durch	35.	\equiv	gleich und parallel
14.	\equiv	gleich	36.	\perp	rechtwinklig zu
15.	\equiv	identisch mit	37.	\triangle	Dreieck
16.	\neq	nicht gleich	38.	\cong	kongruent
17.	\approx	nahezu gleich, rund, etwa	39.	\simeq	ähnlich, proportional
18.	$<$	kleiner als	40.	\sphericalangle	Winkel
19.	$>$	größer als	41.	\overline{AB}	Strecke AB
20.	\ll	klein gegen	42.	\widehat{AB}	Bogen AB
21.	\gg	groß gegen			
22.	∞	unendlich			

Die Schriftleitung der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure hat die Formelzeichen des A. E. F. im allgemeinen übernommen und gebraucht noch nachfolgende (teilweise abweichende) Bezeichnungen.

cal	Kalorie	ltr/sk	Liter in 1 Sekunde
kcal	Kilokalorie	m/sk	Meter in 1 Sekunde
Amp.	Ampere	<i>M</i>	Mark
V	Volt	<i>M/t</i>	Mark für die Tonne
kW	Kilowatt	PS	Pferdestärke
kVA	Kilovoltampere	PS _i	indizierte Pferdestärke
1 at	1 Atmosphäre	PS _e	effektive Pferdestärke
Atm.-Linie	Atmosphärenlinie	PS-st	Pferdekraftstunde
at abs.	Atmosphären absolut	Q.-S.	Quecksilbersäule
Dmr.	Durchmesser	qkm	km ²
für 1 m	für das laufende Meter	rd.	rund, etwa
HD-Zyl.	Hochdruckzylinder	S.-O.	Schienenoberkante
ND-Kolben	Niederdruckkolben	500Uml./min.	500 Minutenumdrehungen (Touren)
kg/qem	Kilogramm für 1 Quadrat- zentimeter	v H	‰
sk	Sekunde	v T	‰‰
st	Stunde	W.-S.	Wassersäule
min	Minute	lg	log
km/st	Kilometer in 1 Stunde	Kn.	Knoten
l. W.	lichte Weite	ln	Log. natur.
ltr	Liter	Mill.	Million

Münzen.		
Deutsches Reich	1 <i>M</i> = 100 <i>ø</i>	Mark, Pfennig
Österreich - Ungarn	1 Kr = 100 h	Krone, Heller
Frankreich	1 Fr = 100 c	Franc, Centimes
Italien	1 L = 100 c	Lire, Centesimi
Vereinigte Staaten v. Nordam.	1 \$ = 100 c	Dollar, Cents
Großbritannien	1 £ = 20 s	Pfund Sterling oder
	1 s = 12 d	Sovereign, Shilling Shilling, Pence (deniers)

Tafel über die Maßeinheiten für Energie und ihr gegenseitiges Verhältnis.

(Zur Tafel auf Seite 77.)

Erg und **Dyn** (Definition s. Seite 70).

1 Volt-Ampere \times sek. = **1 Wattsekunde** = **1 Joule** wird geleistet, wenn der Strom von 1 Ampere im Widerstande von 1 Ohm während 1 Sekunde fließt.

1 kleine 15⁰-Kalorie ist die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 g Wasser bei 15⁰ C um 1⁰ zu wärmen. (Vgl. Seite 86.)

1 Literatmosphäre ist die Arbeit, die der Vermehrung des Volumens um 1 Liter unter dem konstanten Drucke von 1 Atmosphäre (= 1013300 Dynen/cm²) entspricht.

1 Kilogramm ist die Arbeit, die durch Hebung von 1 kg um 1 m entgegen der Anziehungskraft der Erde unter 45⁰ Breite im Meeresniveau geleistet wird.

Die letzte Horizontalreihe enthält die auf ein Mol (Gramm-Molekül) bezogene **Gas-konstante R**, ausgedrückt in den verschiedenen Einheiten, samt den zugehörigen Logarithmen.

Die den Umrechnungen zugrunde gelegten Ausgangswerte (vgl. Kohlrausch, Prakt. Phys. und Beschlüsse des A. E. F.) sind fett gedruckt.

	Erg	Wattsekunde Joule	Kl. 15 ^o -Kalorie	Literatmosphäre	Meterkilogramm	Pferdestärke X Sekunde
1 Erg ==	1	10 ⁻⁷	2,387 · 10 ⁻⁸	9,869 · 10 ⁻¹⁰	1,0198 · 10 ⁻⁸	1,3597 · 10 ⁻¹⁰
log		3,00000-10	2,37789-10	0,99428-10	2,00851-10	0,13345-10
1 Wattsekunde == 1 Joule	10 ⁷	1	0,2387	9,869 · 10 ⁻³	0,10198	1,3597 · 10 ⁻³
log	7,00000		9,37789-10	7,99428-10	9,00851-10	7,13345-10
1 Kl. 15 ^o -Kalorie ==	4,189 · 10 ⁷	4,189	1	0,04134	0,4272	5,696 · 10 ⁻³
log	7,62211	0,62211		8,61639-10	9,63062-10	7,75556-10
1 Literatmosphäre ==	1,0133 · 10 ⁹	1,0133 · 10 ²	24,19	1	10,333	0,1378
log	9,00572	2,00572	1,38361		1,01423	9,13917-10
1 Meterkilogramm ==	9,806 · 10 ⁷	9,806	2,341	9,678 · 10 ⁻²	1	1,333 · 10 ⁻²
log	7,99149	0,99149	0,36938	8,98577-10		8,12494-10
1 Pferdestärke X Sekunde ==	7,355 · 10 ⁹	7,355 · 10 ²	175,6	7,256	75,00	1
log	9,86655	2,86655	2,24444	0,86083	1,87506	
$\frac{R}{Mol}$ ==	8,316 · 10 ⁷	8,316	1,985	8,207 · 10 ⁻²	0,8481	1,131 · 10 ⁻²
log	7,91991	0,91991	0,29776	8,91418-10	9,92845-10	8,05331 · 10

Aus dem Gebiete der Elektrotechnik.

a) Gesetzliche Einheiten.

nach dem Reichsgesetz vom 1. Juni 1898 (R.-G.-Bl. S. 905):

Das (sog. internationale) **Ohm** ist die **Einheit des elektrischen Widerstandes**. Es wird dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem, 1 mm² gleich zu achtendem Querschnitt 106,3¹⁾ cm und deren Masse 14,4521 g beträgt.

Das **Ampere** ist die **Einheit der elektrischen Stromstärke**. Es wird dargestellt durch den unveränderlichen elektrischen Strom, welcher bei dem Durchgange durch eine wässrige Lösung von Silbernitrat in einer Sekunde 0,001118²⁾ g Silber niederschlägt.

Das **Volt** ist die **Einheit der elektromotorischen Kraft**. Es wird dargestellt durch die elektromotorische Kraft, welche in einem Leiter, dessen Widerstand 1 Ohm beträgt, einen elektrischen Strom von 1 Ampere erzeugt.

Diese Definitionen stimmen mit denjenigen überein, welche die internationale Elekrikerkonferenz zu London 1908 angenommen hat (E. T. Z. 30, 344; 1909).

Ohm'sches Gesetz:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Elektromotorische Kraft}}{\text{Widerstand}}$$

$$J = \frac{E}{R} = \text{Ampere} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}}$$

b) Andere Einheiten.

Elektrischer Widerstand:

- a) Sog. „**Legales Ohm**“ nach dem Vorschlag des Internationalen Elekriker-Kongresses zu Paris 1884:
Der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 mm² Querschnitt und 106 cm Länge bei 0°.
- b) **Siemens-Einheit (S.-E.)** ist der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 mm² Querschnitt mit 1 m Länge bei 0°.
- c) **British-Association-Unit (B. A. U.)** ist der Widerstand einiger aus Draht verschiedenen Materials konstruierter Normale; 1 B. A. U. ist etwa gleich 0,987 Legales Ohm.

Das **Weston-Normalelement**, hergestellt nach den Vorschriften der Phys.-Techn.Reichsanstalt, mit gesättigter Kadmiumsulfatlösung, hat eine elektromotorische Kraft (international angenommen) von 1,0183 — 0,0000406 (t—20) — 0,00000095 (t—20)² + 0,0000001 (t—20)³ Volt, also bei

10°	1,01863 Volt
15°	1,01848 "
16°	1,01845 "
17°	1,01841 "
18°	1,01838 "
19°	1,01834 "
20°	1,01830 "
25°	1,01807 "

¹⁾ Der wahrscheinliche Wert ist 106,289 cm (Dorn, Wiss. Abh. d. Phys.-Techn. Reichsanst. 2, 355; 1895).

Im Beschluß der Londoner Konferenz heißt es: 106,300.

²⁾ Im Beschluß der Londoner Konferenz heißt es: 0,00111800.

Das **Watt** (*Volt-Ampere*) ist die Leistung eines Stromes von 1 Ampere Stärke in einem Leiter, an dessen Enden eine Spannungsdifferenz von 1 Volt besteht.

1000 Watt sind 1 **Kilowatt**.

Wattsekunde = Joule = Arbeit von 1 Watt während 1 Sekunde.

Wattstunde ist die Arbeit von 1 Watt während 1 Stunde.

1 Pferdekraft = 736 Watt (genau 735,5) = 75 kgm (in 1 Sekunde).

1 HP (horse-power) = 746 Watt (vgl. S. 82).

Das **Coulomb** ist diejenige *Elektrizitätsmenge*, die in 1 Sekunde bei einer Stromstärke von 1 Ampere durch den Querschnitt eines Leiters fließt.

Das **Farad** ist die Kapazität eines Kondensators, welcher durch die Elektrizitätsmenge von 1 Coulomb auf den Spannungsunterschied von 1 Volt geladen wird.

[Meg (*a*) ist das 10^6 -, Kilo das 10^3 -, Milli das 10^{-3} -, Mikr (*o*) das 10^{-6} -fache der Einheit.]

Das **Henry** ist die Induktivität einer Strombahn, bei der eine Änderung der Stromstärke in 1 Sekunde um 1 Ampere eine induzierte elektromotorische Kraft von 1 Volt erzeugt.

c) Wechselstromgrößen (vgl. S. 74).

Ein elektrischer Leiter vom Gleichstromwiderstand R und einer Induktivität (Selbstinduktionskoeff.) L hat bei einer Periodenzahl des Wechselstromes n (n Perioden, oder $2n$ Polwechsel in der Sekunde) einen **Scheinwiderstand** (Impedanz)

$$R_s = \sqrt{R^2 + (2\pi \cdot n \cdot L)^2} = R \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi \cdot n \cdot L}{R}\right)^2}.$$

Ist in dem Stromkreis noch eine Kapazität C enthalten, so wird der Scheinwiderstand

$$R_s = \sqrt{R^2 + \left(2\pi \cdot n \cdot L - \frac{1}{2\pi \cdot n \cdot C}\right)^2}.$$

Zwischen Strom und angelegter Spannung tritt eine **Phasenverschiebung** φ ein nach der Gleichung

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{R} \left(2\pi \cdot n \cdot L - \frac{1}{2\pi \cdot n \cdot C}\right).$$

Das **Ohm'sche Gesetz für einen Wechselstromkreis** erhält die Form $J = \frac{E}{R_s}$.

Die **Leistung** in einem Wechselstromkreis ist bestimmt durch $W = E \cdot J \cdot \cos \varphi$. Man bezeichnet $\cos \varphi$ als **Leistungsfaktor**.

Ist in einem Wechselstromkreis $2\pi \cdot n \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot n \cdot C}$, oder $(2\pi \cdot n)^2 \cdot L \cdot C = 1$, so wird $R_s = R$; in einem solchen Stromkreis herrscht **Resonanz**, und für ihn gilt das einfache Ohm'sche Gesetz.

d) Beziehungen der elektrischen Maßeinheiten untereinander.

Gleichstrom	
Volt =	$\frac{\text{Watt}}{\text{Ampere}} = \text{Ampere} \cdot \text{Ohm} = \sqrt{\text{Watt} \cdot \text{Ohm}}$
Ampere =	$\frac{\text{Watt}}{\text{Volt}} = \sqrt{\frac{\text{Watt}}{\text{Ohm}}} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}}$
Ohm =	$\frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}} = \frac{\text{Watt}}{\text{Ampere}^2} = \frac{\text{Volt}^2}{\text{Watt}}$
Watt =	$\text{Ampere} \cdot \text{Volt} = \text{Ampere}^2 \cdot \text{Ohm} = \frac{\text{Volt}^2}{\text{Ohm}}$
Wechselstrom	
Volt =	$\frac{\text{Watt}}{\text{Ampere} \cdot \cos \varphi} = \text{Ampere} \cdot \text{Ohm} \cdot \cos \varphi = \sqrt{\text{Watt} \cdot \text{Ohm}}$
Ampere =	$\frac{\text{Watt}}{\text{Volt} \cdot \cos \varphi} = \frac{1}{\cos \varphi} \cdot \sqrt{\frac{\text{Watt}}{\text{Ohm}}} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm} \cdot \cos \varphi}$
Ohm =	$\frac{\text{Volt}}{\text{Ampere} \cdot \cos \varphi} = \frac{\text{Watt}}{\text{Ampere}^2 \cdot \cos^2 \varphi} = \frac{\text{Volt}^2}{\text{Watt}}$
Watt =	$\text{Volt} \cdot \text{Ampere} \cdot \cos \varphi = \text{Ampere}^2 \cdot \text{Ohm} \cdot \cos^2 \varphi = \frac{\text{Volt}^2}{\text{Ohm}}$

Für $\cos \varphi$ kann zu Überschlagsrechnungen bei Lichtbetrieb 0,85, bei Motorenbetrieb 0,7 angenommen werden.

e) Leitungswiderstand.

$$W = c \cdot \frac{l}{q} \text{ Ohm}$$

d. h., ein Leiter von der Länge l m und dem Querschnitt q mm² leistet einen Widerstand von $c \cdot \frac{l}{q}$ Ohm. Hierbei ist c ein vom Stoffe und der Temperatur des Leiters abhängiger **Widerstandskoeffizient**, der **spezifische Leitwiderstand**; $\frac{1}{c}$ wird als spezifischer Leitwert, als **Leitfähigkeit** bezeichnet.

In nachfolgenden Tafeln finden sich Angaben über den Leitungswiderstand verschiedener Stoffe, von dessen Größe die Eignung für Leitungs- bzw. Isolierzwecke abhängt.

1. Metalle für Leitungen.

Widerstand in Ohm bei 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt. Temperatur 15° C.

Aluminium	0,024—0,032	Messing	0,08
Blei	0,21	Platin	0,14
Eisen, rein	0,11	Quecksilber	0,958
Eisendraht { schwedisch	0,09	Silber { hart	0,017
{ gewöhnlich	0,13	{ weich	0,016
Kupfer	0,016	Stahldraht, hart	0,18
{ gewöhnlich	0,017	Zink	0,06

2. Metalle für Widerstände.

Kruppin	0,85	Rheotan von Dr. Geitner	0,47
Nickelin von Dr. Geitner	0,40	Konstantan	0,50
Patentnickel		Superior	0,86
von Basse & Selve	0,34	Manganin	0,42

Eine Temperaturerhöhung um 1° C erhöht durchschnittlich die angegebenen Widerstandswerte der Metalle der Tafel a um 0,4 v. H., der übrigen um weniger, z. B. von Manganin, Konstantan und Rheotan um 0,02 v. H.

3. Isolierstoffe.

Widerstand in Megohmcm (1 Megohm = 1,000,000 Ohm).

Celluloid etwa	79000	Marmor	450 · 10 ⁶
Gentz'sche Isoliermasse „	80bis600 · 10 ⁶	Mikanit (schellackarm)	6500 · 10 ⁶
Fensterglas	6—8 · 10 ⁶	Okonit	620 · 10 ⁶
Glimmer	2,3 · 10 ⁶	Paraffin	250 · 10 ⁶
Kautschuktuch	200 · 10 ⁶	Preßspan	11000
Guttapercha	450 · 10 ⁶	Schiefer	0,6—12,5
Hartgummi	3000 · 10 ⁶	Stabilit	24 · 10 ⁶
Holzkohle	260000	Ton, gebrannt, ohne Glasur	13000
Linoleum	1000000	Vulkanfaser	53

Flüssige Isolierstoffe

wechseln stark mit der chemischen Zusammensetzung und etwaigen Verunreinigungen.

Holzteer	1700 · 10 ⁶	Benzin	14 · 10 ⁶
Rohes Ozokerit	450 · 10 ⁶	Schweres Paraffinöl	8 · 10 ⁶
Stearinsäure	350 · 10 ⁶	Olivenöl	1000000
Paraffinwachs	110 · 10 ⁶	Benzol	1300

f) Durchschlagswiderstand.

Ein Wechselstrom von 20000 Volt Spannung durchschlägt eine Isolierschicht von folgender Stärke:

Luft	34 mm	Isolieröl für Transformatoren	2,0 mm
Dicköl	9,64 „	Steinkohlenparaffin	2,2 „
Kabel-Imprägniermasse	0,2 „	Muffenausgußmasse	0,45 „
Ceresin	0,65 „	Leinöl	7,5 „
Ozokerit	0,65 „	Stearinpech	8,0 „
Bienenwachs	0,25 „	Guttapercha	0,34 „
Paraffin	0,5 „	Nichtvulkanisierter Gummi	0,85 „
Venez. Terpentin	0,5 „	Vulkanisierter Gummi	1,2 „

Die Durchschlagweiten wechseln stark je nach der Reinheit der Stoffe und sind durchaus nicht verhältnismäßig der Spannung und Periodenzahl.

g) Pferdestärke — Kilowatt.

(Vgl. S. 72 und 79.)

Eine Reihe der maßgebendsten wissenschaftlichen und technischer. Gesellschaften und Vereinigungen sowie führende Großfirmen haben beschlossen, die Bezeichnung „Pferdestärke“ in Zukunft, wenn möglich, nicht mehr anzuwenden. An Stelle der Leistungseinheit PS, die 75 Kilogramm, oder HP (horse-power), die 76 Kilogramm in der Sekunde beträgt, ist die absolute Leistungseinheit 10^{10} Erg/sek. zu setzen, die mit Kilowatt, Großpferd oder Neupferd (NP) bezeichnet wird und praktisch 102 Kilogramm in der Sekunde entspricht.

Beziehungen zwischen PS, HP, kW, kgm/sek.

PS	HP	kW	kgm/sek
1	0,9863	0,7355	75
1,0139	1	0,7457	76,05
1,360	1,341	1	101,98

1 Pferdestärkestunde PSst = 270 000 kgm
1 Kilowattstunde kWst \approx 367 000 kgm

Anmerkung: 1 kgm = 7,2331 Fußpfund engl.
1 Fußpfund engl. = 0,13825 kgm
1 HP = 550 Fußpfund engl.
1 PS = 542,48 " "

Umrechnung von Pferdestärken (PS) in Kilowatt (kW).

PS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0,74	1,47	2,21	2,94	3,68	4,41	5,15	5,88	6,62
10	7,35	8,09	8,83	9,56	10,30	11,03	11,77	12,50	13,24	13,97
20	14,71	15,45	16,18	16,92	17,65	18,39	19,12	19,86	20,59	21,33
30	22,06	22,80	23,54	24,27	25,01	25,74	26,48	27,21	27,95	28,68
40	29,42	30,16	30,89	31,63	32,36	33,10	33,83	34,57	35,30	36,04
50	36,77	37,51	38,25	38,98	39,72	40,45	41,19	41,92	42,66	43,39
60	44,13	44,87	45,60	46,34	47,07	47,81	48,54	49,28	50,01	50,75
70	51,48	52,22	52,96	53,69	54,43	55,16	55,90	56,63	57,37	58,10
80	58,84	59,58	60,31	61,05	61,78	62,52	63,25	63,99	64,72	65,46
90	66,19	66,93	67,67	68,40	69,14	69,87	70,61	71,34	72,08	72,81
100	73,55	74,29	75,02	75,76	76,49	77,23	77,96	78,70	79,43	80,17
110	80,90	81,64	82,38	83,11	83,85	84,58	85,32	86,05	86,79	87,52
120	88,26	89,00	89,73	90,47	91,20	91,94	92,67	93,41	94,14	94,88
130	95,61	96,35	97,09	97,82	98,56	99,29	100,0	100,8	101,5	102,2
140	103,0	103,7	104,4	105,2	105,9	106,6	107,4	108,1	108,9	109,6
150	110,3	111,1	111,8	112,5	113,3	114,0	114,7	115,5	116,2	116,9
160	117,7	118,4	119,1	119,9	120,6	121,4	122,1	122,8	123,6	124,3
170	125,0	125,8	126,5	127,2	128,0	128,7	129,4	130,2	130,9	131,7
180	132,4	133,1	133,9	134,6	135,3	136,1	136,8	137,5	138,3	139,0
190	139,7	140,5	141,2	142,0	142,7	143,4	144,2	144,9	145,6	146,4
200	147,1	147,8	148,6	149,3	150,0	150,8	151,5	152,2	153,0	153,7
210	154,5	155,2	155,9	156,7	157,4	158,1	158,9	159,6	160,3	161,0
220	161,8	162,5	163,3	164,0	164,8	165,5	166,2	167,0	167,7	168,4
230	169,2	169,9	170,6	171,4	172,1	172,8	173,6	174,3	175,0	175,8
240	176,5	177,3	178,0	178,7	179,5	180,2	180,9	181,7	182,4	183,1
250	183,9	184,6	185,3	186,1	186,8	187,6	188,3	189,0	189,8	190,5
260	191,2	192,0	192,7	193,4	194,2	194,9	195,6	196,4	197,1	197,8
270	198,6	199,3	200,1	200,8	201,6	202,3	203,0	203,7	204,5	205,2
280	205,9	206,7	207,4	208,1	208,9	209,6	210,4	211,1	211,8	212,6
290	213,3	214,0	214,8	215,5	216,2	217,0	217,7	218,4	219,2	219,9
300	220,7	221,4	222,1	222,9	223,6	224,3	225,1	225,8	226,5	227,3

Lichteinheiten.

a) Deutsche Einheiten.

(Nach Intern. Lichtmeß-Kommission und A. E. F. s. S. 71.)

1. Die Einheit der Lichtstärke ist die Kerze; sie wird durch die horizontale Lichtstärke der Hefnerlampe dargestellt.
2. Für die photometrischen Größen und Einheiten gibt die nachstehende Tabelle Namen und Zeichen.

Name	Zeichen	Einheit	Erklärung
Lichtstärke (Leuchtkraft, Intensität)	J	HK = Hefnerkerze	Lichtstärke von 1 HK wagerechter Richtung
Lichtstrom (Licht-Strahlenmenge)	$\Phi = J \omega$ $= \frac{J}{r^2} \cdot S$	Lm = Lumen	der von 1 HK durch den Raumwinkel $\omega = 1$ entsendete Lichtstrom
Beleuchtung (Bel., Stärke, Helligkeit)	$E = \frac{J}{r^2}$	Lx = Lux (Meterkerze)	von 1 HK in 1 m erzeugte Beleuchtung
Flächenhelle (Glanz)	$H = \frac{J}{s}$ $E = \frac{\Phi}{S}$	Kerzen auf 1 cm^2 Kerzen auf 1 m^2	Lichtstärke einer Flächeneinheit der Lichtquelle
Lichtabgabe	$Q = \Phi \cdot T$	Lumenstunde	Lichtstrom \times Zeit
Belichtung	$j = E \cdot t$	Luxsekunde	Beleuchtung \times Zeit

Über die Hefnerlampe s. Liebenthal: Praktische Photometrie, Braunschweig 1907.

b) England, Nordamerika, Frankreich.

Die Staatslaboratorien (Nat. Phys. Laboratory in London, Bur. of Standards in Washington, Laboratoire Central in Paris) dieser Länder haben sich 1909 auf ein gemeinsames Maß der Lichtstärke geeinigt, welches gleich 1,11 Hefnerkerze ist und Pentan-candle, resp. American-candle, resp. Bougie décimale heißt; auch der Name „Internationale Kerze“ wurde vorgeschlagen, von Deutschland und von der Internationalen Lichtmeßkommission aber zurückgewiesen.

c) Umrechnungswerte.

Von der Internationalen Lichtmeßkommission
aufgestellt am 27. Juli 1911.

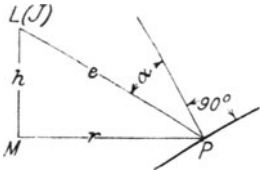
	Hefnerkerze	Pentan-candle	Carcel-Lampe
Hefnerkerze . . .	—	0,9	0,093
Pentan-candle . .	1,11	—	0,1035
Carcel-Lampe . .	10,75	9,65	—

Beleuchtung.

Die von der Einheit der Lichtstärke, der Hefnerkerze (HK) sekundlich ausgestrahlte Lichtmenge entspricht etwa 0,024 Grammkalorien = $0,102 \cdot 10^7$ Erg = 0,102 Watt.

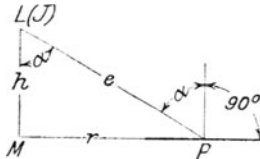
a) Beleuchtung einer Fläche.

a) allgemein: Ist J die Lichtstärke in HK einer Lichtquelle L , e die Entfernung des zu beleuchtenden in beliebig geneigter Ebene liegenden Punktes P , α der Winkel des Lichtstrahles mit der Senkrechten in P , so ist die Beleuchtung in P in Lux



$$\frac{J \cdot \cos \alpha}{e^2} = \frac{J \cdot \cos \alpha}{h^2 + r^2}$$

b) Beleuchtung einer wagerechten Fläche (häufigster Fall):



$$\text{Beleuchtung von } P \text{ in Lux} = \frac{J \cdot h}{(h^2 + r^2)^{3/2}}$$

Bei gleichbleibendem r wird die **günstigste Beleuchtung** in P erzielt, wenn $h = 0,7 \cdot r$ ($\alpha = 55^\circ$). Unter dieser Voraussetzung ist, wenn r der Radius einer zu beleuchtenden Kreisfläche mit dem Mittelpunkte M ist, die Beleuchtung in der Mitte

$$M \approx \frac{2J}{r^2}, \text{ am Kreisumfang} = \frac{0,385 J}{r^2} = 0,193 \times \text{Bel. in d. Mitte.}$$

Beleuchtung einer Kreisfläche durch 16-, 25- und 32kerzige Glühlampen (ohne Lichtrückwerfer).

Vorgeschriebene Beleuchtung in der Mitte in Lux	Höhe h der Lampe über der Fläche in m			Radius des Kreises $r = \frac{h}{0,7} = h \cdot 1,43$			Beleuchtung am Rande des Kreises in Lux
	16 HK	25 HK	32 HK	16 HK	25 HK	32 HK	
100	0,40	0,50	0,56	0,57	0,71	0,80	19,3
80	0,44	0,55	0,63	0,63	0,79	0,90	15,4
70	0,48	0,60	0,67	0,69	0,85	0,96	13,5
50	0,56	0,70	0,79	0,80	1,03	1,13	9,6
40	0,63	0,78	0,89	0,90	1,12	1,27	7,7
30	0,72	0,90	1,02	1,03	1,29	1,46	5,8
20	0,89	1,11	1,25	1,27	1,58	1,79	3,9
10	1,27	1,57	1,80	1,82	2,24	2,57	1,9
5	1,77	2,21	2,51	2,53	3,16	3,58	0,9

Einen Anhaltspunkt für die für verschiedene Zwecke erforderlichen **Beleuchtungs- und Lichtstärken** gibt folgende Aufstellung:

Es ist erforderlich zur Beleuchtung von	Mittlere Horizontalbeleuchtung 1 m über dem Fußboden in Lux	Erforderliche Lichtstärke in HK/m ² Bodenfläche
Straßen	—5	—1
Fabriken	15—30	3—6
Bureaus, Läden, öffentl. Lokalen usw.	25—50	5—10
Schulen, Vortragssälen, Textilfabriken, Werkstätten für Feinmechanik	35—70	7—14
Zeichensälen, Setzereien, Druckereien, Festräumen usw.	60—80	10—16

b) Nutzwirkung, Leuchtkraft und Nahrungsbedarf verschiedener Lichtquellen.

Lichtquelle	Nutzwirkung v. H. etwa	Verlust durch Wärme v. H. etwa	Leuchtkraft in HK	Nahrungsbedarf für die HK/st.
Petroleumlampe, Dochtbrenner	0,50	99,50	8 bis 50	3 bis 2,5 g
" Glühlicht				
a) natürlicher Druck	3,30	96,70	150 bis 1000	0,5 bis 0,4 g
b) Drucklampe, stehender Körper			bis 2000	0,6 bis 0,4 g
" hängender "	4,00	96,00		0,5 bis 0,3 g
Spirituslampe, Dochtvergaser				
a) Stehlicht	1,55	98,45	30 bis 80	0,002 l
b) Hängelicht	3,00	97,00		0,001 l
" Brennstoffbehält. üb. d. Glühkörp.				
a) Stehlicht	3 bis 6	97 bis 94	150; 250	0,0011 l; 0,0005 l
b) Hängelicht			50; 80	0,0013 l
Steinkohlengaslampe, Schnittbr.	0,40	99,60	12 bis 40	12 bis 8 l
Glühlicht, stehend	4,00	96,00	30; 60; 125; 160	1,5 bis 1 l
" hängend	6,00	94,00	30; 50; 100; 330;	1,0 bis 0,7 l
Preßgas (Druck 1450 mm WS)				
stehend	7,50	92,50	bis 5000	0,8 l
" hängend	12,00	88,00		0,5 bis 0,45 l
Azetylen* (Druck 80mm WS) Lochbr.	1,85	98,15	12 bis 75	0,85 bis 0,55 l
Glühlicht, stehend	4,00	96,00	20 bis 100	0,25 l
Elektrische Lampen				
Kohlenfadenlampe	5,00	95,00	bis 100	3,5 W
1 Watt-Metallfadenlampe (luftleer) .	17,00	83,00	bis 1000	1,25 bis 0,85 W
1/2 " " (Stickstofffüllung)	32,00	68,00	bis 3000	0,65 bis 0,5 W
Bogenlampen	bis 50,00		bis 6000	etw. 0,5 b. 1,35 W

* 1 kg Karbid ergibt durchschnittlich 300 l Gas.

c) Berechnung der Beleuchtungskosten.

Ist J die Lichtstärke einer Lichtquelle in HK , B der Nahrungsbedarf für je 1 Stunde und Kerze, K der Preis von B in δ , k Preis in δ und l Lebensdauer in Stunden des Lichtträgers (Glühbirne, Glühstrumpf), so ist der Aufwand für die Beleuchtung in der Stunde:

$$J \cdot B \cdot K \delta + \frac{k}{l} \delta.$$

Z. B. Die Kosten für die Brennstunde betragen bei einem Petroleumdochtbrenner von 30 HK (angenommen 1000 g Petroleum kosten 25 δ) $30 \cdot 3 \cdot \frac{25}{1000} \delta = 2,25 \delta$, für eine gleichstarke Watt-Metallfadenlampe (Kilowattstunde 50 δ , $k = 250 \delta$, $l = 1000$ Stunden) $30 \cdot 1 \cdot \frac{50}{1000} + \frac{250}{1000} = 1,5 \delta + 0,25 \delta = 1,75 \delta$.

Wärme.

a) Wärmeeinheit (WE)

(s. Seite 73)

ist diejenige Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 kg Wasser bei 15° um 1° C erhöht. Sie heißt **Kilogrammkalorie** oder **große Kalorie**.

Ihr gleich zu achten ist die mittlere Kalorie, d. h. der hundertste Teil der Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 kg Wasser von 0° auf 100° C erhöht.

Grammkalorie oder **kleine Kalorie** ist die für 1 g Wasser notwendige Wärmemenge, also gleich $\frac{1}{1000}$ Kilogrammkalorie.

British Thermal Unit (B. Th. U.) ist die zur Erwärmung von 1 lbs (Pfd) Wasser um 1° F notwendige Wärmemenge.

Wärme und Arbeit sind gleichwertig.

$$1 \text{ WE} = 4,189 \text{ Erg} = 427,2 \text{ kgm} = 3,968 \text{ B. Th. U.} = 4189 \text{ Joule.}$$

Der Wert einer Wärmeeinheit in Arbeitseinheiten heißt

$$\text{mechanisches Wärmeäquivalent} = 427,2 \text{ kgm.}$$

Der Wert einer Arbeitseinheit in Wärmeeinheiten heißt

$$\text{kalorisches Arbeitsäquivalent} = \frac{1}{427,2} \text{ kcal.}$$

b) Spezifische Wärme.

Unter spezifischer Wärme c eines Körpers versteht man die Anzahl der Wärmeeinheiten (Kalorien), die nötig sind, um die Temperatur von 1 kg des Körpers um 1° C zu erhöhen.

Um G kg eines Körpers von der spez. Wärme c um t Grad zu erhöhen, sind $G \cdot c \cdot t$ Wärmeeinheiten notwendig.

Spezifische Wärme verschiedener Körper.

Äther	0,56	Granit	0,20	Schwefel	0,18
Alkohol	0,58	Graphit	0,20	Schwefelsäure . .	0,33
Aluminium	0,21	Holzkohle	0,20	Silber	0,056
Antimon	0,05	Kupfer	0,09	Steinkohle	0,31
Benzol	0,41	Marmor	0,20	Terpentinöl . . .	0,42
Blei	0,031	Maschinenöl . . .	0,40	Wasser (Eis) . . .	0,463
Bronze	0,08	Messing	0,092	Wasser	1,000
Eisen und Stahl .	0,115	Nickel	0,11	Wasser (Dampf)	0,48
Gips	0,20	Petroleum	0,51	Zink	0,092
Glas	0,20	Platin	0,033	Zinn	0,055
Gold	0,032	Quecksilber	0,033		

Beispiel: Der Schmelzpunkt des Kupfers (s. S. 87) beträgt 1083° C; die spezifische Wärme ist 0,09. Um 5 kg Kupfer auf den Schmelzpunkt zu bringen, sind $1083 \cdot 0,09 \cdot 5$ WE = 488 WE notwendig.

c) Änderung der Aggregatform durch die Wärme.

(Nach Hütte.)

1. Schmelz- oder Gefrierpunkt verschiedener Stoffe unter dem Drucke von 760 mm Q.-S.

	Grad		Grad
Wolfram	etwa 3000	Cadmium	321
Tantal	2900	Wismut	269
Molybdän	2450	Zinn	232
Iridium	2300	Weichlote	135—210
Chromeisenerz	2180	Wismutlote	94—128
Tonerde, rein	2010	Kautschuk	125
Bauxit	1820	Schwefel	113
Bauxitton	1795	Natrium	97,5
Bauxitsteine	1565—1785	Naphtalin	80
Platin	1750	Wachs	64
Palladium	1550	Kalium	62
Berliner Porzellan	1550	Paraffin	54
Eisen, rein	1530	Stearin	50
Nickel	1450	Walrat	49
Flußeisen	1350—1450	Phosphor	44
Stahl	1300—1400	Benzol	5,6
Eisenhochofenschlacke	1300—1430	Wasser	0
Mangan	1245	Seewasser	— 2,5
Guß Eisen, graues	1200	Rüböl	— 3,5
„ weißes	1130	Anilin	— 6
Kupfer	1083	Terpentinöl	— 10
Gold	1061	Kochsalzlösung, gesätt.	— 18
Silber	961	Leinöl	— 20
Schmelzfarben (Emaillfarben)	960	Glyzerin	— 20
Delta - Metall	950	Quecksilber	— 39
Messing	etwa 900	Chlorcalciumlösung, gesätt.	— 40
Bronze	900	Chloroform	— 64
Chlorbarium	860	Schweflige Säure	— 76
Kochsalz (Chlornatrium)	776	Ammoniak	— 78
Chlorcalcium	720	Kohlensäure	— 79
Magnalium	600—700	Toluol	— 92
Aluminium	659	Schwefelkohlenstoff	— 113
Antimon	630	Äther	— 118
Magnesium	über 500	Alkohol	— 118
Zink	419	Stickstoff	— 210
Blei	327	Sauerstoff	— 227

Schmelzpunkte der Segerkegel.

Lieferer für Segerkegel: Chemisches Laboratorium für Tonindustrie, Berlin NW 21, Dreysestraße 4.

Nr. des Kegels	Temperatur Grad Celsius	Nr. des Kegels	Temperatur Grad Celsius	Nr. des Kegels	Temperatur Grad Celsius	Nr. des Kegels	Temperatur Grad Celsius
022	600	011 a	880	1 a	1100	14	1350
021	650	010 a	900	2 a	1120	16	1455
020	670	09 a	920	3 a	1140	20	1530
019	690	08 a	940	4 a	1160	26	1580
018	710	07 a	960	5 a	1180	30	1670
017	730	06 a	980	6 a	1200	35	1770
016	750	05 a	1000	7	1230	39	1880
015 a	790	04 a	1020	8	1250	42	2000
014 a	815	03 a	1040	9	1280		
013 a	835	02 a	1060	10	1300		
012 a	855	01 a	1080	12	1320		

Keramische Erzeugnisse, die über S. K. 26 schmelzen, werden als feuerfest bezeichnet.

2. Siedepunkt verschiedener Stoffe unter dem Drucke von 760 mm Q.-S.

	Grad		Grad
Blei	1450—1600	Wasser	100
Zinn	1450—1600	Benzol	80
Zink	915	Alkohol, absoluter	78,5
Schwefel	445	Chloroform	61
Quecksilber	357	Schwefelkohlenstoff	46
Leinöl	316	Äther	35
Paraffin	300	Schweflige Säure	— 10
Glyzerin	290	Ammoniak	— 33
Phosphor	290	Kohlensäure	— 78
Naphtalin	218	Sauerstoff	—183
Anilin	184	Kohlenoxyd	—190
Chlorcalciumlösung, gesätt.	180	Stickstoff	—196
Terpentinöl	160	Wasserstoff	—253
Toluol	110	Helium	—268
Kochsalzlösung, gesätt.	108		

3. Schmelzwärme.

Die Schmelzwärme eines festen Körpers ist die Anzahl WE, die verbraucht wird, um 1 kg des Körpers aus der festen in die flüssige Form ohne Erhöhung der Temperatur überzuführen. Dieselbe Wärmemenge wird beim Erstarren des flüssigen Körpers frei.

Schmelzwärme verschiedener Körper.

Aluminium	77	Paraffin	35
Benzol	30	Phosphor	5
Blei	6	Platin	27
Cadmium	14	Quecksilber	2,8
Eis (Wasser)	80,0	Schwefel	9
Eisen	(30)	Silber	21
Hochofenschlacke	(50)	Wismut	13
Kupfer	43	Zink	28
Naphtalin	36	Zinn	13

4. Verdampfungswärme.

Die Verdampfungswärme r einer Flüssigkeit ist die Anzahl WE, die verbraucht wird, um 1 kg der Flüssigkeit bei unveränderlichem äußeren Drucke in Dampf von gleicher Temperatur zu verwandeln. Dieselbe Wärmemenge wird frei, wenn der Dampf kondensiert.

Die Verdampfungswärme ist abhängig von der Temperatur, bei der die Verdampfung stattfindet.

Verdampfungswärme bei der Siedetemperatur.

Äther	90	Sauerstoff	51
Alkohol	210	Schwefel	362
Ammoniak (bei 0°)	300	Schwefelkohlenstoff	85
Anilin	110	Schweflige Säure	95
Benzol	94	Schweflige Säure (bei 0°)	91
Chlor	62	Stickstoff	48
Chlormethyl (bei 0°)	97	Terpentinöl	70
Chloroform	58	Toluol	85
Kohlensäure (bei 0°)	56	Wasser	539
Quecksilber	68	Wasserstoff	123

d) Wärmeausdehnung.

Die Längenausdehnungszahl β gibt die Größe der Zunahme der Längeneinheit eines Körpers bei 1° Temperaturerhöhung an.

Die Flächenausdehnungszahl = 2β .

Die Raumausdehnungszahl, d. h. die Vergrößerung der Raumeinheit bei 10° Temperaturerhöhung = 3β für feste, gleichartige Körper. Für alle gasförmigen Körper beträgt bei gleichem Drucke die Ausdehnung für je 10° Temperaturerhöhung nahezu gleichmäßig $\frac{1}{273} = 0,00366$ des Volumens.

Längenausdehnungszahl für 1° C.

Metall	Längenausdehnung β	Metall	Längenausdehnung β
Aluminium	0,00023	Messing, gegossen	0,00018
Blei	0,00028	Messingdraht	0,00019
Bronze	0,00018	Meteorit	0,00030
Eisendraht	0,00012	Neusilber	0,00018
Glas	0,00008	Nickel	0,00014
Gold, ausgeglüht	0,00014	Platin	0,00008
Gußeisen	0,00011	Silber	0,00019
Hartgummi	0,00077	Stahl, gehärtet	0,00012
Invar (Nickelstahl)		„ weich	0,00010
36 v. H. Nickel	0,00001	Wismut	0,00014
Nickelstahl 58 v. H. Nickel	0,00012	Zink, gegossen	0,00029
Kupfer	0,00017	„ gehämmert	0,00031
Magnalium	0,00024	Zinn	0,00027
Magnesium	0,00026		

Eisen und Stahl haben nahezu gleiche Längenausdehnung; sie beträgt zwischen 0° und 100° das $0,00011 \cdot t$ -fache, bei höheren Temperaturen das $(0,00011 + 0,000008) \cdot t$ -fache der Länge. ($t =$ Anzahl der Grade der Temperaturerhöhung.)

Bei Eisenbauten pflegt man mit Temperaturschwankungen von -25° bis $+35^\circ$ C zu rechnen. Für die Feststellung der Grundmaße eines Entwurfes wird eine mittlere Temperatur von $+10^\circ$ C angenommen.

e) Schwindmaße.

Während des Erstarrens und Erkalts verkleinern sich die Abmessungen der Metalle wie folgend angegeben. Auftretende Spannungen, die auf ungleichmäßiges Erstarren und auf ungleiche Materialverteilung zurückzuführen sind, vergrößern oder verringern die Abmessungen nach der einen oder anderen Seite des Gußstückes.

Metallart	Schwindmaße, bezogen		
	auf die Länge	auf die Oberfläche	auf den Rauminhalt
Aluminium	1 : 56	1 : 28	1 : 19
Aluminiumbronze	1 : 53	1 : 26,5	1 : 18
Blei	1 : 92	1 : 46	1 : 31
Bronze	1 : 63	1 : 31	1 : 21
Glockenmetall	1 : 65	1 : 33	1 : 22
Gußeisen	1 : 96	1 : 48	1 : 32
Messing	1 : 65	1 : 32	1 : 22
Stahlguß	1 : 50	1 : 25	1 : 17
Zink	1 : 62	1 : 31	1 : 21
Zinn	1 : 128	1 : 64	1 : 43
Kupfer	1 : 125	1 : 63	1 : 42

Beispiel: 1 Stab aus Gußeisen schwindet um $\frac{1}{96}$ seiner Länge; ist er 250 cm lang, so beträgt die Schwindung $\frac{250}{96} = 26,04$ mm. Ein Hohlkörper aus Gußeisen, dessen Holzmodell 300 cm^3 enthält, hat ein Kubikmaß von $300 - \frac{300}{32} = 290,6 \text{ cm}^3$.

In Walzwerken rechnet man das Schwinden des Stahles zu rd. 12 mm/m. Siehe „Gewichtsberechnung eines Gußstückes aus seinem Modell“.

f) Messung der Wärme.

Die Messung der Wärme erfolgt nach Graden der Teilungen von Celsius, Réaumur oder Fahrenheit.

Anders Celsius, geb. 27.11.1701 in Upsala, gest. 25.4.1744 dortselbst.

René Antoine Ferchault Seigneur de Réaumur, des Angles et de la Bermondière, geb. 28.2.1683 zu La Rochelle, gest. 17.10.1757 auf Schloß Bermondière, Dép. Maine.

Daniel Gabriel Fahrenheit, geb. 14.5.1686 in Danzig, gest. 16.9.1736 in Amsterdam.

Den Einteilungen nach C und R liegt der Temperaturunterschied zwischen schmelzendem Eis als Ausgangspunkt ($= 0^{\circ}$) und siedendem Wasser zugrunde, der bei C in 100, bei R in 80 gleiche Teile oder Grade geteilt ist. Die Einteilung nach F beruht auf folgenden drei gleichbleibenden Temperaturen: Mischung von Eis, Wasser und Salmiak $= 0^{\circ}$, schmelzendes Eis $= 32^{\circ}$, Körperwärme eines gesunden Menschen $= 96^{\circ}$.

Die Einteilung nach F ist nur noch in Ländern des englischen Sprachgebietes, die nach R zum Teil noch in Deutschland im bürgerlichen Leben in Gebrauch. In allen anderen Ländern und im internationalen wissenschaftlichen Verkehr bedient man sich des hundertteiligen Thermometers nach C.

Bezeichnen C, R, F die einer bestimmten Temperatur entsprechenden Grade in Celsius, Réaumur und Fahrenheit, so ist

$$\begin{aligned} n^{\circ} C &= \frac{4}{5} \cdot n^{\circ} R = \left(\frac{9}{5} \cdot n + 32\right)^{\circ} F \\ n^{\circ} R &= \frac{5}{4} \cdot n^{\circ} C = \left(\frac{9}{4} \cdot n + 32\right)^{\circ} F \\ n^{\circ} F &= \frac{5}{9} (n - 32)^{\circ} C = \frac{4}{9} (n - 32)^{\circ} R \end{aligned}$$

Beispiele:

$$60^{\circ} C = \frac{4}{5} \cdot 60^{\circ} R = 48^{\circ} R = \left(\frac{9}{5} \cdot 60 + 32\right)^{\circ} F = 140^{\circ} F$$

$$50^{\circ} R = \frac{5}{4} \cdot 50^{\circ} C = 62,5^{\circ} C = \left(\frac{9}{4} \cdot 50 + 32\right)^{\circ} F = 144,5^{\circ} F$$

$$70^{\circ} F = \frac{5}{9} (70 - 32)^{\circ} C = 21\frac{1}{9}^{\circ} C = \frac{4}{9} (70 - 32)^{\circ} R = 16\frac{8}{9}^{\circ} R$$

Vergleich der Wärmegrade nach C, R und F.

+ über, - unter Null.

C ⁰	R ⁰	F ⁰	C ⁰	R ⁰	F ⁰	C ⁰	R ⁰	F ⁰	C ⁰	R ⁰	F ⁰
- 15	- 12	+ 5	105	84	221	225	180	437	345	276	653
- 10	- 8	+ 14	110	88	230	230	184	446	350	280	662
- 5	- 4	+ 23	115	92	239	235	188	455	355	284	671
- 0	- 0	+ 32	120	96	248	240	192	464	360	288	680
+ 5	+ 4	41	125	100	257	245	196	473	365	292	689
10	8	50	130	104	266	250	200	482	370	296	698
15	12	59	135	108	275	255	204	491	375	300	707
20	16	68	140	112	284	260	208	500	380	304	716
25	20	77	145	116	293	265	212	509	385	308	725
30	24	86	150	120	302	270	216	518	390	312	734
35	28	95	155	124	311	275	220	527	395	316	743
40	32	104	160	128	320	280	224	536	400	320	752
45	36	113	165	132	329	285	228	545	405	324	761
50	40	122	170	136	338	290	232	554	410	328	770
55	44	131	175	140	347	295	236	563	415	332	779
60	48	140	180	144	356	300	240	572	420	336	788
65	52	149	185	148	365	305	244	581	425	340	797
70	56	158	190	152	374	310	248	590	430	344	806
75	60	167	195	156	383	315	252	599	435	348	815
80	64	176	200	160	392	320	256	608	440	352	824
85	68	185	205	164	401	325	260	617	445	356	833
90	72	194	210	168	410	330	264	626	450	360	842
95	76	203	215	172	419	335	268	635	455	364	851
100	80	212	220	176	428	340	272	644	460	368	860

C ⁰	R ⁰	F ⁰	C ⁰	R ⁰	F ⁰	C ⁰	R ⁰	F ⁰	C ⁰	R ⁰	F ⁰
465	372	869	765	612	1409	1065	852	1949	1365	1092	2489
470	376	878	770	616	1418	1070	856	1958	1370	1096	2498
475	380	887	775	620	1427	1075	860	1967	1375	1100	2507
480	384	896	780	624	1436	1080	864	1976	1380	1104	2516
485	388	905	785	628	1445	1085	868	1985	1385	1108	2525
490	392	914	790	632	1454	1090	872	1994	1390	1112	2534
495	396	923	795	636	1463	1095	876	2003	1395	1116	2543
500	400	932	800	640	1472	1100	880	2012	1400	1120	2552
505	404	941	805	644	1481	1105	884	2021	1405	1124	2561
510	408	950	810	648	1490	1110	888	2030	1410	1128	2570
515	412	959	815	652	1499	1115	892	2039	1415	1132	2579
520	416	968	820	656	1508	1120	896	2048	1420	1136	2588
525	420	977	825	660	1517	1125	900	2057	1425	1140	2597
530	424	986	830	664	1526	1130	904	2066	1430	1144	2606
535	428	995	835	668	1535	1135	908	2075	1435	1148	2615
540	432	1004	840	672	1544	1140	912	2084	1440	1152	2624
545	436	1013	845	676	1553	1145	916	2093	1445	1156	2633
550	440	1022	850	680	1562	1150	920	2102	1450	1160	2642
555	444	1031	855	684	1571	1155	924	2111	1455	1164	2651
560	448	1040	860	688	1580	1160	928	2120	1460	1168	2660
565	452	1049	865	692	1589	1165	932	2129	1465	1172	2669
570	456	1058	870	696	1598	1170	936	2138	1470	1176	2678
575	460	1067	875	700	1607	1175	940	2147	1475	1180	2687
580	464	1076	880	704	1616	1180	944	2156	1480	1184	2696
585	468	1085	885	708	1625	1185	948	2165	1485	1188	2705
590	472	1094	890	712	1634	1190	952	2174	1490	1192	2714
595	476	1103	895	716	1643	1195	956	2183	1495	1196	2723
600	480	1112	900	720	1652	1200	960	2192	1500	1200	2732
605	484	1121	905	724	1661	1205	964	2201	1505	1204	2741
610	488	1130	910	728	1670	1210	968	2210	1510	1208	2750
615	492	1139	915	732	1679	1215	972	2219	1515	1212	2759
620	496	1148	920	736	1688	1220	976	2228	1520	1216	2768
625	500	1157	925	740	1697	1225	980	2237	1525	1220	2777
630	504	1166	930	744	1706	1230	984	2246	1530	1224	2786
635	508	1175	935	748	1715	1235	988	2255	1535	1228	2795
640	512	1184	940	752	1724	1240	992	2264	1540	1232	2804
645	516	1193	945	756	1733	1245	996	2273	1545	1236	2813
650	520	1202	950	760	1742	1250	1000	2282	1550	1240	2822
655	524	1211	955	764	1751	1255	1004	2291	1555	1244	2831
660	528	1220	960	768	1760	1260	1008	2300	1560	1248	2840
665	532	1229	965	772	1769	1265	1012	2309	1565	1252	2849
670	536	1238	970	776	1778	1270	1016	2318	1570	1256	2858
675	540	1247	975	780	1787	1275	1020	2327	1575	1260	2867
680	544	1256	980	784	1796	1280	1024	2336	1580	1264	2876
685	548	1265	985	788	1805	1285	1028	2345	1585	1268	2885
690	552	1274	990	792	1814	1290	1032	2354	1590	1272	2894
695	556	1283	995	796	1823	1295	1036	2363	1595	1276	2903
700	560	1292	1000	800	1832	1300	1040	2372	1600	1280	2912
705	564	1301	1005	804	1841	1305	1044	2381	1605	1284	2921
710	568	1310	1010	808	1850	1310	1048	2390	1610	1288	2930
715	572	1319	1015	812	1859	1315	1052	2399	1615	1292	2939
720	576	1328	1020	816	1868	1320	1056	2408	1620	1296	2948
725	580	1337	1025	820	1877	1325	1060	2417	1625	1300	2957
730	584	1346	1030	824	1886	1330	1064	2426	1630	1304	2966
735	588	1355	1035	828	1895	1335	1068	2435	1635	1308	2975
740	592	1364	1040	832	1904	1340	1072	2444	1640	1312	2984
745	596	1373	1045	836	1913	1345	1076	2453	1645	1316	2993
750	600	1382	1050	840	1922	1350	1080	2462	1650	1320	3002
755	604	1391	1055	844	1931	1355	1084	2471	1655	1324	3011
760	608	1400	1060	848	1940	1360	1088	2480	1660	1328	3020

Verbrennung.

Jede Verbrennung ist ein chemischer Vorgang, bei dem Energie in Form von Wärme frei wird. In den weitaus meisten Fällen verbindet sich der freie Sauerstoff der Luft mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff des Brennmaterials zu Kohlensäure und Wasserdampf. Verbrennt der vorhandene Kohlenstoff nur teilweise zu Kohlensäure, z. B. zu Kohlenoxyd, oder zieht gar als Ruß ab, so ist die Verbrennung unvollkommen. Eine genügende Luftmenge ist deshalb für die wirtschaftliche Feuerung unerlässlich, dabei muß aber noch Sorge getragen werden, daß die Luft mit dem Brennstoff gut gemischt wird, da sonst der Brennstoff nicht voll ausgenutzt wird.

Sind C, H, O die in 1 kg Brennstoff enthaltenen in kg ausgedrückten Gewichtsteile an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, so ist die zur Verbrennung dieses kg nötige Mindestluftmenge

$$9,7 \left[C + 3 \left(H - \frac{O}{8} \right) \right] \text{ m}^3 \text{ von } 15^\circ \text{ C und } 1 \text{ at.}$$

Das Verhältnis der wirklich zugeführten Luftmenge (die stets größer ist) zur Mindestluftmenge heißt Luftüberschuß (s. S. 93).

Zusammensetzung der Luft.

Bestandteile	Gew.-Teile	Raumteile
Sauerstoff O ₂	0,231	0,2090 rd. 21 v. H.
Stickstoff N ₂	0,7555	0,7813
Argon A	0,013	0,0094 rd. 79 v. H.
Kohlensäure CO ₂	0,0005	0,0003

a) Verbrennungstemperaturen.

Die bei der Verbrennung entstehende Hitze oder Temperatur ist abhängig von der Art des Brennstoffes und von der Menge der zugeführten unwirksamen Stoffe (wie Stickstoff, Schlacke usw.), außerdem aber noch von der Anfangstemperatur und dem während der Verbrennung vorhandenen Druck.

Bei der offenen Verbrennung werden etwa folgende Temperaturen erzielt:

Kesselfeuerungen mit Steinkohle, Innenfeuerung	etwa 1000—1200° C.
Unterfeuerung	1100—1250° "
Vorfeuerung	1300—1500° "
" " Braunkohle, je nach Kohle und Feuerungsart	700—1500° "
" " Holz und Torf, je nach Feuerungsart	700—1100° "
Leuchtgas, Bunsenbrenner, ohne Luftzufuhr	etwa 1700° "
" " mit halber Luftzufuhr	1800° "
" " voller "	1870° "
Leuchtgas-Sauerstoff	2200° "
Wasserstoff, frei an der Luft verbrennend	1900° "
mit Sauerstoff (Knallgebläse)	2420° "
Alkoholflamme	1700° "
Alkohol im Bunsenbrenner	1860° "
Azetylen	2550° "

Im Vergleich hierzu sei erwähnt, daß die Temperaturen des elektrischen Lichtes betragen:

In Kohlenfadenlampe	etwa 2100° C.
" Metallfadenlampe	2500° "
" Halbwattlampe	2700° "
" Bogenlampe	etwa 3750—4200° "
Temperatur der Sonne	etwa 6000° "
" des Sirius	12500° "

Dem Breslauer Physiker, Professor Dr. Lummer, ist es 1916 gelungen, indem er eine Bogenlampe unter einem Drucke von 23 Atmosphären zum Brennen brachte, eine Temperatur von 8000° C. zu erzielen.

**b) Heizwerte und Mittelwerte
für die erforderliche Verbrennungsluftmenge für**

1. Feste Brennstoffe.

1 kg Brennstoff	Heizwert in WE	Erforderliche Luftmenge			
		theoretisch kg	m ³	praktisch etwa kg	etwa m ³
Holz*	2500-3700	3,6-5,2	3-4,4	6-9	5-7,5
Torf**	2000-4000	2,9-5,7	2,5-4,8	5-10	4,2-8,5
„ im Mittel . . .	3000	4,3	3,6	7,5	6,3
Braunkohle***					
erdig	2500	3,6	3	6,5	5,5
Stücke	5000	7,2	6	12	1
Briketts	4300	6,2	5,2	10,5	9,3
Steinkohle					
Anthrazit	8000	11,4	9,5	20	17
Ruhr	6000-8000	8,5-11,4	7,2-9,5	15-20	12,5-17
Saar	5000-7800	7,2-11	6-9,3	12,5-19	10,5-16
Schlesische	5000-7500	7,2-10,7	6-9	12,5-18,5	10,5-15,5
Briketts	6000-7500	8,5-10,7	7,2-9	15-19	12,5-16
Koks	5500-7200	7,8-10,2	6,5-8,7	14-18	12-15
Holzkohle, trocken	8000	11,4	9,5	20	17

* Holz mit etwa 20 v. H. Wasser und 80 v. H. Brennbarem = 3600 WE
 ** Torf lufttrocken = 4000 WE
 *** Braunkohle mit 5 v. H. Wasser und 85 v. H. Brennbarem und etwa
 10 v. H. Asche = 5000 WE

2. Flüssige Brennstoffe.

1 kg Brennstoff	Heizwert in WE	Erforderliche Luftmenge			
		theoretisch kg	m ³	praktisch etwa kg	etwa m ³
Erdöl, roh	10000	13,8	11,6	18	15
„ Rückstände	10500	14,2	12,0	18,3	15,6
Petroleum	10800	14,9	12,6	19,4	16,4
Benzin	11000	15,2	12,8	19,8	16,6
Gasöl	9800	13,5	11,4	17,5	14,8
Solaröl	10000	13,8	11,6	18	15,0
Paraffinöl	9800	13,5	11,4	17,5	14,8
Flüssige Kohlen-					
wasserstoffe	9000	12,4	10,4	16,1	13,5
Benzol, 90er	10000	13,8	11,6	18	15
Autin	9700	13,4	11,3	17,4	14,7
Naphtalin	9600	13,2	11,1	17,2	14,4
Teeröl	9500	13,1	11	17	14,3
Steinkohlenteer . .	8200-8500	11,3-11,7	9,5-9,9	14,7-15,2	12,3-12,9
Koksofenteer	8500	11,7	9,9	15,2	12,9
Ölgasteer	9000	12,4	10,5	16,1	13,6
Wassergasteer . . .	9100	12,5	10,6	16,2	13,8
Spiritus, 95 v. H. . .	6700	9,3	7,8	12,1	10,1
Erdnußöl	6000	8,3	7	10,8	9,2

Bei Verbrennung im geschlossenen Raume erhöht sich die praktisch erforderliche Luftmenge um etwa 10-20 v. H.

3. Gasförmige Brennstoffe

(bei 15° C. und 760 mm Barometerstand).

1 m ³ Brennstoff	Heizwert in WE	Erforderliche Luftmenge			
		theoretisch		praktisch	
		kg	m ³	kg	m ³
Blaugas	13500	17,2	14,5	21,0	17,5
Acetylen	13000	13,7	11,5	16,0	13,8
Fettgas	8500	11,0	9,4	12,7	11,0
Leuchtgas	5000	6,3	5,3	7,3	6,3
Naturgas	8000	10,7	9,0	12,4	10,7
Sauggas (Generat.) aus Kohle (Anthr.)	1050	1,25	1,05	1,44	1,25
„ Koks	800	0,83	0,7	0,98	0,85
Koksofengas	4200	5,25	4,4	6,1	5,3
Gichtgas	850	0,83	0,7	0,98	0,85
Wassergas karburiert	4300	5,95	5,0	5,95	6,0
unkarburiert	2400	2,8	2,35	3,25	2,8

Bei Verbrennung im geschlossenen Raume erhöht sich die praktisch erforderliche Luftmenge um etwa 10—20 v. H.

Nachteile einer größeren als theoretisch erforderlichen Luftmenge:

1. Die Nutzwirkung der Feuerung sinkt, weil die überschüssige Luft ebenfalls erwärmt wird und warm abzieht.
2. Zu großer Luftüberschuß bewirkt niedere Temperatur im Verbrennungsraume und dadurch leicht Bildung von Teernebeln (Rauch).

Vorteile des Luftüberschusses: Verminderte Bildung von Kohlenoxyd, Rauch, Ruß. In Motoren größerer Nutzeffekt und weniger Erzeugung von Säuren, die die Metalle angreifen.

Anziehungskraft.

$g =$ Beschleunigung durch die Schwere $= \frac{9,81 \text{ m}}{\text{sek}^2} = 9,81 \text{ m/sek}^2$ (für das mittlere Deutschland).

allgemein $g = 9,806056 - 0,025028 \cdot \cos^2 \varphi - 0,000003 h$,
wobei $\varphi =$ geographische Breite, h Höhe über dem Meeresspiegel in m.

Luftdruck.

Abkürzungen: WS = Wassersäule, QS = Quecksilbersäule,
QuZ = Quadratzoll engl. (square inch) = 6,4514 cm²

1 metr. (neue) Atmosphäre

= 1 kg/cm² = 735,5 mm QS von 0° = 737,4 mm QS von 15°
= 28,958 engl. Zoll QS = 14,223 engl. Pfd/QuZ
= 10000 mm WS = 0,9677 alte Atmosphäre

1 alte Atmosphäre

= 1,0333 kg/cm²
= 760 mm QS von 0° = 762 mm QS von 15°
= 29,922 engl. Zoll QS = 14,696 engl. Pfd/QuZ
= 10,333 mm WS = 1,0333 neue Atmosphäre

10000 mm WS = 1 kg/cm² = 6,452 kg/QuZ = 14,223 engl. Pfd/QuZ
= 228 Ounces/QuZ

Umrechnung von QS in WS (15° C).

QS	WS	QS	WS	QS	WS	QS	WS
mm	cm u. g	mm	cm u. g	mm	cm u. g	mm	cm u. g
0,1	0,1	1	1,4	10	13,6	100	135,6
0,2	0,3	2	2,7	20	27,1	200	271,2
0,3	0,4	3	4,1	30	40,7	300	406,8
0,4	0,5	4	5,4	40	54,2	400	542,4
0,5	0,7	5	6,8	50	67,8	500	678,1
0,6	0,8	6	8,1	60	81,4	600	813,7
0,7	0,9	7	9,5	70	94,9	700	949,3
0,8	1,1	8	10,8	80	108,5	800	1084,9
0,9	1,2	9	12,2	90	122,1	900	1220,5
1	1,4	10	13,6	100	135,6	1000	1356,1

Barometer.

Standort des Barometers über Meer	Höhe der Quecksilbersäule	Standort des Barometers über Meer	Höhe der Quecksilbersäule
m	mm	m	mm
0	760	5000	417
100	751	6000	370
200	742	7000	328
300	733	8000	291
400	724	9000	258
500	716	10000	229
1000	674	15000	124
1500	635	20000	68
2000	598	30000	20
3000	530	40000	6
4000	470	50000	1

Größe von Menschen erreichte Höhe = 10500 m (A. Berson und R. Sühning
am 31. 7. 1901).

Barometrische Höhenformel (Näherungsformel für Deutschland).

$$H = 29,40 [545,7 + (t_u + t_o)] \cdot \frac{B_u - B_o}{B_u + B_o}$$

H = Höhenunterschied; t_u (t_o) Lufttemperatur unten (oben); B_u (B_o) Barometerstand unten (oben), z. B.

$$B_u = 751; B_o = 674; t_u = 12^0; t_o = 10^0;$$

$$H = 29,40 [567,7] \cdot \frac{77}{1425} \approx 902 \text{ m.}$$

Internationale Atomgewichte für 1917.

Name	Ab- kürzung	Atom- gewicht	Name	Ab- kürzung	Atom- gewicht
Aluminium	<i>Al</i>	27,1	Neon	<i>Ne</i>	20,2
Antimon	<i>Sb</i>	120,2	Nickel	<i>Ni</i>	58,68
Argon	<i>Ar</i>	39,88	Niobium	<i>Nb</i>	93,5
Arsen.....	<i>As</i>	74,96	Niton.....	<i>Nt</i>	222,4
Barium.....	<i>Ba</i>	137,37	Osmium.....	<i>Os</i>	190,9
Beryllium.....	<i>Be</i>	9,1	Palladium	<i>Pd</i>	106,7
Blei	<i>Pb</i>	207,20	Phosphor.....	<i>P</i>	31,04
Bor	<i>B</i>	11,0	Platin.....	<i>Pt</i>	195,2
Brom	<i>Br</i>	79,92	Proseodym	<i>Pr</i>	140,9
Cadmium	<i>Cd</i>	112,40	Quecksilber ...	<i>Hg</i>	200,6
Caesium	<i>Cs</i>	132,81	Radium.....	<i>Ra</i>	226,0
Calcium.....	<i>Ca</i>	40,07	Rhodium.....	<i>Rh</i>	102,9
Cerium.....	<i>Ce</i>	140,25	Rubidium.....	<i>Rb</i>	85,45
Chlor	<i>Cl</i>	35,46	Ruthenium	<i>Ru</i>	101,7
Chrom	<i>Cr</i>	52,0	Samarium.....	<i>Sm</i>	150,4
Dysprosium ...	<i>Dy</i>	162,5	Sauerstoff....	O	16,0
Eisen	<i>Fe</i>	55,84	Scandium.....	<i>Sc</i>	44,1
Erbium	<i>Er</i>	167,7	Schwefel.....	<i>S</i>	32,06
Europium	<i>Eu</i>	152,0	Selen.....	<i>Se</i>	79,2
Fluor	<i>F</i>	19,0	Silber.....	<i>Ag</i>	107,88
Gadolinium....	<i>Gd</i>	157,3	Silicium.....	<i>Si</i>	28,3
Gallium.....	<i>Ga</i>	69,9	Stickstoff	<i>N</i>	14,01
Germanium....	<i>Ge</i>	72,5	Strontium.....	<i>Sr</i>	87,63
Gold	<i>Au</i>	197,2	Tantal.....	<i>Ta</i>	181,5
Helium.....	<i>He</i>	4,00	Tellur.....	<i>Te</i>	127,5
Holmium.....	<i>Ho</i>	163,5	Terbium.....	<i>Tb</i>	159,2
Indium.....	<i>In</i>	114,8	Thallium.....	<i>Tl</i>	204,0
Iridium	<i>Ir</i>	193,1	Thorium.....	<i>Th</i>	232,4
Jod	<i>J</i>	126,92	Thulium.....	<i>Tu</i>	168,5
Kalium.....	<i>K</i>	39,10	Titan.....	<i>Ti</i>	48,1
Kobalt	<i>Co</i>	58,97	Uran	<i>U</i>	238,2
Kohlenstoff....	<i>C</i>	12,005	Vanadium	<i>V</i>	51,0
Krypton.....	<i>Kr</i>	82,92	Wasserstoff ...	<i>H</i>	1,008
Kupfer.....	<i>Cu</i>	63,57	Wismut.....	<i>Bi</i>	208,0
Lanthan.....	<i>La</i>	139,0	Wolfram.....	<i>W</i>	184,0
Lithium.....	<i>Li</i>	6,94	Xenon.....	<i>X</i>	130,2
Lutetium.....	<i>Lu</i>	175,00	Ytterbium.....	<i>Yb</i>	173,5
Magnesium.....	<i>Mg</i>	24,32	Yttrium.....	<i>Y</i>	88,7
Mangan.....	<i>Mn</i>	54,93	Zink	<i>Zn</i>	65,37
Molybdän.....	<i>Mo</i>	96,0	Zinn	<i>Sn</i>	118,7
Natrium.....	<i>Na</i>	23,00	Zirkonium.....	<i>Zr</i>	90,6
Neodym.....	<i>Nd</i>	144,3			

Gewerbliche und chemische Benennung der technisch wichtigsten Stoffe.

Gewerbliche Benennung	Chemische Benennung	Formel
Acetylen	Acetylen	$C_2 H_2$
Alaun	Kaliumaluminiumsulfat	$KAl(SO_4)_2 + 12H_2 O$
Ammoniakalaun ...	Schwefelsaure Ammoniak - Tonerde Ammoniumaluminiumsulfat	$(NH_4) Al (SO_4)_2 + 12H_2 O$
Arsenik	Arsenik	$As_2 O_3$
Asbest	Asbest (Ca-Mg-Silicate)	
(Äthyl-) Äther....	Athyläther	$(C_2 H_5)_2 O$
Ätzkali	Kaliumhydroxyd	KHO
Ätznatron	Natriumhydroxyd	$NaHO$
Benzin	Die zwischen 80 und 120° siedenden Stoffe der Paraffinreihe $C_n H_{2n+2}$ aus dem Rohpetroleum	$(C_n H_{2n+2})$
Benzol	Benzol	$C_6 H_6$
Bleimennige	Bleimennige	$Pb_3 O_4$
Bleiweiß	Bleihydrocarbonat	$Pb_3 (CO_3)_2 (HO)_2$
Bleizucker	Essigsäures Blei	$Pb(C_2 H_3 O_2)_2 + 3H_2 O$
Blutlaugensalz, gelbes	Kaliumeisencyanür	$K_4 Fe(CN)_6 + 3H_2 O$
Blutlaugensalz, rotes	Kaliumeisencyanid	$K_3 Fe (CN)_6$
Borax	Natriumtetraborat	$Na_2 B_4 O_7 + 10H_2 O$
Braunstein	Mangansuperoxyd	$Mn O_2$
Calciumcarbid	Calciumcarbid	$Ca C_2$
Cellulose	Cellulose	$(C_6 H_{10} O_5)_n$
Chilesalpeter	Natriumnitrat	$Na NO_3$
Chlorcalcium	Chlorcalcium	$Ca Cl_2 + 6H_2 O$
Chlorkalk	Chlorkalk	$Ca Cl (OCl)$
Chlorwasser	Chlorwasser	$Cl_2 + 8 H_2 O$
Chlorzinn	Zinnchlorür	$Sn Cl_2 + 2H_2 O$
	Zinnchlorid	$Sn Cl_4$
Chromkali, gelbes .	Kaliumchromat	$K_2 Cr O_4$
„ rotes ..	Kaliumbichromat	$K_2 Cr_2 O_7$
Cyankali	Cyankalium	$K C N$
Eisenoxyd, salzsaures	Eisenchlorid	$Fe Cl_3$
Eisenoxydul, salzsaures	Eisenchlorür	$Fe Cl_2 + 4H_2 O$
Eisenrost	Eisenoxydhydrat	$Fe (HO)_3$
Eisenvitriol	Ferrosulfat	$Fe So_4 + 7H_2 O$
Essig	Essigsäure	$C_2 H_4 O_2$

Gewerbliche Benennung	Chemische Benennung	Formel
Fette	Gemenge von: Tripalmitin, Triolein, Tristearin	$\left\{ \begin{array}{l} C_3 H_5 (C_{16} H_{31} O_2)_3 \\ C_3 H_5 (C_{18} H_{33} O_2)_3 \\ C_3 H_5 (C_{18} H_{35} O_2)_3 \end{array} \right.$
Fixiersalz	Unterschwefligsaures Natrium	$Na_2 S_2 O_3 + 5H_2 O$
Gips	Schwefelsaures Calcium	$Ca SO_4 + 2H_2 O$
Glaubersalz	Schwefelsaures Natrium	$Na_2 SO_4 + 10H_2 O$
Glycerin	Glycerin	$C_3 H_8 O_3$
Grubengas	Methan	CH_4
Grünspan	Essigsaures Kupferoxyd (neutrales und basisches)	$Cu(C_2 H_3 O_2)_2 + H_2 O$
Kalzinierte Soda ..	Kohlensaures Natrium.	$Na_2 CO_3$
Kalialaun	Schwefelsaures Kalium- Aluminium	$KAl(SO_4)_2 + 12H_2 O$
Kalilauge (Kautistisches Kali)	Kaliumhydroxyd	KHO
Kalialpeter	Salpetersaures Kalium	KNO_3
Kalk, gebrannter ..	Calciumoxyd	CaO
„ gelöschter ..	Kalkhydrat	$Ca (HO)_2$
„ salzsaurer ..	Chlorcalcium	$CaCl_2 + 6H_2 O$
Kalkstein	Calciumcarbonat	$CaCO_3$
Karborund	Siliciumcarbid	SiC
Kautistische Pottaschenlauge	Kaliumhydroxyd	KHO
Kautistische Soda ..	Natriumhydroxyd	$NaHO$
Kleesalz, saures ...	Saures oxalsaures Kalium	$KH_3 C_4 O_8 + 2H_2 O$
Kleesäure	Oxalsäure	$C_2 H_2 O_4 + 2H_2 O$
Kochsalz (Steinsalz)	Chlornatrium	$Na Cl$
Kohlenoxyd	Kohlenoxyd	CO
Kohlensäure	Kohlendioxyd	CO_2
Korund (Schmirgel)	Aluminiumoxyd	$Al_2 O_3$
Kreide	Kohlensaures Calcium	$CaCO_3$
Kupferoxyd, salzsaures	Kupferchlorid	$CuCl_2 + 2H_2 O$
Kupfervitriol	Schwefelsaures Kupferoxyd	$CuSO_4 + 5H_2 O$
Kupferwasser	Schwefelsaures Eisenoxydul	$FeSO_4 + 7H_2 O$
Laugensalz, flüchtiges	Kohlensaures Ammoniak $NH_4 HCO_3$	$NH_2 CO ONH_4$
Lötsalz	Chlorzinkammoniak	$ZnCl_2 + 2NH_4 Cl$
Lötwasser	Wässrige Lösung von Lötsalz	

Gewerbliche Benennung	Chemische Benennung	Formel
Manganoxydul, salzsaures	Manganchlorür	$MnCl_2$
Marmor	Kohlensaures Calcium	$CaCO_3$
Mennige	Bleisaures Bleioxyd . . .	Pb_3O_4
Natron (Natronlauge)	Natriumhydroxyd	$NaHO$
Natronalaun	Schwefelsaures Natrium- Aluminium	$NaAl(SO_4)_2 + 12H_2O$
Natronsalpeter	Salpetersaures Natrium	$NaNO_3$
Pinksalz	Zinnchlorid-Chlor- ammonium	$SnCl_4 + 2NH_4Cl$
Pottasche	Kohlensaures Kalium .	K_2CO_3
Rost	Eisenoxydhydrat	$Fe(OH)_3$
Ruß	Kohlenstoff und Teer .	
Salmiak	Chlorammonium	NH_4Cl
Salmiakgeist	Ammoniak	$NH_3 + H_2O$
Salpeter, Chile-	Salpetersaures Natrium	$NaNO_3$
„ Indischer	„ Kalium	KNO_3
Salpetersäure	Salpetersäure	HNO_3
Salzsäure	Chlorwasserstoffsäure .	HCl
Sauerkleesalz	s. Kleesalz	
Scheidewasser	Salpetersäure	HNO_3
Schwefelsäure	Schwefelsäure	H_2SO_4
Schwefelwasserstoff	Schwefelwasserstoff . . .	H_2S
Seife, harte	Fettsaures Natrium . . .	
„ weiche	„ Kalium	
Soda (kryst.)	Kohlensaures Natrium	$Na_2CO_3 + 10H_2O$
Vitriol, blauer	Schwefelsaures Kupferoxyd	$CuSO_4 + 5H_2O$
„ grüner	Schwefelsaures Eisenoxydul	$FeSO_4 + 7H_2O$
Wasserglas	Kieselsaures Natrium od. Kieselsaures Kalium	} Wechselnde Zusammensetzung
Zink, salzsaures }	Zinkchlorid	$ZnCl_2$
Zinkbutter }	Zinkoxyd	ZnO
Zinkweiß		
Zinnchlorid, Chlorzinn	Zinnchlorid	$SnCl_4$
Zinnsalz	Zinnchlorür	$SnCl_2 + 2H_2O$

Aus der Festigkeitslehre.

Ein Körperteilchen, das unter der Einwirkung äußerer Kräfte steht, erfährt bleibende oder elastische Formveränderungen, die im allgemeinen aus **Längen-** oder aus **Winkeländerungen** bestehen. Diesen Veränderungen entsprechen Normalspannungen σ bzw. Schubspannungen τ .

a) Längenänderungen und Normalspannungen.

- l = ursprüngliche Länge eines zylindrischen Stabes vom Durchmesser d .
 P = gleichmäßig über die Endflächen verteilte, aber entgegengesetzt wirkende Zugkräfte von gleicher Größe.
 λ = durch die Zugkräfte hervorgerufene Vergrößerung von l .
 δ = durch die Zugkräfte hervorgerufene Verminderung von d .
 F = Stabquerschnitt.

Benennung	Zeichen
Dehnung = $\frac{\text{Verlängerung}}{\text{Ursprüngliche Länge}}$	ϵ oder $\frac{\lambda}{l}$ oder $\frac{\sigma}{E}$
Querzusammenziehung	ϵ_q oder $\frac{\delta}{d}$ oder $\frac{\epsilon}{m}$
$\frac{\text{Dehnung}}{\text{Querzusammenziehung}}$	m (beträgt für Metalle etwa $3^{1/3}$)
Zug- oder Normalspannung (kg/cm ²) (auf den ursprünglichen Stabquerschnitt bezogen)	σ oder $\frac{P}{F}$
Dehnungszahl (cm ² /kg) = $\frac{\text{Dehnung}}{\text{Spannung}}$ (Zunahme der Einheit der Länge für 1 kg Spannung)	α oder $\frac{\epsilon}{\sigma}$ oder $\frac{1}{E}$
Elastizitätsmaß (kg/cm ²) (umgekehrter Wert von der Dehnungszahl)	E oder $\frac{1}{\alpha}$
Proportionalitätsgrenze (kg/cm ²) ist die Spannungsgrenze, bis zu welcher die Dehnungszahl α nahezu unveränderlich ist. Bis dahin sind die Dehnungen den Spannungen proportional.	σ_p
Streck-, Fließ- oder Quetschgrenze (kg/cm ²) ist die oberhalb von σ_p liegende Spannung, bei welcher eine bleibende Formveränderung stattfindet.	σ_f
Elastische Dehnung ist die nach Entlastung des Stabes wieder verschwindende Dehnung	λ_1
Dehnungsrest ist die dauernd bleibende Dehnung.	$\lambda_2 = \lambda - \lambda_1$; wenn $\lambda_2 = 0$ oder $\frac{\lambda_1}{\lambda} = 1$ vollkommene Elastizität
Elastizitätsgrenze (kg/cm ²) ist derjenige äußerste Spannungswert, bis zu welchem λ_2 annähernd oder gleich 0 ist, der Stab also vollkommen elastisch ist.	σ_e

Benennung	Zeichen
Dehnung nach erfolgtem Bruche (v. H. der ursprünglichen Länge) l_b = Länge nach erfolgtem Bruche	$\varphi = 100 \frac{l_b - l}{l}$
Einschnürung nach erfolgtem Bruche (v. H. des ursprünglichen Querschnitts) F_b = Querschnitt an der Bruchstelle	$\psi = \frac{F - F_b}{F}$

b) Winkeländerungen und Schubspannungen.

Ist die unter Einwirkung äußerer Kräfte entstandene Winkeländerung zweier **senkrecht aufeinanderstehender** Flächenteilen gleich der Bogenlänge γ , so ist diese Änderung auch gleich der Strecke, um die sich zwei um 1 voneinander abstehende **parallele** Flächenteile verschoben haben.

Benennung	Zeichen
Schiebung oder Winkeländerung wird durch die Schubspannungen τ , die paarweise in den senkrecht aufeinanderstehenden Flächenteilen auftreten, hervorgerufen.	γ
Schubspannung Schubspannung der Proportionalitätsgrenze σ_p entsprechend Schubzahl (cm ² /kg) = $\frac{\text{Schiebung}}{\text{Schubspannung}}$ = Strecke in cm, um die sich zwei 1 cm voneinander entfernte Flächenelemente unter Einwirkung von $\tau = 1 \text{ kg/cm}^2$ gegeneinander verschieben.	τ τ_p $\beta = \frac{\gamma}{\tau} = \frac{1}{G}$
Gleitmaß ist der umgekehrte Wert von β .	$G = \frac{1}{\beta}$
Beziehungen zwischen α und β und E und G : $\beta = \frac{2(m+1)}{m} \cdot \alpha$; $G = \frac{m}{2(m+1)} \cdot E$; für Metalle ($m = 3^{1/3}$; $\beta = 2,6 \alpha$) $G = 0,385 \cdot E$.	

c) Festigkeit, zulässige Spannung und Sicherheit gegen Bruch.

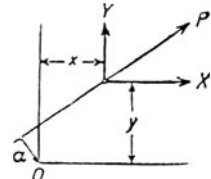
Festigkeit (kg/cm²) ist derjenige Spannungswert, bei welchem Bruch des Stabes eintritt. **Zulässige Spannung** ist die (gewöhnlich unter der Proportionalitäts- und Elastizitätsgrenze liegende) Spannung, bis zu der ein Körper durch äußere Kräfte auf eine der verschiedenen Festigkeiten beansprucht werden darf.

Nach der Art der Beanspruchung unterscheidet man:


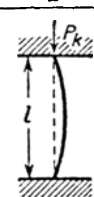

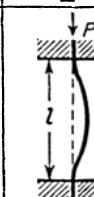
Festigkeiten	Zeichen	Zulässige Spannungen	Zeichen
Zugfestigkeit	K_z	bei Zug	k_z
Druckfestigkeit	K	„ Druck	k
Schubfestigkeit	K_s	„ Schub	k_s
Biegefestigkeit	K_b	„ Biegung	k_b
Drehfestigkeit	K_d	„ Verdrehung	k_d
Knickfestigkeit	K_k	„ Knickung	k_k

Sicherheit gegen Bruch S ist allgemein $K : k$, d. h. das Verhältnis der Festigkeit zur zulässigen Spannung. 8fache Sicherheit gegen Bruch bei Zugbeanspruchung wird ausgedrückt durch $K_z : k_z = 8$.


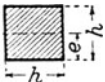
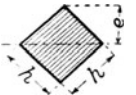
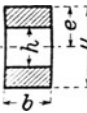
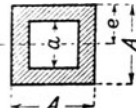
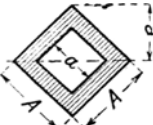
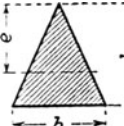
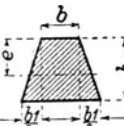
d) Trägheits-, Widerstands- und Kräfte Momente.

Benennung	Zeichen
Trägheitsmoment Mit dem Worte „Trägheitsmoment“ bezeichnet man die Summe der Produkte aus den Teilchen dT und den Quadraten ihrer Entfernung r von der Achse. Die Größe eines Linienteiles wird gewöhnlich mit 1 cm angenommen; 1 Flächenteil = 1 cm ² 1 Raumteil = 1 cm ³ Die Entfernungseinheit = 1 cm	J
Trägheitsmoment bezogen auf Achse x	J_x
Widerstandsmoment bezogen auf Achse x Abstand der entferntesten gezogenen bzw. gedrückten Faser (Randfaser) von Achse x in cm = e_x	$W = \frac{J}{e}$ $W_x = \frac{J_x}{e_x}$
Unter dem Moment einer Kraft P für einen Punkt O versteht man das Produkt aus der Kraft P und dem Abstände a (Hebelarm) des Punktes O von der Wirkungslinie von P . Biegemoment ist die Mittelkraft oder die algebraische Summe der Momente der Kräfte, die auf Biegung wirken. Drehmoment (Torsionsmoment) die auf Drehung wirkende Kraft. Knickmoment	 $M = P \cdot \alpha = X \cdot y - Y \cdot x$ $M_x = X \cdot y$ $M_y = Y \cdot x$ M_b M_d M_k

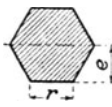
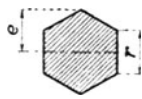
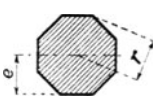
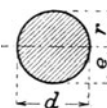

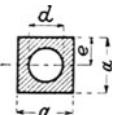
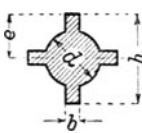
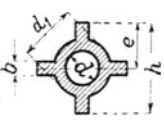
e) Eulersche Formeln für Knickfestigkeit.

I	II	III	IV	Knickbelastung P_k (kg)
				I $(\pi^2 \cdot E \cdot J) : (4 \cdot l^2)$
				II $(\pi^2 \cdot E \cdot J) : l^2$
				III $(2 \pi^2 \cdot E \cdot J) : l^2$
				IV $(4 \pi^2 \cdot E \cdot J) : l^2$
				Zulässige Belastung $P_o = P_k : S$
Sicherheitsgrad $S =$				Nach einem Runderlaß des preuß. Arbeitsministeriums vom 10. 3. 1912 muß der nach obigen Formeln berechnete Sicherheitsgrad den Bestimmungen genügen (s. S. 107). Für den gewählten Querschnitt darf die zulässige Druckspannung nicht überschritten werden.
Für Gußeisen		8		
„ Schweißeisen, Flußeisen und Flußstahl		5		
„ Holz		6—12		

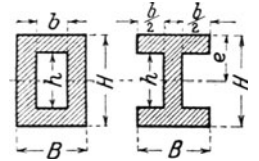
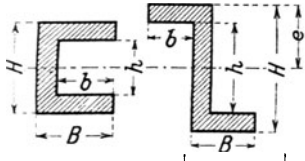
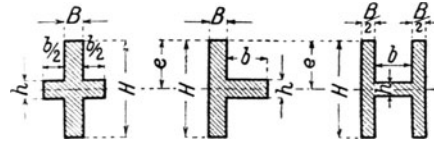
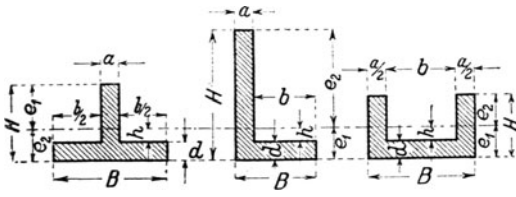
**Flächeninhalte,
Schwerpunktsabstände, Trägheits- und Widerstandsmomente gebräuchlicher Querschnitte.**

Querschnitt	Flächeninhalt F	Schwerpunktsabstand e	Trägheitsmoment J	Widerstandsmoment $W = \frac{J}{e}$
	$b h$	$\frac{h}{2}$	$\frac{b h^3}{12}$	$\frac{b h^2}{6}$
	h^2	$\frac{h}{2}$	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{h^3}{6}$
	h^2	$\frac{h}{2} \sqrt{2}$	$\frac{h^4}{12}$	$0,1179 h^3 = \frac{h^3}{12} \cdot \sqrt{2}$
	$b(H-h)$	$\frac{H}{2}$	$\frac{b}{12}(H^3-h^3)$	$\frac{b}{6H}(H^3-h^3)$
	$A^2 - a^2$	$\frac{A}{2}$	$\frac{A^4 - a^4}{12}$	$\frac{1}{6} \frac{A^4 - a^4}{A}$
	$A^2 - a^2$	$\frac{A}{2} \sqrt{2}$	$\frac{A^4 - a^4}{12}$	$\frac{A^4 - a^4}{12 A} \sqrt{2}$ $= 0,1179 \frac{A^4 - a^4}{A}$
	$\frac{h \cdot b}{2}$	$\frac{2}{3} h$	$\frac{b \cdot h^3}{36}$	$\frac{b \cdot h^2}{24}$
	$(2b + b_1) \frac{h}{2}$	$\frac{1}{3} \left[\frac{3b + 2b_1}{2b + b_1} \right] h$	$\frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{36(2b + b_1)} h^3$	$\frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{12(3b + 2b_1)} h^2$

Flächeninhalte, Schwerpunktsabstände, Trägheits- und Widerstandsmomente gebräuchlicher Querschnitte.

Querschnitt	Flächeninhalt F	Schwerpunktsabstand e	Trägheitsmoment J	Widerstandsmoment $W = \frac{J}{e}$
	$\frac{3}{2} \sqrt{3} \cdot r^2$ $= 2,598 r^2$	$r \frac{\sqrt{3}}{4} = 0,866 r$	$\frac{5\sqrt{3}}{16} r^4 = 0,5413 r^4$	$\frac{5}{8} r^3$
		r		$\frac{5\sqrt{3}}{16} r^3 = 0,5413 r^3$
	$2,828 r^2$	$0,924 r$	$\frac{1 + 2\sqrt{2}}{6} r^4$ $= 0,6381 r^4$	$0,6906 r^3$
	$\pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4}$ $= 0,0491 d^4 \approx 0,05 d^4$ $= 0,7854 r^4$	$\frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4}$ $= 0,0982 d^3 \approx 0,1 d^3$ $= 0,7854 r^3$
	$\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ $= \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)$	$\frac{\pi D^4 - d^4}{32 D}$ $= \frac{\pi (R^4 - r^4)}{4 R}$
	$a^2 - \frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{a}{2}$	$\frac{1}{12} \cdot \left(a^4 - \frac{3\pi}{16} d^4 \right)$	$\frac{1}{6 a} \cdot \left(a^4 - \frac{3\pi}{16} d^4 \right)$
	$2 b (h - d)$ $+ \frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{1}{12} \left[\frac{3\pi}{16} d^4 + b (h^3 - d^3) + b^3 (h - d) \right]$	$\frac{1}{6 h} \left[\frac{3\pi}{16} d^4 + b (h^3 - d^3) + b^3 (h - d) \right]$
	$2 b (h - d)$ $+ \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d^2)$	$\frac{h}{2}$	$\frac{1}{12} \left[\frac{3\pi}{16} (d_1^4 - d^4) + b (h^3 - d_1^3) + b^3 (h - d_1) \right]$	$\frac{1}{6 h} \left[\frac{3\pi}{16} (d_1^4 - d^4) + b (h^3 - d_1^3) + b^3 (h - d_1) \right]$

**Flächeninhalte,
Schwerpunktsabstände, Trägheits- und Widerstandsmomente gebräuchlicher Querschnitte.**

Querschnitt	Flächeninhalt F	Schwerpunktsabstand e	Trägheitsmoment J	Widerstandsmoment $W = \frac{J}{e}$
	$HB - hb$	$\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$	$\frac{1}{6H} \cdot (BH^3 - bh^3)$
	$HB - hb$	$\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$	$\frac{1}{6H} \cdot (BH^3 - bh^3)$
	$HB + hb$	$\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12}(BH^3 + bh^3)$	$\frac{1}{6H} \cdot (BH^3 + bh^3)$
	$HB - b$ $(e_2 + h)$	$\frac{1}{2} \left[\frac{aH^2 + bd^2}{aH + bd} \right]$ $e_2 = H - e_1$	$\frac{1}{3} (Be_1^3 - bh^3 + ae_2^3)$	$W_1 = \frac{J}{e_1}$ $W_2 = \frac{J}{e_2}$

Elastizitäts- und Festigkeitszahlen für Eisen und Stahl.

(Nach C. v. Bach.)

Die Angaben gelten für das Kilogramm als Kraft- und für den
Quadratzentimeter als Flächeneinheit.

Material	Elastizitätsmodul	Gleitmodul	Proportionalitätsgrenze	Streck-(Quetsch-)grenze	Festigkeit	
	$E = \frac{1}{\alpha}$	$G = \frac{1}{\beta}$	σ_p	σ_f	Zug K_z	Druck K
Gußeisen .	750 000 bis 1 050 000	290 000 bis 400 000	nicht vorhanden	—	1 200 bis 3 200	7 000 bis 8 500
Schweiß- eisen . .	2 000 000	770 000	1 300 und mehr	1 800 und mehr	3300 bis 4000 ¹⁾	Quetsch- grenze maßgebend
Flußeisen .	2 150 000	830 000	1 800 und mehr	2 000 und mehr	3 400 bis 5 000	Quetsch- grenze maßgebend
Stahlguß .	2 150 000	830 000	2 000 und mehr	2 100 und mehr	3 500 bis 7 000 und mehr	wie bei Flußstahl
Flußstahl .	2 200 000	850 000	2 500 bis 6 000 und mehr; je nach Be- handlung	3 000 und mehr; härteres Material keine ausge- prägte Streck- grenze	über 5 000 bis 20 000 und noch darüber	Bei weich. Material die Quetsch- grenze maß- gebend; K sonst mit dem Grade der Härte bis über die Zugfestig- keit steigend
Federstahl ungehärtet gehärtet. .	2 200 000 2 200 000	850 000 850 000	5 000 und mehr 7 500 und mehr	— —	bis 10 000 und mehr bis 17 000	— —
Nickelstahl für Brücken ²⁾)	—	—	$\varphi=20$ v.H. $\psi=40$ v.H.	3 800	5 600 bis 5 700	—

1) Gilt für Schweißisen \parallel zur Sehnenrichtung; für Schweißisen \perp zur Sehnenrichtung ist $K_z = 2800 \div 3500$.

2) In Deutschland 2 bis 2,5 v. H. Ni; in Amerika 3,25 v. H. Ni.

Festigkeitszahlen der Hölzer.

(Nach J. Bauschinger und L. Tetmajer.)

Die Festigkeitszahlen sind wesentlich abhängig vom Feuchtigkeitsgehalte H . Dieselben nehmen mit wachsender Feuchtigkeit erheblich ab; mit zunehmender Lagerungszeit vergrößert sich die Druckfestigkeit bedeutend. Elastizitätsmaß E ist für Druck nahezu unveränderlich. — Die folgenden Angaben beziehen sich auf den ganzen Querschnitt, Kernholz und Splintholz, zusammen und auf K_z und K in Faserrichtung.

Biegung: Der Stammkern liegt in der Querschnittsmitte.

Schub: Abscherung in Faserrichtung in einer durch die Stammachse gehenden Ebene. K_s für das Kernholz = 0,75 K_s für den ganzen Querschnitt.

Holzart	H	E	σ_p	Festigkeit	Holzart	H	E	σ_p	Festigkeit
	v.H.	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		v.H.	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
Kiefer	13	90 000	—	$K_z = 790$	Fichte	16	92 000	—	$K_z = 750$
	18	96 000	155	$K = 280$		19	99 000	150	$K = 245$
	23	108 000	200	$K_b = 470$		29	111 000	230	$K_b = 420$
	25	—	—	$K_s = 45$		38	—	—	$K_s = 40$
Eiche	—	108 000	475	$K_z = 965$	Buche	—	180 000	580	$K_z = 1340$
	—	103 000	150	$K = 345$		—	169 000	100	$K = 320$
	24	100 000	215	$K_b = 600$		17	128 000	240	$K_b = 670$
	—	—	—	$K_s = 75$		—	—	—	$K_s = 89$

Zulässige Beanspruchung.

(Nach dem Runderlaß des preußischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 31. Januar 1910.)

1. Träger zur Unterstützung von Decken und Treppen dürfen auf Biegung höchstens mit 1200 kg/cm² beansprucht werden. Bei der Berechnung der Angriffsmomente ist die Stützweite, d. i. die Entfernung der Auflagermitten, einzuführen.

2. Bei Nieten und gedrehten Schraubenbolzen darf die Scherspannung höchstens 1000 kg/cm², der Lochleibungsdruck höchstens 2000 kg/cm², bei gewöhnlichen Schraubenbolzen die Scherspannung höchstens 750 kg/cm², der Lochleibungsdruck höchstens 1500 kg/cm² betragen.

3. Gußeisen darf in Lagern auf Druck mit 1000 kg, in anderen Bauteilen auf Druck mit 500, auf Biegung mit 250, auf Abscherung mit 200 kg/cm² beansprucht werden.

4. Stahlformguß darf auf Biegung mit 1200 kg/cm²,

5. Schmiedestahl auf Zug, Druck und Biegung bis zu 1400 kg/cm² beansprucht werden.

6. Holz. Beanspruchung in kg/cm²:

Art der Beanspruchung	Zug	Druck	Biegung	Abscherung	
				zur Faser	⊥ zur Faser
Eichenholz	100—120	80—100	100—120	15—20	80—90
Kiefernholz (astfrei) . . .	100—120	60—80	100—120	10—15	60—70

Stützen müssen nach der Euler'schen Formel (s. S. 102) mit $E = 100\,000$ kg/cm² eine sechs- bis zehnfache Sicherheit gegen Knicken besitzen ($J_{\min} = 60 Pl^2$ bis $100 Pl^2$). Die untere Grenze von J gilt aber nur für vorübergehende Bauten.

Zulässige Belastungen der Bauwerke.

(Nach dem Runderlaß des preußischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten vom 31. Januar 1910.)

a) Zwischendecken.

Art der Nutzlast	Gewicht kg/m ²
Nutzlast für Wohngebäude und kleine Geschäftshäuser durch Möbel, Menschen usw., abgesehen von den in einzelnen Räumen etwa vorkommenden besonderen Belastungen durch Akten, Bücher, Waren, Maschinen usw.	250
Nutzlast in Geschäftsgebäuden größeren Umfanges, Versammlungssälen, Unterrichtsräumen, Turnhallen	500
Nutzlast in Fabriken, wenn nicht größere Belastungen anzunehmen sind	500*
Nutzlast für Decken unter Durchfahrten und befahrbaren Höfen, wenn nicht größere Einzellasten (Rad- druck) zu berücksichtigen sind	800
Treppen-Nutzlast	500
Nutzlast in Dachbodenräumen von Wohngebäuden	125

* Anmerkung der Schriftleitung. Die Belastung von 500 kg/m² kommt nur für leichteste Maschinen mit stoßfreiem Gang oder für reine Arbeitssäle ohne Kraftbetrieb in Frage. Für Betriebe mit mittleren Maschinen kann die Belastung mit etwa 1000 kg/m² und für Betriebe der Metallbearbeitung mit schweren Drehbänken, Hobel-, Bohr- und Schleifmaschinen je nach der Größe und Beanspruchung mit 1500–2000 kg/m² und mehr angenommen werden.

b) Dächer.

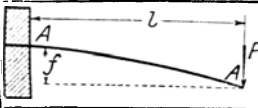
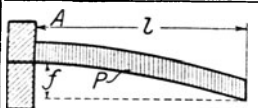
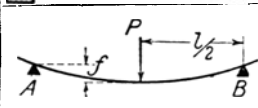
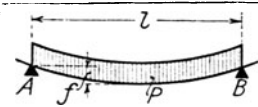
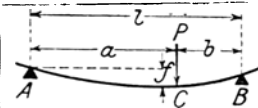
Gesamtbelastung (Eigengewicht, Schnee- und Winddruck) für 1 m² der Horizontalprojektion.

Art des Daches	Dachneigung Grad	Gewicht kg
Glasdach	10 bis 25	250
Schieferdach	25 " 45	150 bis 250
Ziegeldach	30 " 45	250 " 300
Holzzementdach		275
Steile Mansardendachflächen mit Schiefer- oder Ziegeldeckung	45 " 70	300 bis 700

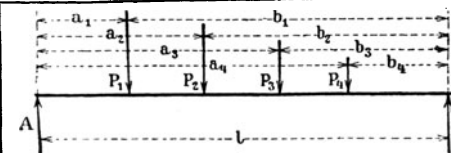
Weiter ist noch in der Mitte der einzelnen Dachteile (Sparren, Pfetten, Sprossen-eisen usw.) eine Nutzlast von 100 kg für einzelne, das Dach bei Wiederherstellungs- oder Reinigungsarbeiten betretende Personen anzunehmen.

Berechnung von verschiedenen belasteten Trägern.

Einfache Belastung.

Belastungsart	Stützdrücke A, B Größtes Biegemoment M_{\max}	Tragkraft P ; erforderl. Widerstandsm. W	Durchbiegung f	Gefährl. Querschnitt bei
	$A = P$ $M_{\max} = P \cdot l$	$P = \frac{k_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{k_b}$	$f = \frac{P \cdot \beta}{3E \cdot J}$	A
	$A = P$ $M_{\max} = \frac{P \cdot l}{2}$	$P = \frac{2 \cdot k_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{2 \cdot k_b}$	$f = \frac{P \cdot \beta}{8 \cdot E \cdot J}$	A
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_{\max} = \frac{P \cdot l}{4}$	$P = \frac{4 \cdot k_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{4 \cdot k_b}$	$f = \frac{P \cdot \beta}{48 \cdot E \cdot J}$	in der Mitte
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_{\max} = \frac{P \cdot l}{8}$	$P = \frac{8 \cdot k_b \cdot W}{l}$ $W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot k_b}$	$f = \frac{5}{384} \frac{P \cdot \beta}{E \cdot J}$	
	$A = \frac{P \cdot b}{l}; B = \frac{P \cdot a}{l}$ $M_{\max} = A \cdot a = B \cdot b$	$P = k_b \cdot W \cdot \frac{l}{a \cdot b}$ $W = \frac{P \cdot a \cdot b}{l \cdot k_b}$	$f = \frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{3EJ \cdot l}$	C

Träger auf zwei Stützen, mit mehrfacher Belastung.

	Auflagerdrücke $A = \frac{1}{l} (P_1 b_1 + P_2 b_2 + P_3 b_3 \dots)$ $B = \frac{1}{l} (P_1 a_1 + P_2 a_2 + P_3 a_3 \dots)$
--	---

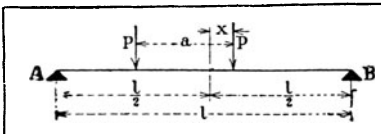
Der gefährliche Querschnitt ist dann derjenige, für den die Querkraft null ist bzw. das Vorzeichen wechselt, für den also $A - \sum P \geq 0$.

Ist der gefährliche Querschnitt bestimmt, läßt sich das Maximalmoment und damit bei einer zulässigen Beanspruchung k_b das erforderliche Widerstandsmoment W des Trägers berechnen.

Es ist dann: $W_{\text{erf.}} = M_{\max} : k_b$

Kranleisträger.

Zwei gleich große Lasten P im unveränderlichen Abstand a bewegen sich auf einem Träger von der Stützweite l , wobei $a < 1/2 \cdot l$ sein muß. Die ungünstigste Laststellung zur Bestimmung des größten Biegemomentes ist bei $x = 1/4 \cdot a$.

	Auflagerdrücke $A = P \frac{2l + a}{2l}$ $B = P \frac{2l - a}{2l}$	Größtes Biegemoment $M_{\max} = \frac{Pl}{2} \left(1 - \frac{a}{2l}\right)^2$ $= \frac{P}{8l} (2l - a)^2$
---	---	--

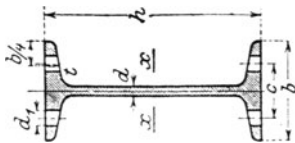
Diese Formeln gelten nur, falls beide Lasten P auf der Länge l stehen. Ist $a : l \geq 0,5858$, so ist stets $M_{\max} = 1/4 \cdot P \cdot l$, wobei nur eine Last P auf dem Träger und zwar in Trägermitte steht.

I-Eisen. (Deutsche Abmessungen.)

Normallängen = 4 - 12 m.

Lagerlängen zwischen 4 - 9 m Länge in Abstufungen von 200 mm, zwischen 9 - 12 m von 250 mm.

Die Flanschstärke t liegt im Abstände $1/4 b$ beiderseits der Profilmitte, und zwar ist $t \approx 1,5 d$.
Zulässige Beanspruchung laut Ministerialelaß vom 31. I. 1910, $\sigma = 1200 \text{ kg/cm}^2$.



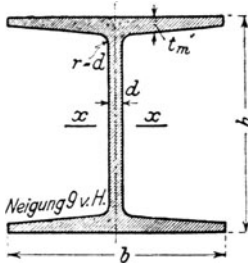
Profil-Nummer	Höhe h mm	Breite b mm	Stegstärke p mm	Flanschstärke t mm	Wurzelmaß c mm	Niedurchmesser p ₁ mm	Flanschquerschnitt F cm ²	Gewicht G kg/m	Widerstandsmoment W _x cm ³	Tragfähigkeit von I-Balken in kg, mit Berücksichtigung des Eigengewichtes															
										Gleichmäßig verteilte Last					Einzellast										
										Entfernung der Auflagermittlen in Meter					Entfernung der Auflagermittlen in Meter										
										2	3	4	5	6	7	8	10	2	3	4	5	6	7	8	10
8	80	42	3,9	5,9	22	8	7,88	5,95	19,5	930	615	450	360	280	240	185	125	465	305	225	180	140	120	90	60
9	90	46	4,2	6,3	24	8	9,0	7,07	26,0	1230	810	595	460	370	300	255	180	615	405	295	230	185	150	125	90
10	100	50	4,5	6,8	26	8	10,6	8,32	34,2	1625	1070	785	610	495	410	340	245	810	535	390	305	245	205	170	120
11	110	54	4,8	7,2	28	8	12,3	9,66	43,5	2070	1360	1000	785	635	525	425	320	1035	680	500	390	315	260	210	160
12	120	58	5,1	7,7	30	10	14,2	11,15	54,7	2600	1710	1265	1000	800	670	565	410	1300	850	630	500	400	330	280	200
13	130	62	5,4	8,1	34	10	15,1	12,64	67,1	3190	2100	1560	1225	1000	830	700	515	1590	1050	780	610	500	410	350	250
14	140	66	5,7	8,6	36	10	16,3	14,37	81,9	3900	2575	1900	1500	1225	1020	870	640	1950	1280	950	750	610	510	430	320
15	150	70	6,0	9,0	38	13	20,4	16,01	98,0	4630	3075	2280	1800	1470	1230	1050	780	2310	1530	1140	900	730	610	520	390

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

16	160	74	6,3	9,5	40,13	22,8	17,90	117	5580	3690	2730	2150	1760	1475	1260	940	2290	1840	1360	1070	880	730	630	470
17	170	78	6,6	9,9	42,13	25,2	19,78	137	6535	4325	3200	2530	2070	1740	1480	1115	3270	2160	1600	1260	1030	870	740	550
18	180	82	6,9	10,4	44,13	27,9	21,90	161	7680	5085	3775	2980	2440	2050	1750	1325	3740	2540	1880	1490	1220	1020	870	660
19	190	86	7,2	10,8	48,13	30,6	24,02	186	8880	5875	4365	3450	2825	2375	2030	1540	4440	2930	2180	1720	1410	1180	1010	770
20	200	90	7,5	11,3	50,16	33,5	26,30	214	10200	6770	5030	3975	3275	2750	2360	1790	5100	3375	2500	1975	1625	1375	1175	875
21	210	94	7,8	11,7	52,16	36,4	28,57	244	11600	7720	5740	4540	3750	3150	2700	2080	5800	3850	2875	2250	1875	1575	1350	1025
22	220	98	8,1	12,2	54,16	39,6	31,09	278	13200	8800	6550	5175	4270	3590	3080	2350	6600	4400	3275	2585	2135	1775	1525	1175
23	230	102	8,4	12,6	56,16	42,7	33,52	314	15000	9950	7400	5840	4825	4050	3500	2680	7500	4975	3700	2920	2400	2025	1750	1325
24	240	106	8,7	13,1	58,16	46,1	36,19	354	16900	11200	8350	6600	5400	4600	3950	3000	8450	5600	4175	3300	2700	2300	1975	1500
25	250	110	9,0	13,6	58,20	49,7	39,01	397	18900	12500	9350	7400	6100	5150	4450	3400	9450	6250	4675	3700	3050	2575	2250	1700
26	260	113	9,4	14,1	60,20	53,4	41,92	442	21100	14000	10400	8250	6800	5750	4950	3800	10550	7000	5200	4125	3400	2875	2475	1900
27	270	116	9,7	14,7	62,20	57,2	44,90	491	23400	15500	11600	9200	7600	6450	5500	4250	11700	7750	5800	4600	3800	3225	2775	2125
28	280	119	10,1	15,2	64,20	61,1	47,96	542	25900	17200	12800	10100	8400	7100	6100	4700	12950	8600	6400	5050	4200	3550	3050	2350
29	290	122	10,4	15,7	66,20	64,9	50,95	596	28500	18900	14100	11200	9200	7800	6750	5100	14250	9450	7050	5600	4600	3900	3375	2550
30	300	125	10,8	16,2	68,20	69,1	54,24	653	31200	20700	15400	12300	10100	8550	7400	5700	15600	10350	7700	6150	5050	4275	3700	2850
32	320	131	11,5	17,3	70,20	77,8	61,07	782	37400	24800	18500	14700	12100	10300	8900	6900	18700	12400	9250	7350	6050	5150	4450	3450
34	340	137	12,2	18,3	74,20	86,8	68,14	923	44100	29300	21800	17300	14300	12100	10500	8150	22050	14650	10900	8650	7150	6050	5250	4050
36	360	143	13,0	19,5	78,23	97,1	76,22	1089	52100	34600	25800	20500	17000	14400	12400	9650	26050	17300	12900	10250	8500	7200	6200	4800
38	380	149	13,7	20,5	80,23	107	84,00	1264	60500	40100	30000	23800	19700	16700	14400	11300	30250	20000	15000	11900	9850	8350	7200	5650
40	400	155	14,4	21,6	84,23	118	92,63	1461	69900	46400	34700	27600	22900	19300	16800	13100	34950	23200	17350	13800	11450	9650	8400	6550
42 1/2	425	163	15,3	23,0	88,26	132	103,62	1740	83300	55300	41300	32900	27200	23100	20000	15600	41650	27650	20650	16450	13600	11550	10000	7800
45	450	170	16,2	24,3	92,26	147	115,40	2037	97500	64700	48400	38500	31900	27100	23500	19400	48750	32350	24200	19250	15950	13550	11750	9700
47 1/2	475	178	17,1	25,6	98,26	163	127,96	2378	113900	75800	56500	43900	37100	31700	27500	21500	56950	37900	28250	22950	18550	15850	13750	10750
50	500	185	18,0	27,0	100,26	180	141,30	2750	131700	87700	65400	52100	43100	36800	31800	25000	65800	43850	33700	26050	21500	18400	15900	12500
55	550	200	19,0	30,0	110,26	213	167,21	3607	172800	114900	85900	68400	56700	48200	41900	32900	86400	57500	42950	34200	28300	24100	20950	16450

Breitflanschtige normalstegige Differdinger Grey-Träger (B-Profile)

der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks-
und Hütten-Aktiengesellschaft.



Die Gewichte G gelten für Flußeisen (spez. Gewicht = 7,85).
— Normallängen = 2—15 m. — Lagerlängen = 4—15 m
mit Abstufungen von 500 mm. — Neigung der inneren
Flanschflächen = 9 v. H. = rd. 1 : 11. — Abrundungshalb-
messer zwischen Steg und Flansch gleich der Stegstärke d .

An den Flanschkannten fehlen die Abrundungen.

Der Tafel auf S. 113 ist eine durch Ministerialerlaß vom
31. Januar 1910 zugelassene Beanspruchung des Eisens von
 $\sigma = 1200 \text{ kg/cm}^2$ zugrunde gelegt. $Q = 96 \cdot W : l$, wobei
 Q in kg, W in cm^3 und l in m ausgedrückt ist.

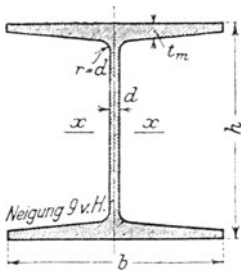
Profil- Nummer Höhe h cm	Breite b cm	Stegstärke d mm	Mittlere Flansch- stärke t_m mm	Quer- schnitt F cm^2	Gewicht G kg/m	Trägheits- moment J_x cm^4	Wider- stands- moment W_x cm^3
18 B	18	8,5	12,9	59,9	47	3512	390
20 B	20	8,5	13,8	70,4	55,3	5171	517
22 B	22	9	14,8	82,6	64,8	7379	671
24 B	24	10	15,7	96,8	76	10260	855
25 B	25	10,5	16,3	105,1	82,5	12066	965
26 B	26	11	17,3	115,6	90,7	14352	1104
27 B	27	11,25	17,8	123,2	96,7	16529	1224
28 B	28	11,5	18,4	131,8	103,4	19052	1361
29 B	29	12	19	141,1	110,8	21866	1508
30 B	30	12,5	19,8	152,1	119,4	25201	1680
32 B	30	13	20,6	160,7	126,2	30119	1882
34 B	30	13,4	21,2	167,4	131,4	35241	2073
36 B	30	14,2	22,6	181,5	142,5	42479	2360
38 B	30	14,8	23,4	191,2	150,1	49496	2605
40 B	30	15,5	24,6	203,6	159,8	57834	2892
42 1/2 B	30	16	25,4	213,9	167,9	68249	3212
45 B	30	17	26,7	229,3	180	80887	3595
47 1/2 B	30	17,6	27,7	242	190	94811	3992
50 B	30	19,4	28,9	261,8	205,5	111283	4451
55 B	30	20,6	30,8	288	226,1	145957	5308
60 B	30	20,8	31	300,6	236	179303	5977
65 B	30	21,1	31,3	314,5	246,9	217402	6690
70 B	30	21,1	31,3	325,2	255,3	258106	7374
75 B	30	21,1	31,3	335,7	263,4	302560	8068
80 B	30	21,5	32,3	354,9	278,6	360486	9012
85 B	30	21,5	32,3	365,6	287	414887	9762
90 B	30	21,5	32,3	376,4	295,5	473964	10533
95 B	30	21,9	33,3	396,2	311	550974	11600
100 B	30	21,9	33,3	407,2	319,7	621287	12425

Tragfähigkeit von beiderseits freigelagerten normalstegigen Differdinger Grey-Trägern.

Gleichmäßig verteilte Belastung, Berücksichtigung des Eigengewichts.

Profil-Nr.	Stützweite = Entfernung der Auflagermitteln in Meter					
	1	2	3	4	5	6
18 B	37393	18626	12339	9172	7253	5958
20 B	49578	24708	16382	12192	8994	7948
22 B	64351	32078	21277	15844	12558	10346
24 B	82004	40888	27132	20216	16036	13224
25 B	92557	46154	30631	22828	18113	14942
26 B	105893	52810	35055	26132	20742	17118
27 B	117407	58558	38877	28988	23016	19002
28 B	130547	65122	43243	32252	25616	21158
29 B	144657	72162	47923	35748	28399	23462
30 B	161161	80402	53403	39844	31661	26166
32 B	180546	90084	59846	44664	35505	29356
34 B	198877	99242	65943	49228	39147	32382
36 B	226417	112994	75028	56068	44597	36902
38 B	249930	124740	82910	61920	49266	40780
40 B	277472	138496	92064	68768	54727	45312
42½ B	308184	153840	102280	76416	60831	50384
45 B	344940	172200	114500	85560	68124	56440
47½ B	383042	191236	127174	95048	75677	62732
50 B	427090	213236	141814	106000	84429	69980
55 B	509342	254332	169178	126488	100784	83572
60 B	573556	280424	190556	142504	113579	94216
65 B	641993	320626	213339	159572	127213	105558
70 B	707649	353442	235203	175956	140306	116454
75 B	774265	386738	257387	192580	153591	127510
80 B	864874	432019	287548	215173	171637	142520
85 B	936865	468002	311523	233140	185995	154470
90 B	1010873	504993	336169	251610	200735	166855
95 B	1113289	556178	370267	277156	221165	183734
100 B	1118960	595760	396640	296921	236960	196882

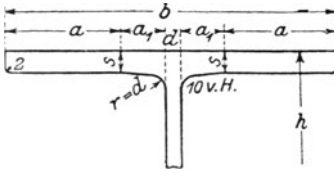
Profil-Nr.	7	8	9	10	11	12
18 B	5020	4304	3737	3274	2887	2556
20 B	6698	5772	5029	4423	3918	3488
22 B	8748	7532	6573	5792	5141	4588
24 B	11194	9652	8436	7448	6626	5928
25 B	12654	10916	9547	8434	7509	6724
26 B	14504	12520	10957	9688	8634	7740
27 B	16108	13912	12192	10780	9615	8628
28 B	17944	15508	13591	12036	10745	9652
29 B	19904	17208	15087	13367	11940	10732
30 B	22207	19208	16849	14938	13353	12012
32 B	24929	21576	18941	16807	15039	13544
34 B	27512	23828	20933	18591	16651	15012
36 B	31365	27176	23887	21226	19023	17164
38 B	34676	30060	26437	23508	21085	19040
40 B	38542	33424	29408	26163	23479	21216
42½ B	42875	37200	32750	29155	26184	23674
45 B	48043	41700	36727	32712	29395	26600
47½ B	53418	46384	40872	36423	32749	29656
50 B	59601	51764	45624	40670	36579	33136
55 B	71214	61888	54585	48697	43838	39752
60 B	80319	69836	61631	55019	49567	44984
65 B	90020	78304	69137	61754	55668	50556
70 B	99344	86448	76361	68240	61550	55932
75 B	108806	94712	83692	74822	67519	61388
80 B	121605	105915	88603	83729	75610	68753
85 B	131828	114838	96110	90845	82065	74652
90 B	142339	124032	103828	98161	88703	80718
95 B	156859	136712	114477	108250	107847	89068
100 B	168108	146542	122740	116083	104953	95564



Breitflanschige dünnstegige Differdinger Grey-Träger (Bd-Profile)

der Deutsch-Luxemburgischen
Bergwerks- und Hütten-
Aktiengesellschaft.

Profil- Nummer	Breite	Stegstärke	Mittlere Flanschen- stärke	Quer- schnitt	Gewicht	Trägheits- moment	Wider- stands- moment
h	b	d	t_m	F	G	J_x	W_x
cm	cm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³
18 Bd	18	6,5	12,9	56,8	44,6	3448	383
20 Bd	20	7	14	68,6	53,8	5163	516
22 Bd	22	7,5	15	80,6	63,2	7368	670
24 Bd	24	8,1	16,1	94,6	74,2	10315	860
25 Bd	25	8,3	16,6	101,7	79,8	12046	964
26 Bd	26	8,6	17,1	109,1	85,6	13995	1077
27 Bd	27	8,9	17,7	117	91,8	16178	1198
28 Bd	28	9,1	18,2	124,6	97,8	18574	1327
29 Bd	29	9,4	18,7	132,9	104,3	21252	1466
30 Bd	30	9,6	19,2	141,1	110,7	24190	1613
32 Bd	30	10,2	20,3	151,1	118,6	29273	1830
34 Bd	30	10,7	21,4	161,1	126,4	35026	2060
36 Bd	30	11,2	22,4	170,6	133,9	41333	2296
38 Bd	30	11,8	23,5	181,2	142,2	48573	2556
40 Bd	30	12,3	24,5	191	149,9	56416	2821
42 1/2 Bd	30	12,9	25,8	203,9	160,1	67501	3177
45 Bd	30	13,6	27,2	218,5	171,5	80436	3575
47 1/2 Bd	30	14,3	28,5	232,3	182,8	94812	3992
50 Bd	30	14,9	29,8	246	193,1	110106	4404
55 Bd	30	15,1	30,2	256,7	201,5	138001	5018
60 Bd	30	15,3	30,5	267,1	209,7	169358	5645
65 Bd	30	15,5	30,9	278,2	218,4	205200	6314
70 Bd	30	15,6	31,2	288,4	226,4	244427	6984
75 Bd	30	15,8	31,6	299,8	235,3	289040	7708
80 Bd	30	16	32	311,5	244,5	338312	8458
85 Bd	30	16,2	32,3	322,7	253,3	391652	9215
90 Bd	30	16,4	32,7	334,8	262,8	451089	10024
95 Bd	30	16,5	33	345,6	271,3	514254	10826
100 Bd	30	16,7	33,4	358	281	584658	11693

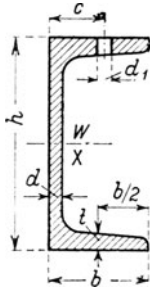


Breit- und parallelflanschtige dünnstegige Peiner Träger der Aktien-Gesellschaft Peiner Walzwerk, Peine von 16 bis 38 cm Flanschbreite.

Profil	Höhe <i>h</i> mm	Breite <i>b</i> mm	<i>a</i> mm	<i>a</i> ₁ mm	Flansch- stärke <i>s</i> mm	Steg <i>d</i> mm	Quer- schnitt <i>F</i> cm ²	Gew- icht <i>g</i> kg/m	Träg- heits- mom. <i>J_x</i> cm ⁴	Wider- stands- mom. <i>W_x</i> cm ³	<i>W_x</i> / <i>g</i>
16	160	160	55,65	21,35	10,4	6	42,6	33,4	2042	255	7,6
18	180	180	62,75	24	12,6	6,5	56,6	44,5	3449	383	8,6
20	200	200	70,55	26,2	13,5	6,5	66,6	52,3	5079	508	9,7
22	220	220	77	29,5	14,3	7	78	61,3	7217	656	10,7
24	240	240	83,9	32,6	15,3	7	90,1	70,7	10010	834	11,8
25	250	250	87,75	33,5	15,9	7,5	98	76,9	11784	943	12,3
26	260	260	91	35	16,9	8	108,3	85	14045	1080	12,7
27	270	270	95	36	17,3	8	114,6	90	16096	1192	13,3
28	280	280	98,4	37,6	17,9	8	122,4	96	18552	1325	13,8
29	290	290	101,95	38,8	18,4	8,5	131,1	102,9	21260	1466	14,3
30	300	300	105,75	40	19,2	8,5	140,3	110,1	24435	1629	14,8
32	320	300	105,25	40,25	20	9	148,1	116,3	29183	1824	15,7
34	340	300	105,3	40,2	20,5	9	152,5	119,7	33963	1998	16,7
36	360	300	105,15	40,1	22,1	9,5	165,3	129,8	40963	2276	17,5
38	380	300	105	40	23	10	174,1	136,7	47769	2514	18,4
40	400	300	104,6	39,9	24,1	11	186,1	146,1	55867	2793	19,1
42 ^{1/2}	425	300	104,5	39,8	24,9	11,5	195,4	153,4	65762	3095	20,2
45	450	300	104,2	39,8	26,2	12	207,7	163,1	77893	3462	21,2
47 ^{1/2}	475	300	104,05	39,7	27,5	12,5	220,3	172,9	91458	3851	22,3
50	500	300	104	39,5	28,8	13	233,8	183,5	106331	4253	23,2
55	550	300	104	39,5	31,1	13	252,2	198	139304	5066	25,6
60	600	300	103,7	39,3	31,1	14	264,3	207,5	170649	5688	27,4
65	650	300	103,7	39,3	31,5	14	273,6	214,7	206131	6342	29,5
70	700	300	103,55	39,2	31,5	14,5	283,7	222,7	244386	6982	31,4
75	750	300	103,55	39,2	31,5	14,5	290,9	228,4	285445	7612	33,3
80	800	300	103,3	39,2	31,8	15	303,9	238,5	334542	8364	35,1
85	850	300	103,3	39,2	31,8	15	311,4	244,4	383710	9028	36,9
90	900	300	103,3	39,2	31,8	15	318,9	250,3	436770	9706	38,8
95	950	300	103,3	39,2	31,8	15	326,4	256,2	493815	10396	40,6
100	1000	300	113,3	39,2	31,8	15	333,9	262,1	554941	11099	42,4
32	320	320	115,25	40,25	20,2	9	155,1	121,7	30986	1937	15,9
34	340	340	125,30	40,20	20,5	9	169,1	132,7	38154	2244	16,9
36	360	360	135,15	40,1	22,1	9,5	191,8	150,6	48544	2697	17,9
38	380	380	145	40	23	10	210,9	165,6	59511	3132	18,9
40	400	380	144,6	39,9	24,1	11	224,6	176,3	69507	3475	19,7
42 ^{1/2}	425	380	144,5	39,8	24,9	11,5	235,2	184,6	81727	3846	20,8
45	450	380	144,2	39,8	26,2	12	249,6	196	96740	4300	21,9
47 ^{1/2}	475	380	144,05	39,7	27,5	12,5	264,3	207,5	113514	4780	23
50	500	380	144	39,5	28,8	13	279,8	219,7	131940	5278	24
55	550	380	144	39,5	31,1	13	302	237,1	172840	6285	26,5
60	600	380	143,7	39,3	31,1	14	314,1	246,6	210951	7032	28,5
65	650	380	143,7	39,3	31,5	14	324	254,3	254373	7827	30,8
70	700	380	143,55	39,2	31,5	14,5	334,1	262,3	300736	8592	32,8
75	750	380	143,55	39,2	31,5	14,5	341,3	268	350534	9348	34,9
80	800	380	143,3	39,2	31,8	15	354,7	278,5	409650	10241	36,8
85	850	380	143,3	39,2	31,8	15	362,3	284,4	468907	11033	38,8
90	900	380	143,3	39,2	31,8	15	369,8	290,3	532693	11838	40,8
95	950	380	143,3	39,2	31,8	15	372,5	292,4	601100	12655	43,3
100	1000	380	143,3	39,2	31,8	15	384,8	302	674223	13484	44,6

[-Eisen. (Deutsche Abmessungen.)

Normallängen = 4—10 m.



Lagerlängen mit Abstufungen von 200 mm zwischen 4—9 m Länge und von 250 mm zwischen 9—10 m.

Die Flanschstärke t liegt in der Mitte der Flanschbreite b . i (in mm) ist der lichte Abstand zweier [-, wobei die beiden Hauptträgheitsmomente gleich groß sind.

[-Eisen für allgemeine Zwecke.

Zulässige Beanspruchung,
laut Ministerialerlaß vom 31. I. 1910, $\sigma = 1200 \text{ kg/cm}^2$.

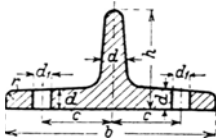
Profil- Nummer	Höhe h mm	Breite b mm	Steg- stärke d mm	Flansch- stärke t mm	Wurzel- maß c mm	Niet- durch- messer d_1 mm	Quer- schnitt F cm^2	Gewicht G kg/m	Wider- stands- moment W_x cm^3	Ab- stand i mm
3	30	33	5	7	20	8	5,44	4,27	4,26	—
4	40	35	5	7	20	8	6,21	4,87	7,05	—
5	50	38	5	7	20	10	7,12	5,59	10,6	3,8
6 ^{1/2}	65	42	5,5	7,5	25	10	9,03	7,09	17,7	15,4
8	80	45	6	8	25	13	11,0	8,64	26,5	27,1
10	100	50	6	8,5	30	13	13,5	10,60	41,2	41,4
12	120	55	7	9	30	16	17,0	13,35	60,7	54,9
14	140	60	7	10	35	16	20,4	16,01	86,4	68,1
16	160	65	7,5	10,5	35	20	24,0	18,84	116	81,5
18	180	70	8	11	40	20	28,0	21,98	150	94,7
20	200	75	8,5	11,5	40	20	32,2	25,28	191	107,8
22	220	80	9	12,5	45	23	37,4	29,36	245	120,5
24	240	85	9,5	13	45	23	42,3	33,21	300	133,4
26	260	90	10	14	50	23	48,3	37,92	371	146,0
28	280	95	10	15	50	23	53,3	41,84	448	159,4
30	300	100	10	16	55	26	58,8	46,16	535	172,4

Profil- Nummer	Tragfähigkeit in kg von beiderseits freilagernden [-Trägern, Steg senkrecht, mit Berücksichtigung des Eigengewichtes									
	Gleichmäßig verteilte Last					Einzellast				
	Entfernung der Auflagermitten in Meter					Entfernung der Auflagermitten in Meter				
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
3	195	85	45	17	—	95	40	20	8	—
4	325	140	85	45	19	160	70	40	20	10
5	500	230	135	80	55	245	115	65	40	25
6 ^{1/2}	835	395	240	155	100	415	200	120	75	50
8	1250	600	390	250	165	625	300	195	125	80
10	1950	950	600	410	290	975	475	300	200	145
12	2880	1400	890	620	450	1440	700	440	310	225
14	4100	2000	1250	900	670	2050	1000	625	450	325
16	5500	2700	1780	1240	925	2750	1350	875	620	460
18	7150	3500	2250	1625	1220	3575	1750	1100	800	600
20	9100	4450	2900	2080	1575	4550	2200	1450	1050	775
22	11700	5750	3750	2700	2050	5850	2850	1850	1350	1000
24	14350	7050	4600	3300	2500	7150	3500	2300	1650	1250
26	17700	8750	5700	4150	3240	8850	4350	2850	2075	1600
28	21400	10600	6900	5050	3880	10700	5300	3450	2500	1900
30	25600	12650	8300	6050	4675	12800	6300	4100	3000	2300

C-Eisen für den Eisenbahnwagenbau. (Deutsche Abmessungen.)

Profil- Nummer	Höhe <i>h</i> mm	Breite <i>b</i> mm	Stegstärke <i>d</i> mm	Flansch- stärke <i>t</i> mm	Wurzel- maß <i>c</i> mm	Niet- durch- messer <i>d₁</i> mm	Quer- schnitt <i>F</i> cm ²	Gewicht <i>G</i> kg/m	Wider- stands- moment <i>W_x</i> cm ³	Abstand <i>i</i> mm
10 ¹ / ₂	105	65	8	8	35	20	17,3	13,58	54,7	34,6
11 ³ / ₄	117,5	65	10	10	35	23	22,6	17,74	76,1	42,7
14 ¹ / ₂	145	60	8	8	35	20	19,8	15,54	80,7	73,6
23 ¹ / ₂	235	90	10	12	50	23	42,4	33,28	292	127
26	260	90	10	10	50	23	41,6	32,66	300	148
30	300	75	10	10	40	23	42,8	33,60	328	181

T-Eisen. (Deutsche Abmessungen.)



Normallängen = 4—12 m.

Lagerlängen = 4—12 m in Abstufungen von
250 mm.

Die Stärken *d* sind in den Abständen $\frac{1}{2} h$
bzw. $\frac{1}{4} b$ von außen gemessen.

Neigung an jeder Seite des Steges = 4 v. H.; am Fuße = 2 v. H.

Breitflanschige T-Eisen $\frac{b}{h} = \frac{2}{1}$

Profil- Nummer	Breite <i>b</i> mm	Höhe <i>h</i> mm	Stärke <i>d</i> mm	Wurzel- maß <i>c</i> mm	Niet- durch- messer <i>d</i> mm	Quer- schnitt <i>F</i> cm ²	Gewicht <i>G</i> kg/m
6/3	60	30	5,5	32	10	4,64	3,64
7/3 ¹ / ₂	70	35	6	36	13	5,94	4,66
8/4	80	40	7	40	13	7,91	6,21
9/4 ¹ / ₂	90	45	8	46	13	10,2	8,01
10/5	100	50	8,5	52	16	12,0	9,42
12/6	120	60	10	60	16	17,0	13,35
14/7	140	70	11,5	70	20	22,8	17,90
16/8	160	80	13	80	23	29,5	23,16
18/9	180	90	14,5	90	23	37,0	29,05
20/10	200	100	16	100	26	45,4	35,64

Hochstegige T-Eisen $\frac{b}{h} = \frac{1}{1}$.

(Deutsche Abmessungen.)

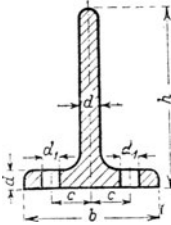
Normallängen = 4 bis einschließlich 12 m.

Lagerlängen = 4 — 12 m in Abstufungen von 250 mm.

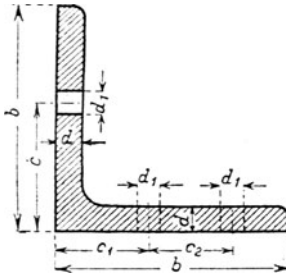
$h = b$; $d = 0,1 h + 1$ mm;

d in der Entfernung $\frac{b}{4}$ bzw. $\frac{h}{2}$ von der Außenkante gemessen;

Neigung im Fuß 2 v. H.; an jeder Seite des Steges 2 v. H.



Profil- Nummer	Ab- messungen		Wurzel- maß c mm	Niet- durch- messer d1 mm	Quer- schnitt F qcm	Gewicht G kg/m	Wider- stands- moment We _x cm ³
	b = h mm	d mm					
2/2	20	3,0	—	—	1,12	0,88	0,27
2½/2½	25	3,5	—	—	1,64	1,29	0,49
3/3	30	4,0	—	—	2,26	1,77	0,80
3½/3½	35	4,5	—	—	2,97	2,33	1,24
4/4	40	5,0	24	6	3,77	2,96	1,83
4½/4½	45	5,5	26	6	4,67	3,67	2,51
5/5	50	6,0	30	6	5,66	4,44	3,35
6/6	60	7,0	34	8	7,94	6,23	5,48
7/7	70	8,0	40	10	10,6	8,32	8,79
8/8	80	9,0	48	13	13,6	10,68	12,75
9/9	90	10,0	50	13	17,1	13,42	18,25
10/10	100	11,0	54	16	20,9	16,41	24,66
12/12	120	13,0	70	16	29,6	23,24	41,92
14/14	140	15,0	80	20	39,9	31,32	64,71



Gleichschenklige Winkeleisen.

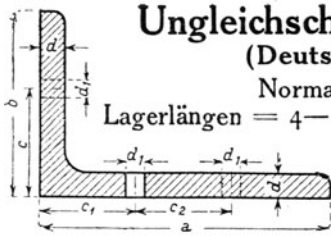
Normallängen = 4 bis einschl. 12 m.

Größte Längen = 12—16 m.

Vorprofile

mit gleicher Schenkelbreite und
1 mm größerer Schenkelstärke
werden gewalzt.

Profil-Nummer	Breite	Stärke	Wurzelmaß	Nietdurchmesser	Querschnitt	Gewicht	Profil-Nummer	Breite	Stärke	Wurzelmaß	Nietdurchmesser	Querschnitt	Gewicht
	b	d											
	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m		mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m
1 1/2	15	{ 3 4	8	6	0,82 1,05	0,64 0,82	7 1/2	75	{ 8 10 12	45	20 20 23	11,5 14,1 16,7	9,03 11,07 13,11
2	20	{ 3 4	12	6	1,12 1,45	0,88 1,14	8	80	{ 8 10 12	45	20 20 23	12,3 15,1 17,9	9,66 11,85 14,05
2 1/2	25	{ 3 4	14	8	1,42 1,85	1,12 1,45							
3	30	{ 4 6	16	8	2,27 3,27	1,78 2,57	9	90	{ 9 11 13	50	20 20 23	15,5 18,7 21,8	12,17 14,68 17,11
3 1/2	35	{ 4 6	20	10	2,67 3,87	2,10 3,04							
4	40	{ 4 6 8	22	10	3,08	2,42	10	100	{ 10 12 14	55	20 23 23	19,2 22,7 26,2	15,07 17,82 20,57
					4,48	3,52							
4 1/2	45	{ 5 7 9	25	13	5,80	4,55	11	110	{ 10 12 14	45 25	20 23 23	21,2 25,1 29,0	16,64 19,70 22,77
					4,30	3,38							
5	50	{ 5 7 9	28	13	5,86	4,60	12	120	{ 11 13 15	50 30	23 26 26	25,4 29,7 33,9	19,94 23,31 26,61
					7,34	5,76							
5 1/2	55	{ 6 8 10	30	16	6,47	5,15	13	130	{ 12 14 16	50 40	23 26 26	30,0 34,7 39,3	23,55 27,24 30,85
					8,24	6,47							
6	60	{ 6 8 10	35	16	6,31	4,95	14	140	{ 13 15 17	55 45	26	35,0 40,0 45,0	27,48 31,40 35,33
					9,03	7,09							
6 1/2	65	{ 7 9 11	35	20	11,07	8,69	15	150	{ 14 16 18	55 55	26	40,3 45,7 51,0	31,64 35,87 40,04
					8,70	6,83							
7	70	{ 7 9 11	40	20	10,98	8,62	16	160	{ 15 17 19	60 55	26	46,1 51,8 57,5	36,19 40,66 45,14
					14,3	11,23							



Ungleichschenklige Winkeleisen.

(Deutsche Abmessungen.)

Normallängen = 4—12 m.

Lagerlängen = 4—14 m in Abstufungen von 250 mm.

Vorprofile

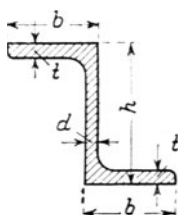
mit gleichen Schenkelbreiten und
1 mm größerer Schenkelstärke
werden gewalzt.

Verhältnis der Schenkellängen 1 : 1½.

Profil- Nummer	Abmessungen			Wurzelmaß			Niet- durch- messer d_1 mm	Quer- schnitt F cm ²	Gewicht G kg/m
	b mm	a mm	d mm	c mm	c_1 mm	c_2 mm			
2/3	20	30	{ 3	—	18	—	10	1,42	1,11
			{ 4					1,85	1,45
3/4½	30	45	{ 4	—	25	—	13	2,87	2,25
			{ 5					3,53	2,77
4/6	40	60	{ 5	—	35	—	16	4,79	3,76
			{ 7					6,55	5,14
5/7½	50	75	{ 7	—	45	—	20	8,33	6,54
			{ 9					10,5	8,24
6½/10	65	100	{ 9	35	55	—	20	14,2	11,15
			{ 11					17,1	13,42
8/12	80	120	{ 10	45	50	30	20	19,1	14,99
			{ 12					22,7	17,82
10/15	100	150	{ 12	55	60	50	23	28,7	22,53
			{ 14					33,2	26,06

Verhältnis der Schenkellängen 1 : 2.

Profil- Nummer	Abmessungen			Wurzelmaß			Niet- durch- messer d_1 mm	Quer- schnitt F cm ²	Gewicht G kg/m
	b mm	a mm	d mm	c mm	c_1 mm	c_2 mm			
2/4	20	40	{ 3	—	22	—	13	1,72	1,35
			{ 4					2,25	1,77
3/6	30	60	{ 5	—	35	—	16	4,29	3,37
			{ 7					5,85	4,59
4/8	40	80	{ 6	—	45	—	20	6,89	5,41
			{ 8					9,01	7,07
5/10	50	100	{ 8	—	55	—	20	11,5	9,03
			{ 10					14,1	11,07
6½/13	65	130	{ 11	35	50	40	20	18,6	14,60
			{ 12					22,1	17,35
8/16	80	160	{ 12	45	60	55	23	27,5	21,59
			{ 14					31,8	24,96
10/20	100	200	{ 14	55	60	95	26	40,3	31,64
			{ 16					45,7	35,87



L-Eisen. (Deutsche Abmessungen.)

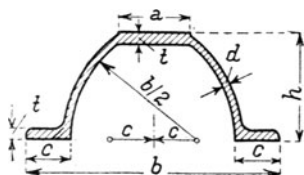
Normallängen = 4–10 m.

Lagerlängen = 4–12 m

in Abstufungen von 250 mm.

Die inneren Flansflächen sind den
äußeren parallel.

Profil- Nummer	Höhe h mm	Breite b mm	Stegstärke d mm	Flansch- stärke t mm	Quer- schnitt F cm ²	Gewicht G kg/m
3	30	38	4	4,5	4,32	3,39
4	40	40	4,5	5	5,43	4,26
5	50	43	5	5,5	6,77	5,31
6	60	45	5	6	7,91	6,21
8	80	50	6	7	11,1	8,71
10	100	55	6,5	8	14,5	11,38
12	120	60	7	9	18,2	14,29
14	140	65	8	10	22,9	17,98
16	160	70	8,5	11	27,5	21,59
18	180	75	9,5	12	33,3	26,14
20	200	80	10	13	38,7	30,38



Belag-Eisen.

(Deutsche Abmessungen.)

Normallängen = 4–12 m.

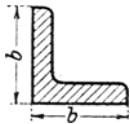
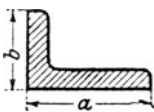
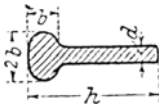
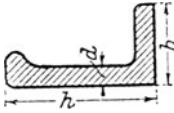
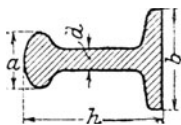
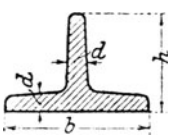
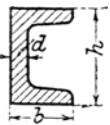
Lagerlängen = 4–12 m

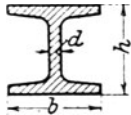
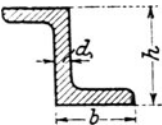
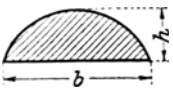
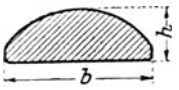
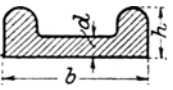
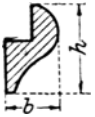
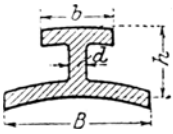
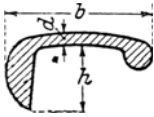
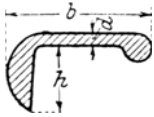
in Abstufungen von 250 mm.

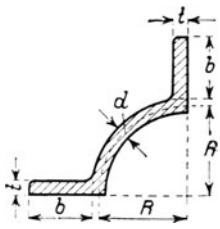
Profil- Nummer	Höhe h mm	Breite			Steg- stärke d mm	Fuß- und Kopf- stärke t mm	Quer- schnitt F cm ²	Gewicht G kg/m
		obere a mm	untere b mm	am Fuße c mm				
5	50	33	120	21	3	5	6,74	5,29
6	60	38	140	24	3,5	6	9,33	7,32
7 ^{1/2}	75	45,5	170	28,5	4	7	13,2	10,36
9	90	53	200	33	4,5	8	17,9	14,05
11	110	63	240	39	5	9	24,2	19,00

Profile für Schiffbauzwecke.

Genau Abmessungen im „Verzeichnis der Schiffbau-Normalprofile“
herausgegeben durch das
Schiffbaustahl-Kontor, G. m. b. H., Essen-Ruhr.

Querschnitt	Bezeichnung	Abmessungen in mm
	Gleichschenklige Winkleisen 22 Größen	$b = 15$ bis 160
	Ungleichschenklige Winkleisen 46 Größen	$a = 30$ bis 250 $b = 20$ „ 115
	Flachwulste 11 Größen	$h = 130$ bis 320 $d = 6$ „ $17,5$ $b = 14$ „ 30
	Wulstwinkel 22 Größen	$h = 100$ bis 180 $d = 7,5$ „ 11 $b = 65$ „ 85
	T-Wulstprofile 9 Größen	$h = 150$ bis 300 $d = 9,5$ „ 15 $b = 120$ „ 160 $a = 38$ „ 60
	T-Profile 1. breitfüßige, 11 Größen 2. hochstegige, 5 Größen	1 $\left\{ \begin{array}{l} h = 30 \text{ bis } 150 \\ d = 5,5 \text{ „ } 19 \\ b = 60 \text{ „ } 200 \end{array} \right.$ 2 $\left\{ \begin{array}{l} h = b = 80 \text{ bis } 140 \\ d = 9 \text{ bis } 15 \end{array} \right.$
	C-Profile 18 Größen	$h = 140$ bis 340 $d = 10$ „ 18 $b = 80$ „ 100

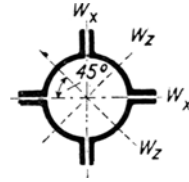
Querschnitt	Bezeichnung	Abmessungen in mm
	Breitflanschtige I-Profile 6 Größen	$h = b = 180$ bis 260 $d = 8,5$ bis 11
	L-Profile 11 Größen	$h = 30$ bis 200 $d = 4$ „ 10 $b = 38$ „ 80
	Halbrund-Profile scharfkantig 6 Größen	$h = 8$ bis 15 $b = 30$ „ 55
	Halbrund-Profile m. abgerundeten Kanten 4 Größen	$h = 9$ bis 18 $b = 50$ „ 90
	Hespen-Profile 9 Größen	$h = 7$ bis 17 $b = 20$ „ 70 $d = 3$ „ 9
	Luken-Profile 5 Größen	$h = 65$ bis $149,2$ $b = 35$ „ $85,7$
	Jackstag-Profil 1 Größe	$B = 100$; $b = 50$ $h = 45$; $d = 13$
	Reeling-Profile Rundrücken 4 Größen	$h = 30$ bis 50 $b = 75$ „ 125 $d = 5,5$ „ 11
	Reeling-Profile Flachrücken 7 Größen	$h = 40$ bis 63 $b = 80$ „ 180 $d = 7$ „ 13



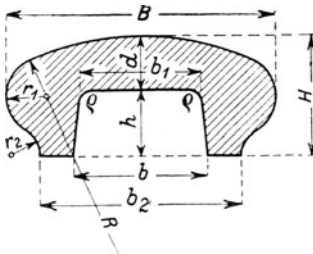
Quadranteisen. (Deutsche Abmessungen.)

Normallängen = 1—10 m.
Lagerlängen = 5—14 m
in Abstufungen von 500 mm.

Vorprofile
mit 1 mm größeren Stärken
werden gewalzt.



Profil- Nummer	Abmessungen				Quer- schnitt des vollen Rohres <i>F</i> cm ²	Gewicht des vollen Rohres <i>G</i> kg/m	Wider- stands- moment des vollen Rohres <i>W_x</i> =min. cm ³
	<i>R</i> mm	<i>b</i> mm	<i>d</i> mm	<i>t</i> mm			
5	50	35	4	6	29,8	23,39	66,2
5	50	35	8	8	48,0	37,68	102
7 1/2	75	40	6	8	54,8	43,10	175
7 1/2	75	40	10	10	80,0	62,96	248
10	100	45	8	10	88,0	69,16	367
10	100	45	12	12	120,0	94,20	495
12 1/2	125	50	10	12	128,8	101,27	675
12 1/2	125	50	14	14	168,8	132,67	867
15	150	55	18	17	178,4	140,52	1120
15	150	55	18	17	250,4	195,47	1510



Handläufer-Eisen.

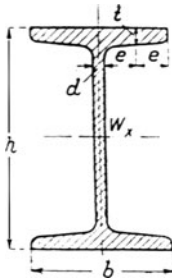
(Handleisten-Eisen.)

(Deutsche Abmessungen.)

Normallängen = 4—8 m.
Größte Längen = 12—16 m.

Obere Abrundung
mit dem Halbmesser $R = B$.

Profil- Nummer	Abmessungen											Quer- schnitt <i>F</i> cm ²	Gewicht <i>G</i> kg/m
	<i>B</i> mm	<i>H</i> mm	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	<i>R</i> mm	<i>d</i> mm	<i>r₁</i> mm	<i>r₂</i> mm	<i>ρ</i> mm	<i>b₁</i> mm	<i>b₂</i> mm		
4	40	18	20	10	40	8	6	4	2	18	30	4,17	3,27
6	60	27	30	15	60	12	9	6	3	27	45	9,43	7,40
8	80	36	40	20	80	16	12	8	4	36	60	16,7	13,11
10	100	45	50	25	100	20	15	10	5	45	75	26,0	20,41
12	120	54	60	30	120	24	18	12	6	54	90	37,7	29,59



Gewalzte I-Eisen.

(Österreichisch-Ungarische Abmessungen.)

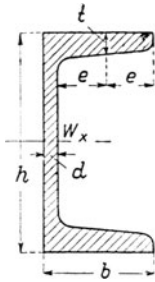
Nach den Normalprofil-Typen des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Zulässige Beanspruchung laut Bauverordnung vom 1. März 1914 1200 kg/cm².

Normallängen = 10 m; größte Längen = 10—14 m.

Profil Nr.	Höhe <i>h</i> mm	Breite <i>b</i> mm	Stegstärke <i>d</i> mm	Flanschstärke <i>t</i> mm	Querschnitt <i>F</i> cm ²	Gewicht <i>G</i> kg/m	Widerstandsmoment <i>W_x</i> cm ³
8	80	52	4,0	6,0	8,96	7,0	24,02
10	100	60	4,5	7,0	12,27	9,6	41,16
12	120	58	5,1	7,7	14,27	11,1	55,2
13	130	72	5,5	8,5	18,46	14,4	79,78
14	140	66	5,7	8,6	18,35	14,3	82,67
15	150	70	6,0	9,0	20,52	16,0	98,95
16	160	84	6,5	9,5	25,13	19,7	132,1
18	180	90	7,0	11,0	30,86	24,1	182,87
20	200	96	8,0	12,0	37,12	29,0	240,2
22	220	102	9,0	13,0	43,98	34,4	308,38
24	240	108	9,5	14,5	51,37	40,2	394,23
24a	240	135	9,5	14,5	59,2	46,2	477,29
26	260	114	10,5	15,5	59,39	46,3	487,65
28	280	120	11,0	17,0	67,86	52,9	602,12
28a	280	150	11,0	17,0	78,06	60,9	728,28
30	300	126	12,0	18,0	77,04	60,5	724,68
32	320	132	13,0	19,0	86,82	67,4	862,87
35	350	141	14,0	21,0	102,34	79,8	1111,75
40	400	156	16,0	24,0	131,2	102,3	1615,84
45	450	171	18,0	27,0	163,62	127,6	2252,23
50	500	186	20,0	30,0	199,6	157,1	3036,49

Profil Nr.	Tragfähigkeit in kg des frei aufliegenden Trägers bei gleichmäßiger Belastung und bei Inanspruchnahme von 1200 kg für 1 cm ²									
	Entfernung der Auflagermitten in Meter									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	2304	1152	768	576	—	—	—	—	—	—
10	3960	1968	1308	984	792	—	—	—	—	—
12	5556	2820	1848	1356	996	—	—	—	—	—
13	7668	3828	2556	1908	1536	—	—	—	—	—
14	8160	4080	2724	2040	1632	—	—	—	—	—
15	9984	4992	3324	2496	1992	1464	—	—	—	—
16	12684	6336	4224	3168	2532	2112	—	—	—	—
18	17556	8772	5856	4380	3504	2928	2508	—	—	—
20	23064	11520	7680	5760	4608	3840	3294	—	—	—
22	29604	14796	9864	7392	5916	4932	4224	3700	—	—
24	37848	18924	12612	9456	7560	6300	5400	4728	—	—
24a	45816	22908	15276	11460	9168	7644	6552	5724	—	—
26	46812	23400	15600	11700	9360	7800	6684	5844	—	—
28	57804	28860	19236	14436	11544	9624	8244	7212	6420	—
28a	69912	34956	23292	17472	13980	11652	9984	8736	7764	—
30	69576	34800	23196	17388	13908	11592	9936	8700	7764	—
32	82836	41412	27612	20712	16560	13800	11832	10356	9204	8280
35	106728	53364	35580	26964	21588	17784	15240	13332	11856	10668
40	155112	77556	51708	38784	31020	25848	22164	19392	17232	15516
45	216072	107808	71616	53448	42480	35124	29820	25800	22644	20088
50	262356	131172	87456	65592	52476	43728	37476	32796	30216	26724



┌-Eisen.

(Österreichisch-Ungarische Abmessungen.)

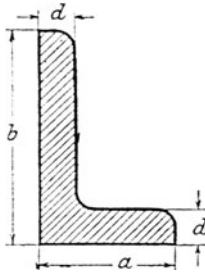
Nach den Normalprofil-Typen des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Zulässige Beanspruchung laut Bauverordnung vom 1. März 1914 1200 kg/cm².

Normallängen = 10 m; größte Längen = 10—14 m.

Profil Nr.	Höhe h mm	Breite b mm	Stegstärke d mm	Flanschstärke t mm	Querschnitt F mm ²	Gewicht G kg/m	Widerstandsmoment W _x cm ³
6	60	40	5,5	8	8,82	6,9	15,84
8	80	45	6	9	11,82	9,2	28,64
10	100	50	6,5	9,5	14,77	11,5	44,8
12	120	55	6	10,5	18,48	14,5	67,31
13	130	52	7	7,75	16,1	12,6	66,47
14	140	60	7,5	11,5	22,05	17,4	93,31
16	160	65	8	12	26,48	20,7	127,98
18	180	70	8,5	12,5	30,68	23,9	165,95
20	200	75	7,5	10	30,2	23,7	175,84
22	220	80	9,5	14	40,64	31,7	267,31
23,5	235	85	8	11,7	36,89	29,2	265,69
24	240	85	10	15	46,6	37,0	333,66
26	260	86	9	13,5	44,19	35,2	344,58
30	300	65	7,5	9	33,4	26,0	258,62

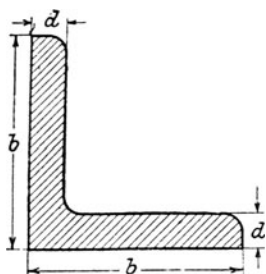
Profil Nr.	Tragfähigkeit in kg des frei aufliegenden Trägers bei gleichmäßiger Belastung und bei einer Inanspruchnahme von 1200 kg für 1 cm ²									
	Entfernung der Auflagermitten in Meter									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	1520	760	506	—	—	—	—	—	—	—
8	2749	1374	915	686	—	—	—	—	—	—
10	4300	2150	1432	1075	—	—	—	—	—	—
12	6460	3230	2152	1615	1291	1076	—	—	—	—
13	6380	3189	2126	1594	1275	1063	—	—	—	—
14	9682	4840	3226	2420	1935	1612	1382	1209	—	—
16	12285	6142	4094	3070	2456	2047	1754	1534	1364	—
18	15902	7908	5223	3867	3043	2482	2074	1761	1512	1305
20	16880	8439	5626	4219	3375	2812	2410	2109	1875	1687
22	25656	12828	8556	6420	5136	4392	3660	3204	2856	2568
23,5	26118	13058	8706	6529	5223	4352	3730	3264	2901	2611
24	33550	16774	11182	8386	6709	5590	4792	4192	3727	3354
26	34128	17064	11376	8532	6825	5688	4874	4266	3792	3412
30	24826	12412	8275	6206	4964	4137	3546	3103	2757	2481



Ungleichschenklige Winkeleisen.

(Österreichisch - Ungarische
Abmessungen.)

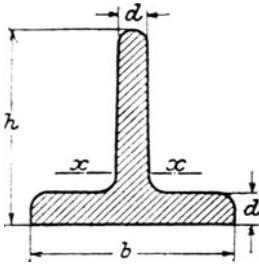
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	Quer- schnitt	Ge- wicht <i>G</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	Quer- schnitt	Ge- wicht <i>G</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	Quer- schnitt	Ge- wicht <i>G</i>
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	mm	mm	mm	cm ²	kg/m
15	30	4	1,64	1,29	50	65	9	9,54	7,45	66	80	11,5	15,4675	12,14
20	30	3	1,41	1,11	50	65	10	10,50	8,24	76	127	9	17,46	13,71
25	32	3	1,62	1,27	50	75	6	7,14	5,60	76	127	10	19,30	15,15
25	38	3	1,80	1,41	50	75	7	8,26	6,48	80	100	8	13,76	10,80
25	44	5	3,20	2,51	50	75	8	9,36	7,35	80	100	10	17,00	13,34
30	45	5	3,50	2,75	50	75	9	10,44	8,19	80	100	12	20,16	15,82
30	45	6	4,14	3,25	50	75	10	11,50	9,03	80	120	10	19,00	14,91
40	60	6	5,64	4,43	50	125	7	11,76	9,23	80	120	12	22,56	17,71
40	60	7	6,51	5,11	50	125	9	14,94	11,73	90	120	10	20,00	15,70
45	60	5	5,00	3,92	50	130	6,5	11,2775	8,85	90	120	12	23,76	18,65
45	60	6	5,94	4,66	60	90	8	11,36	8,92	90	120	14	27,44	21,54
45	60	7	6,86	5,38	60	90	9	12,69	9,96	90	130	10	21,00	16,48
45	60	8	7,76	6,10	60	90	10	14,00	11,00	90	130	12	24,96	19,59
45	60	9	8,64	6,78	64	76	6	8,04	6,31	90	130	14	28,84	22,64
45	60	10	9,50	7,46	64	76	7,5	9,9375	7,80	100	150	13	30,81	24,18
50	65	6	6,54	5,13	64	76	9,5	12,3975	9,73	100	150	14	33,04	25,94
50	65	7	7,56	5,93	66	80	8	11,804	8,67					
50	65	8	8,56	6,72	66	80	9,5	12,9675	10,18					



Gleichschenklige Winkelisen.

(Österreichisch - Ungarische
Abmessungen.)

<i>b</i>	<i>d</i>	Quer- schnitt	Gewicht <i>G</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	Quer- schnitt	Gewicht <i>G</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	Quer- schnitt	Gewicht <i>G</i>
mm	mm	cm ²	kg / m	mm	mm	cm ²	kg / m	mm	mm	cm ²	kg / m
20	3	1,11	0,87	55	7	7,21	5,66	80	12	17,76	13,94
20	4	1,44	1,13	55	8	8,16	6,41	80	13	19,11	15,00
				55	9	9,09	7,13	80	14	20,44	16,04
25	3	1,41	1,11	55	10	10,00	7,85	80	15	21,75	17,07
25	4	1,84	1,44								
25	5	2,25	1,77	60	6	6,84	5,37	85	8	12,96	10,17
				60	7	7,91	6,21	85	9	14,49	11,37
30	3	1,71	1,34	60	8	8,96	7,03	85	10	16,00	12,56
30	4	2,24	1,76	60	9	9,99	7,84	85	12	18,96	14,88
30	5	2,75	2,16	60	10	11,00	8,63				
30	6	3,24	2,54	60	11	11,99	9,41	90	8	13,76	10,80
				60	12	12,96	10,17	90	9	15,39	12,08
								90	10	17,00	13,34
35	3	2,01	1,58					90	11	18,59	14,60
35	4	2,64	2,07	65	7	8,61	6,76	90	12	20,16	15,83
35	5	3,25	2,55	65	8	9,76	7,66	90	13	21,71	17,04
35	6	3,84	3,01	65	9	10,89	8,55	90	18	29,16	22,90
				65	10	12,00	9,42	90	20	32,00	25,12
40	4	3,04	2,39	65	11	13,09	10,27				
40	5	3,75	2,94	65	12	14,16	11,11				
40	6	4,44	3,49					100	10	19,00	14,91
40	7	5,11	4,01	70	7	9,31	7,31	100	12	22,56	17,71
40	8	5,76	4,52	70	8	10,56	8,29	100	14	26,04	20,44
				70	9	11,79	9,25	100	16	29,44	23,11
45	5	4,25	3,34	70	10	13,00	10,21	100	18	32,76	25,72
45	6	5,04	3,96	70	11	14,19	11,14	100	20	36,00	28,26
45	7	5,81	4,56	70	12	15,36	12,06				
45	8	6,56	5,15					110	11	22,99	18,05
				75	8	11,36	8,92	110	13	26,91	21,12
				75	9	12,69	9,96				
50	5	4,75	3,73	75	10	14,00	11,00	120	11	25,19	19,77
50	6	5,64	4,43	75	12	16,56	13,00	120	13	29,51	23,16
50	7	6,51	5,11					120	15	33,75	26,50
50	8	7,36	5,78								
50	9	8,19	6,43	80	8	12,16	9,54				
50	10	9,00	7,06	80	9	13,59	10,67	130	12	29,76	23,36
				80	10	15,00	11,77	130	16	39,04	30,65
55	6	6,24	4,91	80	11	16,39	12,87	130	22	52,36	41,10



T-Eisen. (Österreichisch-Ungarische Abmessungen.)

b	h	d	d_1	Gewicht G	Widerstands- moment W_x	b	h	d	d_1	Gewicht G	Widerstands- moment W_x
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ³	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ³
20	20	3	3	0,93	0,2897	50	50	6	6	4,4	3,7186
22	22	3	3	1,02	0,3549	70	30	7	6	4,6	1,5991
25	25	4	4	1,4	0,5986	70	40	7	7	5,6	2,8498
25	30	4	5	1,8	0,8624	70	55	8	8	7,3	6,0653
30	25	4	4	1,6	0,6144	80	50	7,5	6	6,4	4,8053
32	32	5	5	2,4	1,2300	80	80	9	9	10,6	14,3752
40	40	5	5	2,9	1,9746	95	65	9,5	10	11,6	10,2271
50	33	5	5	3,1	1,3875						

Deutsche Wellblech-Normalprofile.

(Siehe Tafeln auf Seite 130 bis 133.)

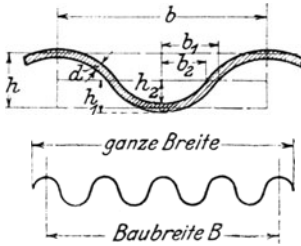
Die Normalprofile sind aufgestellt vom Verein deutscher Eisenhüttenleute, die Berechnungsformeln vom Professor Siegmund Müller, Berlin. Die Zahlenangaben der Profilbezeichnung beziehen sich der Reihenfolge nach auf Wellenbreite, Wellenhöhe, Kernstärke.

Die Wellblechwerke werden von jetzt ab in erster Linie diese Normalprofile herstellen.

Näheres in „Stahl und Eisen“ vom 11. März 1915, Seite 258 bis 265, bzw. in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure vom 13. März 1915, Seite 224 bis 229.

Deutsche Wellblech- aufgestellt vom Verein

Flache Welle aus



Querschnitt für 1 m Breite:

$$F = 12,5 \cdot d \cdot \frac{b}{h} \left\{ \frac{4h}{b} \sqrt{1 + \left(\frac{4h}{b}\right)^2} + \ln \left[\frac{4h}{b} + \sqrt{1 + \left(\frac{4h}{b}\right)^2} \right] \right\} \text{ cm}^2$$

Profilbezeichnung	Breite <i>b</i> mm	Höhe <i>h</i> mm	Kern- stärke <i>d</i> mm	Normale Baubreite <i>B</i> mm	Quer- schnitt für 1 m Breite <i>F</i> cm ²	Gewicht ohne Über- deckungen <i>g</i> kg/m ²
\bar{U} <ul style="list-style-type: none"> NP 60 · 20 · 3/4 NP 60 · 20 · 7/8 NP 60 · 20 · 1 NP 60 · 20 · 1 1/4 	60	20	3/4	720	10,15	8,12
			7/8		11,84	9,47
			1		13,53	10,82
			1 1/4		16,92	13,52
\bar{U} <ul style="list-style-type: none"> NP 76 · 20 · 3/4 NP 76 · 20 · 7/8 NP 76 · 20 · 1 NP 76 · 20 · 1 1/4 NP 76 · 20 · 1 1/2 	76	20	3/4	760	8,72	6,78
			7/8		10,17	8,13
			1		11,63	9,30
			1 1/4		14,54	11,63
			1 1/2		17,44	13,95
\bar{U} <ul style="list-style-type: none"> NP 100 · 30 · 3/4 NP 100 · 30 · 7/8 NP 100 · 30 · 1 NP 100 · 30 · 1 1/4 NP 100 · 30 · 1 1/2 	100	30	3/4	800	9,02	7,22
			7/8		10,51	8,42
			1		12,03	9,62
			1 1/4		15,04	12,03
			1 1/2		18,05	14,44
\bar{U} <ul style="list-style-type: none"> NP 100 · 40 · 3/4 NP 100 · 40 · 7/8 NP 100 · 40 · 1 NP 100 · 40 · 1 1/4 NP 100 · 40 · 1 1/2 	100	40	3/4	700	10,00	8,00
			7/8		11,67	9,35
			1		13,34	10,67
			1 1/4		16,68	13,34
			1 1/2		20,00	16,00
\bar{U} <ul style="list-style-type: none"> NP 135 · 30 · 3/4 NP 135 · 30 · 7/8 NP 135 · 30 · 1 NP 135 · 30 · 1 1/4 NP 135 · 30 · 1 1/2 	135	30	3/4	810	8,62	6,89
			7/8		10,05	8,04
			1		11,49	9,19
			1 1/4		14,36	11,49
			1 1/2		17,24	13,78
\bar{U} <ul style="list-style-type: none"> NP 150 · 40 · 3/4 NP 150 · 40 · 7/8 NP 150 · 40 · 1 NP 150 · 40 · 1 1/4 NP 150 · 40 · 1 1/2 	150	40	3/4	750	8,72	6,88
			7/8		10,18	8,17
			1		11,63	9,30
			1 1/4		14,55	11,63
			1 1/2		17,45	13,96
\bar{U} <ul style="list-style-type: none"> NP 150 · 60 · 1 NP 150 · 60 · 1 1/4 NP 150 · 60 · 1 1/2 NP 150 · 60 · 2 	150	60	1	600	13,34	10,67
			1 1/4		16,68	13,34
			1 1/2		20,00	16,00
			2		26,68	21,34

Normalprofile, deutscher Eisenhüttenleute.

Wellbleche.

Parabelbogen. Gewicht für 1 m Breite: $g = 0,8 F \text{ kg}$.

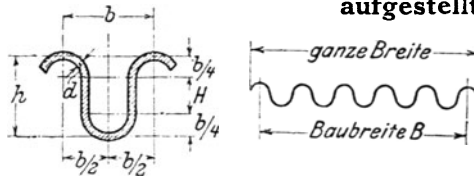
$$\text{Trägheitsmoment für 1 m Breite: } J = \frac{1280}{21} \cdot \frac{1}{b} (b_1 h_1^3 - b_2 h_2^3) \text{ cm}^4$$

$$\text{Widerstandsmoment für 1 m Breite: } W = \frac{2J}{h+d} \text{ cm}^3,$$

$$\text{wobei } \begin{array}{l} h_1 = 1/2 (h + d) \\ h_2 = 1/2 (h - d) \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} b_1 = 1/4 (b + 2,6 d) \\ b_2 = 1/4 (b - 2,6 d) \end{array} \right.$$

Widerstands- moment für 1 m Breite W cm ³	Zulässige gleichmäßige Belastung für gerades Wellblech in kg/m ² bei einer Beanspruchung von 1400 kg/cm ² und einer Freilänge von m						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
4,267	478	212	119	76	53	39	30
4,948	552	246	139	89	62	45	35
5,627	630	280	157	101	70	52	39
6,957	779	346	195	125	87	64	49
4,063	455	202	114	73	51	37	28
4,714	528	235	132	85	59	43	33
5,357	600	267	150	96	67	49	38
6,626	742	330	186	119	82	61	46
7,870	881	392	220	141	98	72	55
6,325	708	315	177	113	79	58	44
7,351	825	366	206	132	92	67	52
8,369	937	417	234	150	105	77	59
10,384	1163	517	291	186	129	95	73
12,370	1385	615	346	222	154	113	87
9,068	1015	451	254	162	113	83	63
10,543	1180	524	295	189	131	96	74
12,020	1346	598	337	215	150	110	84
14,939	1674	744	418	268	186	137	105
17,827	1996	887	499	320	222	163	125
5,987	670	298	168	107	75	55	42
6,957	779	346	195	125	87	64	49
7,921	887	395	222	142	99	72	55
9,826	1100	489	275	176	122	90	69
11,705	1311	582	328	210	146	107	82
8,290	929	413	232	149	103	76	58
9,642	1080	480	270	173	120	88	68
10,987	1230	548	307	197	137	100	77
13,655	1530	680	382	245	170	125	96
16,293	1825	811	456	292	203	149	114
18,171	2035	905	509	325	226	166	127
22,625	2534	1126	633	405	282	207	158
27,044	3030	1346	757	485	337	247	189
35,786	4008	1782	1002	641	445	327	250

Deutsche Wellblech- aufgestellt vom Verein



**Träger-
Welle aus**

Querschnitt für 1 m Breite:

$$F = 100 d \cdot \frac{1}{b} \left(\pi \frac{b}{2} + 2 H \right) \text{ cm}^2, \text{ wobei } H = h - \frac{1}{2} b$$

Gewicht für 1 m Breite: $g = 0,8 F \text{ kg}$.

Profilbezeichnung	Breite <i>b</i> mm	Höhe <i>h</i> mm	Kern- stärke <i>d</i> mm	Normale Baubreite <i>B</i> mm	Quer- schnitt für 1 m Breite <i>F</i> cm ²	Gewicht ohneÜber- deckungen <i>g</i> kg/m ²
U { NP 90 · 70 · 1 NP 90 · 70 · 1 1/4 NP 90 · 70 · 1 1/2 NP 90 · 70 · 2	90	70	1	450	21,25	17,00
			1 1/4		26,58	21,25
			1 1/2		31,88	25,50
			2		42,50	34,00
U { NP 100 · 50 · 1 NP 100 · 50 · 1 1/4 NP 100 · 50 · 1 1/2 NP 100 · 50 · 2	100	50	1	600	15,70	12,56
			1 1/4		19,62	15,70
			1 1/2		23,56	18,84
			2		31,40	25,12
U { NP 100 · 60 · 1 NP 100 · 60 · 1 1/4 NP 100 · 60 · 1 1/2 NP 100 · 60 · 2	100	60	1	500	17,70	14,16
			1 1/4		22,12	17,70
			1 1/2		26,57	21,22
			2		35,40	28,32
U { NP 100 · 80 · 1 1/4 NP 100 · 80 · 1 1/2 NP 100 · 80 · 2	100	80	1 1/4	400	27,12	21,68
			1 1/2		32,54	26,05
			2		43,40	34,74
U { NP 100 · 100 · 1 1/4 NP 100 · 100 · 1 1/2 NP 100 · 100 · 2	100	100	1 1/4	400	32,11	25,68
			1 1/2		38,58	30,84
			2		51,40	41,12

Rolladen-

Abmessungen und Rechnungsgrundlagen

Profilbezeichnung	Breite <i>b</i> mm	Höhe <i>h</i> mm	Kern- stärke <i>d</i> mm	Normale Baubreite <i>B</i> mm	Quer- schnitt für 1 m Breite <i>F</i> cm ²	Gewicht ohneÜber- deckungen <i>g</i> kg/m ²
U { NP 30 · 15 · 1/2 NP 30 · 15 · 3/4	30	15	1/2	600	7,42	5,93
			3/4		11,13	8,91
U { NP 40 · 20 · 1/2 NP 40 · 20 · 3/4 NP 40 · 20 · 1	40	20	1/2	600	7,42	5,93
			3/4		11,13	8,90
			1		14,84	11,86

Normalprofile, deutscher Eisenhüttenleute.

Wellbleche.

Kreisbogen.

Trägheitsmoment für 1 m Breite:

$$J = 25 d \cdot \frac{1}{b} \left(\frac{\pi}{16} b^3 + b^2 H + \frac{\pi}{2} b H^2 + \frac{2}{3} H^3 \right) \text{cm}^4$$

Widerstandsmoment für 1 m Breite:

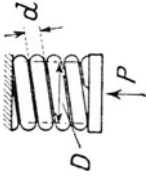
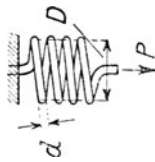
$$W = \frac{2J}{h+d} \text{cm}^3$$

Widerstands- moment für 1 m Breite W cm ³	Zulässige gleichmäßige Belastung für gerades Wellblech in kg/m ² bei einer Beanspruchung von 1400 kg/cm ² und einer Freilänge von m						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
34,774	3890	1729	974	623	432	318	243
43,315	4852	2156	1213	776	539	396	303
51,797	5800	2579	1450	928	645	477	363
68,583	7678	3413	1918	1228	853	621	480
19,266	2158	960	540	345	240	176	135
23,957	2676	1190	671	428	298	218	167
28,609	3194	1426	800	513	356	260	199
37,778	4230	1880	1057	677	470	345	264
25,633	2872	1276	718	459	319	234	179
31,911	3572	1588	893	572	398	292	223
38,137	4270	1898	1067	683	475	349	267
50,439	5648	2511	1412	904	628	461	353
50,440	5648	2511	1412	904	628	461	353
60,342	6675	3001	1690	1082	752	553	423
79,966	8950	3980	2238	1432	995	732	558
72,369	8102	3602	2025	1297	901	662	506
86,629	9700	4310	2430	1554	1077	792	606
114,939	12860	5718	3218	2059	1429	1051	805

Wellbleche.

wie bei flachen Wellblechen.

Widerstands- moment für 1 m Breite W cm ³	Zulässige gleichmäßige Belastung für gerades Wellblech in kg/m ² bei einer Beanspruchung von 1400 kg/cm ² und einer Freilänge von m						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
2,381	267	119	67	43	30	22	17
3,520	394	175	99	63	44	32	25
3,199	358	159	90	57	40	29	22
4,744	531	236	133	85	59	43	33
6,258	702	311	175	112	78	57	44



Schraubenfedern.

Äußerer Durchmesser der gewundenen Feder A mm	Drahtdurchmesser d in mm															
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	12	15
	Zulässige Belastung in Kilogramm															
	$\frac{P}{F}$ = Verlängerung bzw. Verkürzung einer Windung in mm durch Belastung von P															
10	$\frac{1,750}{1,36}$	$\frac{6,200}{0,8}$	$\frac{15,2}{0,53}$	$\frac{32}{0,38}$	$\frac{60}{0,28}$											
12	$\frac{1,400}{2,02}$	$\frac{5,00}{1,22}$	$\frac{12,2}{0,85}$	$\frac{25}{0,6}$	$\frac{47}{0,45}$	80										
15	$\frac{1,100}{3,3}$	$\frac{3,9}{2,05}$	$\frac{9,5}{1,4}$	$\frac{19}{1,05}$	$\frac{35}{0,8}$	58	90	135								
20	$\frac{0,830}{6}$	$\frac{2,8}{3,8}$	$\frac{6,8}{2,7}$	$\frac{14}{2,1}$	$\frac{25}{1,6}$	41	62	92	130	240						
25	$\frac{0,630}{9,6}$	$\frac{2,25}{6,2}$	$\frac{5,3}{4,4}$	$\frac{10}{3,5}$	$\frac{19}{2,7}$	31	46	68	97	180	295					
30	$\frac{0,540}{14}$	$\frac{1,85}{9}$	$\frac{4,4}{6,6}$	$\frac{8,5}{5}$	$\frac{15,5}{4}$	2,2	1,85	1,56	1,35	1,1	0,78	360				
35	$\frac{0,460}{19,5}$	$\frac{1,55}{11,6}$	$\frac{3,7}{9}$	$\frac{7,5}{7}$	$\frac{13}{5,8}$	2,2	2,85	2,45	2,1	1,6	1,3	1,2	430			
40	$\frac{0,400}{25,5}$	$\frac{1,35}{16,5}$	$\frac{3,2}{12}$	$\frac{6,5}{9,5}$	$\frac{11,5}{7,7}$	18,5	27,5	40	56	100	160	250	370	520	960	
1						6,4	5,5	4,7	4,1	3,25	2,65	2,15	1,8	1,5	1,1	
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
45	0,350 34	1,2 21	2,8 15,5	5,5 12,5	10 9,8	16 8,2	24 7	35 6,3	49 5,4	87 4,25	140 3,5	215 2,9	315 2,4	450 2,05	820 1,5	1750 1
50	0,320 40	1,1 26	2,5 19	5 15	12,5 10,4	14,5 10,4	21,5 9	31 7,8	43 6,8	77 5,4	125 4,5	190 3,7	275 3,15	390 2,7	700 2,05	1500 1,35
60	0,265 58	0,9 38	2,1 28	4 22,5	7,5 18	12 15,3	18 13	25 11,5	35 10,4	63 8,1	100 6,7	150 5,7	225 4,9	315 4,2	560 3,25	1150 2,3
70	0,225 80	0,75 52	1,8 39	3,5 30	6,3 25	10 22	15 18	22 16	30 14	53 12,1	85 9,5	130 8	185 7	260 6	460 4,7	930 3,4
80	0,200 105	0,65 69	1,58 52	3 40	5,5 33	8,8 30	13 24,5	19 21,5	26 19	46 15	73 12,5	110 11	160 9,4	225 8,2	400 6,5	800 4,7
90	0,175 135	0,6 88	1,4 67	2,8 52	4,8 43	7,8 36	11,5 31	17 26,5	23 24	39 20	64 16,5	98 14	140 12,2	200 10,8	345 8,5	700 6,3
100	0,152 108	0,52 108	1,25 80	2,5 64	4,3 53	7 45	10,5 39	15 34	20,5 30	36 24,5	57 21	87 18	125 15,5	175 13,5	310 11	625 8,1
120	0,45 155	1,02 110	2 92	3,6 78	5,8 65	8,5 65	12 57	17 50	30 45	47 36	70 30	100 27	140 23	205 20,5	250 16,5	500 12,5
150	0,35 250	0,83 250	1,6 180	2,8 178	4,6 120	6,7 103	9,8 90	13,5 80	20,5 71	36,5 58	56 49	80 42	110 37	195 33	390 27	930 20,5

In dieser Tafel wurde die zulässige Verdrehungsspannung $kd = 4000 \text{ kg/cm}^2$ gesetzt und der Gleitmodul G mit 750000 kg/cm^2 angenommen. Stehen die Federn unter rasch wechselnder Belastung, wie dies bei hin- und hergehenden Maschinenteilen der Fall ist, so gehe man höchstens bis zur Hälfte der zulässigen Belastung. — Die Tafel wurde aufgestellt nach der Formel:

$$P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot kd}{16 r} \quad r = \frac{\text{äußerer Durchmesser} - d}{2}$$

$$f = \frac{64 \cdot n \cdot r^3 \cdot P}{d^4 \cdot G} \quad n = \text{Anzahl der Windungen.}$$

Spezifische Gewichte.

a) Feste Körper.

Achat	2,59	Feuerstein	2,59
Alabaster	2,3-2,88	Flußspat	3,15
Alaun	1,71	Gips, gegossen, trocken	0,97
Aluminium, rein	2,6	„ „ gebrannt	1,81
„ gegossen	2,56	Glas, Spiegel	2,46
„ gehämmert	2,75	„ Fenster	2,4-2,65
Aluminiumbronze	7,7	„ Kristall	2,90
Antimon	6,7	„ Flint	3,15-3,9
Arsen	5,7	„ Flaschen	2,6
Asbest	2,1-2,8	Glimmer	2,78-3,15
Asbestpappe	1,2	Glockenmetall	8,8
Asphalt	1,1-1,5	Gold, gegiegen	19,33
Basalt	2,9	„ gegossen	19,25
Bergkristall	2,65	„ gezogen	19,36
Bernstein	1,0-1,1	„ geprägt	19,50
Beton	1,8-2,4	Goudron	1,02
Bimstein, natürl.	0,4-0,9	Granit	2,50-3,05
Bittersalz, kristall.	1,7-1,8	Graphit	1,8-2,35
Blei, gegossen	11,3	Gummifabrikate	1,0-2,0
„ gewalzt	11,4	Guttapercha	0,97-0,98
Bleioxyd (Bleiglätte)	9,2-9,5	Harz	1,07
Bleisuperoxyd	8,9	Hooper Masse	1,18
Bleiweiß	6,7	Holz	lufttrocken frisch
Borax	1,75	Ahorn	0,53-0,8 0,83-1,5
Braunkohle	1,2-1,5	Akazie	0,58-0,85 0,75-1,0
Braunstein	3,7-4,6	Apfelbaum	0,66-0,84 0,95-1,25
Bronze (je nach Zinngehalt)	7,4-8,9	Birke	0,51-0,77 0,8-1,1
Buntkupfer	5,0	Birnbäum	0,61-0,73 0,95-1,1
Calcium	1,58	Buchsbaum	0,91-1,16 1,2-1,25
Calciumcarbid	2,27	Ebenholz	1,26
(1 kg ergibt 0,3 m ³ Azetylen.)		Eiche	0,7-1,0 0,93-1,3
Chlorbarium	3,7	Esche	0,57-0,94 0,7-1,15
Chlorcalcium	2,2	Fichte (Rottanne)	0,35-0,6 0,4-1,05
Chlornatrium (Kochsalz)	2,16	Hickory	0,6-0,9
Chrom	6,2-6,8	Kiefer (Föhre)	0,31-0,76 0,4-1,1
Deltametall	8,6	Kirschbaum	0,75-0,85 1,0-1,2
Diamant	3,49-3,53	Lärche	0,47-0,56 0,8
Eis von 00	0,9167	Linde	0,35-0,6 0,6-0,9
Eisen, rein	7,88	Mahagoni	0,55-1,05
Roheisen, grau	6,6-7,8	Nußbaum	0,6-0,8 0,8-1,0
„ weiß	7,0-7,8	Pappel	0,4-0,6 0,6-1,05
Stabeisen	7,6-7,8	Pitchpine	0,83-0,85
Draht	7,6-7,9	Pockholz	1,2-1,4
Flußeisen	7,85	Roßkastanie	0,6 0,75-1,15
Flußstahl	7,86	Rotbuche	0,66-0,83 0,85-1,12
Gußeisen	7,0-7,2	Steineiche	0,7-1,05 0,84-1,25
Gußstahl	7,85	Tanne(Weißtanne)	0,37-0,75 0,75-1,2
Schnellstahl		Teakholz	0,9
bei 5 v. H. Wolfram	etwa 8,10	Ulme (Rüster)	0,56-0,82 0,8-1,2
„ 10 „ „ „	„ 8,35	Weide	0,5-0,6 0,8
„ 15 „ „ „	„ 8,60	Weißbuche	0,6-0,82 0,9-1,25
„ 20 „ „ „	„ 9,00	Holzkohle, in Stücken	0,36
Molybdänstahl	etwa 8,10	„ gestoßen	1,45-1,7
Stahlformguß	7,8	Indigo	0,77
Schweißeisen	7,8	Jod	4,95
Schweißstahl	7,9	Jodsilber	5,62
Tiegelstahl	7,85	Kadmium	8,69
Eisenoxyd (Eisenglanz)	5,25	„ gegossen	8,54-8,57
Eisenvitriol	1,88	Kalium	0,87
Elfenbein	1,87	Kalk, gebrannt	1,55-1,8
Erde	1,35-2,0	Kalkmörtel	1,6-1,8
Feldspat	2,54	Kalksandsteine	1,9
Fette	0,92-0,94	Kaolin (Porzellanerde)	2,2

Kautschuk	0,93	Porzellan	2,15 - 2,36
Kieselerde	2,66	Quarz	2,5
Knochen	1,7 - 2,0	Retortenkohle	ca 1,9
Kobalt, gegossen	8,71	Roteisenstein	4,9
„ gehämmert	9,14	Salmiak	1,52
Kochsalz	2,16	Salpeter	2,09
Kohle, Holz-	0,4	Sand, trocken	1,4 - 1,6
„ Stein-	1,2 - 1,5	„ feucht	bis 2,0
Koks, lose, in Stücken	0,6	Sandstein	2,2 - 2,5
„ zerstoßen	1,25 - 1,4	Schamottesteine	1,8 - 2,2
Kohlenfäden (in Glühlampen)	1,25 - 2,1	Schiefer	2,6 - 2,8
Kohlenstäbe	1,6	Schlacke, Hochofen-	2,5 - 3,0
Kopal	0,5	Schmirgel	3,5 - 4,0
Kork	0,24	Schnee, lose, trocken	0,125
Korund	3,9 - 4,0	„ „ naß	bis 0,95
Kreide	1,8 - 2,7	Schwefel	1,96 - 2,07
Kupfer, gegossen	8,63 - 8,80	Schwerspat	4,45
„ gewalzt	8,82 - 8,95	Selen, amorph	4,2
„ elektrolyt	8,88 - 8,95	Serpentin	2,49
„ -Draht, hart	8,96	Silber, gegossen	10,42 - 10,53
„ „ geglüht	8,86	„ gewalzt	10,5 - 10,6
Kupferglanz (Cu ₂ S)	5,07	„ gezogen	10,5 - 10,62
Kupferkies (Cu Fe S ₂)	4,2	Speckstein	2,6
Kupfervitriol	2,2	Stahl	s. u. Eisen
Leder	0,85 - 1,02	Stearin	0,97
Magnesium	1,69 - 1,75	Steinkohle, im Stück	1,2 - 1,5
Magneteisenstein	5,1	„ lose, in Haufen	0,9 - 1,1
Magnetkies	4,5 - 4,6	Steinsalz	2,28
Mangan	7,14 - 7,51	Strontium	2,54
Marmor	2,65	Talk	2,7
Mauerwerk, Bruchstein	2,5	Tellur	6,38 - 6,42
„ Sandstein	2,0	Ton, trocken	1,8
„ Ziegelstein	1,4 - 1,6	„ frisch	2,5
Meerschäum	1,3	Topas	3,54
Mennige, Blei-	8,6 - 9,1	Turmalin	3,15
Messing, gegossen	8,4 - 8,7	Uran	18,7
„ gewalzt	8,45 - 8,75	Vulkanfaser	1,28
„ gezogen	8,45 - 8,8	Wachs	0,97
Molybdän	8,05	Walrat	0,94
Natrium	0,98	Wismut, gegossen	9,82
Neusilber	8,30 - 8,45	„ flüssig	10,055
Nickel, gegossen	8,30	Wolfram	19,1 - 19,25
„ gehämmert	8,35 - 8,65	Zement	2,72 - 3,05
„ gezogen	8,35 - 8,90	Ziegelstein	1,4 - 2,0
Palladium	11,3	Ziegelmauerwerk, trocken	1,45
Papier	0,7 - 1,15	„ „ frisch	1,6 - 1,8
Paraffin	0,87	Zink, gegossen	6,86
Pech	1,07	„ gehämmert	7,0 - 7,2
Phosphor, gelb	1,83	„ gewalzt	6,95 - 7,15
„ rot	2,19	Zinkvitriol	2,02
„ metallisch	2,34	Zinn, gegossen	7,2
Phosphorbronze	8,8	„ gewalzt	7,4
Platin, gegossen	21,15	Zinnober	8,09
„ gewalzt	21,3 - 21,5	Zucker (weiß)	1,61
„ gezogen	21,3 - 21,6		

b) Flüssige Körper.

Aceton	bei 15 ⁰	0,797
Ammoniakwasser	15 ⁰	1,0138 - 1,021
Alkohol (Äthyl-), rein	15 ⁰	0,7936
„ handelsüblich	15 ⁰	0,809
Äther (Äthyläther)	15 ⁰	0,7937
Benzin	15 ⁰	0,68 - 0,72
Benzol, 90er	15 ⁰	0,88 - 0,885
„ 50er	15 ⁰	0,875 - 0,877
Bier	12 ⁰	1,02 - 1,04
Brom	0 ⁰	3,187

Eiweiß	bei 15 ⁰	1,04
Essigsäure	" 0 ⁰	1,075
Fette	" 15 ⁰	etwa 0,92
Glycerin (wasserfrei)	" 0 ⁰	1,26
" mit 50 v. H. Wasser	" 0 ⁰	1,13
Harzöl	" 15 ⁰	0,96
Holzgeist	" 0 ⁰	0,80
Kalilauge, 11 v. H. KHO	" 15 ⁰	1,10
" 21 " " "	" 15 ⁰	1,20
" 31 " " "	" 15 ⁰	1,30
" 49 " " "	" 15 ⁰	1,50
" 63 " " "	" 15 ⁰	1,70
Kienöl	" 15 ⁰	0,855
Kochsalzlösung (wässrige)		
14 v. H. NaCl	" 15 ⁰	1,10
26 " "	" 15 ⁰	1,20
Kohlensäure	" 0 ⁰	0,94
Kupfervitriol mit		
15 v. H. CuSO ₄ + 5H ₂ O	" 15 ⁰	1,10
28 " " + "	" 15 ⁰	1,15
Leinöl, gekochtes	" 15 ⁰	0,94
Meerwasser	" 4 ⁰	1,026
Milch, Voll-	" 15 ⁰	1,028
" Halb-	" 15 ⁰	1,030
" Mager-	" 15 ⁰	1,032
Mineralöle		
Spindelöle	" 20 ⁰	0,89 - 0,90
Maschinenöle	" 20 ⁰	0,90 - 0,91
Eisenbahnnachsenöle	" 20 ⁰	0,905 - 0,92
Zylinderöle	" 20 ⁰	0,92 - 0,94
Naphta, Petroleum-	" 20 ⁰	0,76
Natronlauge mit		
9 v. H. NaHO	" 15 ⁰	1,10
18 " " "	" 15 ⁰	1,20
27 " " "	" 15 ⁰	1,30
37 " " "	" 15 ⁰	1,40
47 " " "	" 15 ⁰	1,50
Olivenöl	" 15 ⁰	0,92
Petroleum	" 15 ⁰	0,79 - 0,82
Quecksilber	" 0 ⁰	13,595
"	" 15 ⁰	13,559
"	" 20 ⁰	13,546
"	" 25 ⁰	13,533
Rapsöl	" 15 ⁰	0,91 - 0,92
Ricinusöl	" 15 ⁰	0,97
Rüböl	" 15 ⁰	0,91 - 0,92
Salpetersäure mit		
17 v. H. HNO ₃	" 15 ⁰	1,10
47 " " "	" 15 ⁰	1,30
94 " " "	" 15 ⁰	1,50
Salzsäure mit 10 v. H. HCl	" 15 ⁰	1,05
" " 20 " " "	" 15 ⁰	1,10
" " 30 " " "	" 15 ⁰	1,15
" " 40 " " "	" 15 ⁰	1,20
Schwefelsäure mit		
7,5 v. H. H ₂ SO ₄	" 15 ⁰	1,05
27 " " "	" 15 ⁰	1,20
50 " " "	" 15 ⁰	1,40
87 " " "	" 15 ⁰	1,80
rauchende	" 15 ⁰	1,835
Specköl	" 15 ⁰	0,92
Teer, Steinkohlen-	" 15 ⁰	1,1 - 1,26
Terpentinöl	" 15 ⁰	0,87
Wasser, destilliert	" 0 ⁰	0,99987
" " "	" 4 ⁰	1,00000
" " "	" 15 ⁰	0,99913
" " "	" 20 ⁰	0,99823
" " "	" 25 ⁰	0,99707

c) Litergewicht von Gasen und Dämpfen.

(Bei 0° und 760 mm Q.-S.)

Gas oder Dampf	Formel	Molek.-Gew.	Litergewicht g	Spez. Gewicht Luft = 1	Spez. Gewicht der Flüssigkeit Wasser = 1
Aldehyd	C ₂ H ₄ O	44	1,98	1,53	
Ammoniak	NH ₃	17	0,76	0,59	
Äthan	C ₂ H ₆	30	1,34	1,04	
Äther	C ₄ H ₁₀ O	74	3,32	2,56	0,898
Äthylen	C ₂ H ₄	28	1,25	0,97	
(Äthyl) Alkohol	C ₂ H ₆ O	46	2,09	1,61	0,806
Azeton	C ₃ H ₆ O	58	2,59	2,00	0,792
Azetylen	C ₂ H ₂	26	1,16	0,90	
Benzol	C ₆ H ₆	78	3,49	2,69	0,8991
Brom	Br ₂	160	6,87	5,39	
Chlor	Cl ₂	71	3,18	2,45	
Chlorkohlenoxyd	COCl ₂	99	4,42	3,42	
Chlorwasserstoff	ClH	36,5	1,61	1,25	
Chloroform	CHCl ₃	119,5	4,45	4,21	1,527
Cyan	(CN) ₂	52	2,34	1,81	
Cyanwasserstoff	CNH	27	1,22	0,95	
Grubengas	CH ₄	16	0,71	0,55	
Jod	J ₂	254	11,27	8,72	
Kohlenoxyd	CO	28	1,25	0,97	
Kohlensäure	CO ₂	44	1,96	1,52	
Leuchtgas			0,56	0,43	
Luft			1,29	1,00	
Methan	CH ₄	16	0,71	0,55	
Naphtalin	C ₁₀ H ₈	128	5,72	4,43	1,145 fest
Pentan	C ₅ H ₁₂	72	3,22	2,49	0,6263
Phosphorwasserstoff	PH ₃	34	1,53	1,18	
Propan	C ₃ H ₈	44	1,97	1,52	
Quecksilber	Hg	200	9,02	6,98	13,596
Sauerstoff	O ₂	32	1,43	1,10	
Schwefel	S ₂	64	2,84	2,20	1,957 - 2,07 fest
Schwefeldioxyd	SO ₂	64	2,87	2,23	
Schwefelkohlenstoff	CS ₂	76	3,42	2,64	1,292
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	98	2,78	2,15	1,842 wasserfrei
Schwefelwasserstoff	SH ₂	34	1,54	1,19	
Stickstoff	N ₂	28	1,25	0,97	
Stickoxydul	N ₂ O	44	1,97	1,53	
Stickoxyd	NO	30	1,34	1,04	
Toluol	C ₇ H ₈	92	4,11	3,18	0,882
Wasserstoff	H ₂	2	0,09	0,07	
Wasserdampf	H ₂ O	18	0,80	0,62	1,00 flüssig
Xylol	C ₈ H ₁₀	106	4,74	3,67	0,756

Zwischen Molekulargewicht, Litergewicht und spezifischem Gewicht auf Luft = 1 bezogen bestehen die Beziehungen:

$$\text{Molekulargewicht} = 28,29 \cdot \text{Litergewicht in g};$$

$$\text{Litergewicht in g} = 1,293 \cdot \text{spezifisches Gewicht (Luft = 1)}.$$

Gewichtsberechnung eines Gußstückes aus dem Modellgewicht.

(Nach Karmarsch.)

Das Gewicht eines Gußstückes ist angenähert dem Gewicht des Modelles, vermehrt mit der entsprechenden Zahl in der folgenden Tafel.

Das Modell besteht aus	Der Abguß besteht aus				
	Gußeisen	Messing	Rotguß oder Bronze	Glocken- oder Kanonen- Metall	Zink
Fichten- oder Tannenholz . . .	14,00	15,8	16,6	17,1	13,5
Eichenholz	9,0	10,1	10,4	10,9	8,6
Buchenholz	9,7	10,9	11,4	11,9	9,4
Lindenholz	13,4	15,1	15,6	16,3	12,9
Birnbaumholz	10,2	11,5	11,9	12,4	9,8
Birkenholz	10,6	11,9	12,3	12,9	10,2
Erlenholz	12,8	14,3	14,8	15,5	12,2
Mahagoniholz	11,7	13,2	13,6	14,2	11,2
Messing	0,84	0,95	0,99	1,0	0,81
Zink	1,00	1,13	1,17	1,22	0,96
Zinn (mit $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ Blei)	0,89	1,00	1,03	1,12	0,85
Blei	0,64	0,72	0,74	0,78	0,61
Gußeisen	0,97	1,09	1,13	1,18	0,93

Beispiel:

Wiegt das Modell aus Eichenholz 1 kg, so wiegt das Gußstück aus Gußeisen $1 \times 9,0 = 9$ kg.

Gewichte geschichteter Körper.

(Aus „Hütte“.)

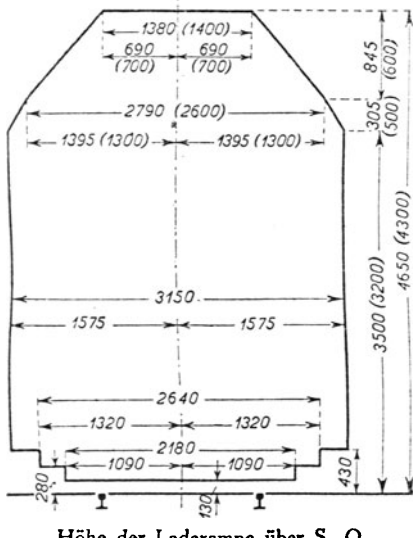
1 m³ wiegt kg:

Äpfel 300	Kalk- und Bruchsteine 2000
Beton mit Ziegelbrocken 1800	Kartoffeln 650—700
„ „ Kalksteinbrocken 2000	Kohlen, Zwickauer 770—800
„ „ Granitbrocken 2200	„ Oberschlesische 760—800
Birnen und Pflaumen 350	„ Niederschlesische 820—870
Braunkohlen, lufttrocken und in Stücken 650—780	„ Saar- 720—800
Buchenholz in Scheiten 400	„ Ruhr- 800—860
Eichenholz „ „ 420	Koks, Gas- 360—470
Fichtenholz „ „ 330	„ Zechen- 380—530
Formsand, aufgeschüttet 1200	Mehl, lose 400—500
„ eingestampft 1650	„ gepreßt 700—800
Getreide:	Mörtel (Kalk und Sand) 1700—1800
Gerste 690	Sand, Lehm, Erde, trocken 1600
Hafer 430	„ „ „ naß 2000
Roggen 680—790	Schnee, frisch gefallen 80—190
Weizen 700—800	„ „ „ feucht 200—800
Granit 2700	Ton, Kies, trocken 1800
Holzkohle von weichem Holz 150	„ „ „ naß 2000
„ „ von hartem Holz 220	Ziegelsteine, gewöhnliche 1400—1500
	„ „ Klinker 1600—1800

Lademaß.

Zulässig auf Bahnen
des „Vereines Deutscher
Eisenbahnverwaltungen“.

Für einige Nebenstrecken gilt das Lademaß
nach (—) Maßen.



Höhe der Laderampe über S.-O.

Höhe der Stirnrampe zum Laden über die Puffer	1,235 m
Höhe der Längsrampe für Militär- zwecke	1,00 "
sonst	1,10 "
bei Nebenbahnen auch	1,00 "

Eine Ladung von 10000 kg enthält m³:






Braunkohlen, lufttrocken	
und in Stücken	12,8—15,4
Buchenholz in Scheiten	25,0
Eichenholz	24,0
Fichtenholz	31,5
Tannenholz	29,5
Flußkies, trocken	3,7—4,3
" naß	3,5—4,0
Flußsand, trocken	7,0—7,5
" naß	5,0—5,7
Formsand, aufgeschüttet	8,3
gestampft	6,1
Holzkohlen, von weichem Holz	67
Holzkohlen, von hartem Holz	45
Kalk, gebrannt	7,7—8,4
Kalk und Bruchsteine	5,0
Kartoffeln	14,0
Kohlen, Zwickauer	12,5—13,0
" Oberschlesische	12,5—13,2
" Niederschlesische	11,5—12,2
" Saar	12,5—13,9
" Ruhr	11,6—12,5
Koks, Gas-	21—28
" Zechen	19—26
Lehm, frisch gegraben	6,0
Mörtel (Kalk und Sand)	5,6—5,9
Preßkohlen	9,0—10,0
Rüben	15,5—17,5
Schlacken und Koksasche	10,7
Schwemmsteine (rheinische)	11,8
Teer, Steinkohlen-	8,3
Ton, trocken	5,6
" naß	5,0
Torf, lufttrocken	24—31
" feucht	15—18
Ziegelsteine, gewöhnliche	6,5—7,5
" Klinken	5,6—6,3

Angaben über Güterwagen und Ladungen.

Bezeichnung	Ladegewicht t	Lichte Kasten- länge m	Lichte Kasten- breite m	Kasten- höhe in der Mitte m	Lade- raum- inhalt m ³
Bedeckter Güterwagen	15	7,92	2,75	2,20	48,0
Kokswagen	15	7,72	2,834	1,6	35,0
Offener Güterwagen	15	6,72	2,834	1,10	20,9
Eiserner Kohlenwagen	15	5,3	2,89	1,45	22,2
Eiserner Kohlenwagen	20	6,00	2,85	1,5	25,6
Kalkdeckelwagen	15	5,29	2,89	1,78	—
Plattformwagen	15	10,12	2,67	0,40	—
Plattformwagen	30	12,0	2,9	—	—
Langholzwagen	10	4,38	2,48	—	—

Gewichtstafel für Quadrat-, Sechskant- und Rundeisen und Durchmesser der umschriebenen Kreise.






1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg.

Dicke <i>d</i>	Gewicht in kg/m	Durchm. des umschriebenen Kreises in mm	Gewicht in kg/m	Durchm. des umschriebenen Kreises in mm	Gewicht in kg/m	Dicke <i>d</i>
mm						mm
5	0,196	7,071	0,170	5,78	0,154	5
6	0,283	8,48	0,245	6,93	0,222	6
7	0,385	9,90	0,333	8,09	0,302	7
8	0,502	11,31	0,435	9,24	0,395	8
9	0,636	12,73	0,551	10,40	0,499	9
10	0,785	14,14	0,680	11,55	0,617	10
11	0,950	15,56	0,823	12,71	0,746	11
12	1,130	16,97	0,979	13,86	0,888	12
13	1,327	18,38	1,149	15,02	1,042	13
14	1,539	19,80	1,332	16,17	1,208	14
15	1,766	21,21	1,530	17,32	1,387	15
16	2,010	22,63	1,740	18,48	1,578	16
17	2,269	24,04	1,965	19,64	1,782	17
18	2,543	25,46	2,203	20,79	1,998	18
19	2,834	26,87	2,454	21,95	2,226	19
20	3,140	28,28	2,719	23,10	2,466	20
21	3,462	29,70	2,998	24,26	2,719	21
22	3,799	31,11	3,290	25,41	2,984	22
23	4,153	32,53	3,596	26,57	3,261	23
24	4,522	33,94	3,916	27,72	3,551	24
25	4,906	35,36	4,249	28,88	3,853	25
26	5,307	36,77	4,596	30,09	4,168	26
27	5,723	38,18	4,956	31,19	4,495	27
28	6,154	39,60	5,330	32,34	4,834	28
29	6,602	41,01	5,717	33,50	5,185	29
30	7,065	42,43	6,118	34,65	5,549	30
32	8,038	45,25	6,961	36,96	6,313	32
34	9,075	48,08	7,859	39,27	7,127	34
35	9,616	49,50	8,328	40,42	7,550	35
36	10,174	50,91	8,811	41,58	7,990	36
38	11,335	53,74	9,817	43,89	8,903	38
40	12,560	56,57	10,877	46,20	9,865	40
42	13,847	59,40	11,992	48,51	10,876	42
44	15,198	62,22	13,162	50,82	11,936	44
45	15,896	63,64	13,766	51,96	12,480	45
46	16,611	65,05	14,385	53,13	13,046	46
48	18,086	67,88	15,663	55,44	14,205	48
50	19,625	70,71	16,995	57,75	15,413	50
52	21,226	73,54	18,383	60,06	16,671	52
54	22,891	76,37	19,824	62,37	17,978	54
55	23,746	77,78	20,560	63,52	18,650	55
56	24,618	79,20	21,320	64,68	19,335	56
58	26,407	82,02	22,870	66,99	20,740	58

Entsprechende Werte für Zwischenmaße siehe Anm. Seite 144.

Gewichtstafel für Quadrat-, Sechskant- und Rundeisen und Durchmesser der umschriebenen Kreise.






1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg.

Dicke <i>d</i> mm	Gewicht in kg/m	Durchm. des umschriebenen Kreises in mm	Gewicht in kg/m	Durchm. des umschriebenen Kreises in mm	Gewicht in kg/m	Dicke <i>d</i> mm
						
60	28,260	84,85	24,474	69,30	22,195	60
62	30,175	87,68	26,133	71,61	23,700	62
64	32,154	91,51	27,846	73,92	25,253	64
65	33,160	91,92	28,720	75,07	26,050	65
66	34,195	94,34	29,614	76,23	26,856	66
68	36,298	97,17	31,436	78,54	28,509	68
70	38,465	99,00	33,312	80,85	30,210	70
72	40,694	101,82	35,243	83,16	31,961	72
74	42,987	104,65	37,228	85,47	33,762	74
75	44,130	106,06	38,240	86,62	34,680	75
76	45,342	107,48	39,267	87,78	35,611	76
78	47,759	110,31	41,361	90,09	37,510	78
80	50,240	113,14	43,509	92,40	39,458	80
85	56,716	120,21	49,118	98,18	44,545	85
90	63,585	127,28	55,067	103,95	49,940	90
95	70,846	134,35	61,355	109,73	55,643	95
100	78,500	141,42	67,983	115,50	61,654	100
105	86,545	148,50	74,951	121,28	67,973	105
110	94,985	155,56	82,260	127,05	74,601	110
115	103,816	162,63	89,908	132,83	81,537	115
120	113,040	169,70	97,896	138,60	88,781	120
125	122,656	176,78	106,224	144,38	96,334	125
130	132,665	183,85	114,891	150,15	104,195	130
135	143,066	190,92	123,899	155,93	112,364	135
140	153,860	197,99	133,247	161,70	120,841	140
145	165,046	205,06	142,934	167,48	129,627	145
150	176,625	212,13	152,962	173,25	138,721	150
155	188,596	219,20	163,329	179,03	148,123	155
160	200,960	226,27	174,036	184,80	157,834	160
165	213,716	233,34	185,084	190,58	167,852	165
170	226,865	240,41	196,471	196,35	178,179	170
175	240,406	247,49	208,198	202,13	188,815	175
180	254,340	254,56	220,265	207,90	199,758	180
185	268,666	261,63	232,638	213,68	211,010	185
190	283,385	268,70	245,419	219,45	222,570	190
195	298,496	275,77	258,506	225,23	234,438	195
200	314,000	282,84	271,932	231,00	246,615	200
205	329,896	289,91	285,927	236,78	259,100	205
210	346,185	296,98	299,805	242,55	271,893	210
215	362,866	304,05	314,251	248,33	284,994	215
220	379,940	311,12	329,037	254,10	298,404	220
225	397,406	318,20	344,164	259,88	312,122	225

Entsprechende Werte für Zwischenmaße siehe Anm. Seite 144.

Gewichtstafel für Quadrat-, Sechskant- und Rundeisen und Durchmesser der umschriebenen Kreise.

1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg.

Dicke <i>d</i> mm	Gewicht in kg/m 	Durchm. des umschriebenen Kreises in mm 	Gewicht in kg/m 	Durchm. des umschriebenen Kreises in mm 	Gewicht in kg/m 	Dicke <i>d</i> mm
230	415,265	325,27	359,631	265,65	326,148	230
235	433,516	332,34	375,437	271,43	340,483	235
240	452,160	339,41	391,583	277,20	355,126	240
245	471,196	346,48	408,068	282,98	370,077	245
250	490,625	353,56	424,894	288,75	385,336	250
255	510,446	360,62	442,060	294,53	400,904	255
260	530,660	367,70	459,565	300,30	416,779	260
265	551,266	374,76	477,411	306,08	432,963	265
270	572,265	381,83	495,597	311,85	449,456	270
275	593,656	388,91	514,022	317,63	466,257	275
280	615,440	396,98	532,988	323,40	483,365	280
285	637,616	403,05	552,193	329,18	500,783	285
290	660,185	410,12	571,738	334,95	518,508	290
295	683,146	417,19	591,623	340,79	536,542	295
300	706,500	424,26	611,848	346,50	554,884	300
305	730,246	431,33	632,413	352,28	573,534	305
310	754,385	438,40	653,318	358,05	592,493	310
315	778,916	445,47	674,563	363,83	611,759	315
320	803,840	452,54	696,148	369,60	631,334	320
325	829,156	459,62	718,071	375,38	651,218	325
330	854,865	466,69	740,336	381,15	671,409	330
335	880,966	473,76	762,940	386,93	691,909	335
340	907,460	480,83	785,885	392,70	712,717	340
345	934,346	487,90	809,169	398,48	733,834	345
350	961,625	494,98	832,793	404,25	755,258	350

Die angegebenen Dicken des Quadrat- und Sechskanteisens entsprechen dem Durchmesser des eingeschriebenen Kreises.

Das Gewicht von 1 m Rundeisen in kg = $\frac{d^2 \pi}{4} \cdot \frac{\text{spez. Gewicht}}{1000}$ (*d* in mm). Die Werte $\frac{d^2 \pi}{4}$ sind in der letzten Spalte der Tafeln Seite 2 mit 21 angegeben.

Das Gewicht von Sechskanteisen beträgt das 2,5981 : $\pi = 0,827$ fache (oder angenähert das $\frac{5}{6}$ fache) des Gewichtes von Rundeisen, welches den Durchmesser des umschriebenen Kreises des Sechskanteisens hat.

Vorstehende Gewichtsangaben sind zu vermehren für

Schweißeisen mit 0,994	Bronze mit 1,096
Guß Eisen „ 0,924	Zink „ 0,917
Kupfer „ 1,134	Blei „ 1,448
Messing „ 1,089	

Ist der Durchmesser 10mal kleiner als wie in der Tafel angegeben, so ist das Gewicht 100mal kleiner.

Beispiel: 35-mm-Vierkanteisen wiegt 9,616 kg für 1 m;
3,5 „ „ „ 0,09616 „ „ 1 „

Auf diese Weise findet man die Zahlenwerte für die in den Gewichtstafeln nicht angegebenen kleineren Durchmesser und für die Zwischenmaße z. B. für 8,5 mm.

Gewicht in kg von 1 m Schnellstahl.

Wolframgehalt v. H. 5 10 15 18
 Spezifisches Gewicht 8,10 8,35 8,60 8,90

Ermittlung des spezifischen Gewichtes siehe Abschnitt Werkzeugstahl.

a) Quadratstahl.

Die Gewichtsberechnung nicht angegebener Abmessungen erfolgt nach Anm. auf S. 144.

Dicke mm		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Wolfram- gehalt	5	0,202	0,292	0,397	0,518	0,656	0,810	0,980	1,166	1,369	1,588	1,822	2,074
	10	0,209	0,301	0,409	0,534	0,676	0,835	1,010	1,202	1,411	1,637	1,879	2,138
v. H.	15	0,215	0,310	0,421	0,550	0,697	0,860	1,041	1,238	1,453	1,686	1,935	2,202
	18	0,222	0,320	0,436	0,570	0,721	0,890	1,077	1,282	1,504	1,744	2,002	2,278

Dicke mm		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	30
Wolfram- gehalt	5	2,341	2,624	2,924	3,240	3,572	3,920	4,285	4,666	5,062	5,476	6,350	7,290
	10	2,413	2,705	3,014	3,340	3,682	4,041	4,417	4,810	5,219	5,645	6,546	7,515
v. H.	15	2,485	2,786	3,105	3,440	3,793	4,162	4,549	4,954	5,375	5,814	6,742	7,740
	18	2,572	2,882	3,213	3,560	3,925	4,308	4,708	5,126	5,562	6,016	6,978	8,010

Dicke mm		32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
Wolfram- gehalt	5	8,294	9,364	10,498	11,696	12,960	14,288	15,682	17,140	18,662	20,250
	10	8,550	9,653	10,822	12,057	13,360	14,729	16,166	17,669	19,238	20,875
v. H.	15	8,806	9,942	11,145	12,418	13,760	15,170	16,650	18,198	19,814	21,500
	18	9,114	10,288	11,534	12,852	14,240	15,700	17,230	18,832	20,506	22,000

b) Rundstahl.

Die Gewichtsberechnung nicht angegebener Abmessungen erfolgt nach Anm. auf S. 144.

Durchm. mm		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Wolfram- gehalt	5	0,159	0,229	0,312	0,407	0,515	0,636	0,770	0,916	1,075	1,247	1,431	1,629
	10	0,164	0,236	0,321	0,420	0,531	0,656	0,794	0,944	1,108	1,285	1,475	1,679
v. H.	15	0,169	0,243	0,331	0,432	0,547	0,675	0,817	0,973	1,141	1,324	1,520	1,729
	18	0,175	0,252	0,342	0,447	0,566	0,699	0,846	0,101	1,181	1,370	1,573	1,789

Durchm. mm		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Wolfram- gehalt	5	1,838	2,061	2,297	2,545	2,806	3,079	3,365	3,664	3,976	4,301	4,638	4,988
	10	1,895	2,125	2,367	2,623	2,892	3,174	3,469	3,777	4,099	4,433	4,781	5,141
v. H.	15	1,952	2,188	2,438	2,702	2,979	3,269	3,573	3,890	4,221	4,566	4,924	5,295
	18	2,020	2,265	2,523	2,796	3,083	3,383	3,698	4,026	4,369	4,725	5,096	5,480

Durchm. mm		29	30	32	34	36	38	40	42	44	45
Wolfram- gehalt	5	5,350	5,726	6,514	7,354	8,245	9,186	10,177	11,222	12,316	12,882
	10	5,515	5,902	6,715	7,581	8,499	9,470	10,491	11,568	12,696	13,280
v. H.	15	5,680	6,079	6,916	7,808	8,754	9,753	10,805	11,915	13,077	13,678
	18	5,879	6,291	7,158	8,080	9,059	10,094	11,182	12,330	13,533	14,155

Durchm. mm		46	48	50	52	54	55	56	58	60	62
Wolfram- gehalt	5	13,461	14,657	15,904	17,202	18,551	19,244	19,950	21,401	22,902	24,454
	10	13,877	15,110	16,395	17,733	19,123	19,838	20,566	22,061	23,609	25,209
v. H.	15	14,292	15,562	16,886	18,264	19,696	20,432	21,182	22,722	24,316	25,964
	18	14,791	16,105	17,475	18,901	20,383	21,145	21,921	23,515	25,164	26,870

Durchm. mm		64	65	66	68	70	72	74	75	76	78
Wolfram- gehalt	5	26,058	26,878	27,712	29,417	31,172	32,979	34,837	35,785	36,745	38,705
	10	26,862	27,708	28,567	30,325	32,135	33,997	35,912	36,889	37,879	39,899
v. H.	15	27,666	28,537	29,422	31,232	33,097	35,015	36,987	37,993	39,014	41,094
	18	28,631	29,533	30,449	32,322	34,251	36,236	38,277	39,319	40,374	42,527

Durchm. mm		80	85	90	95	100	105	110	115	120
Wolfram- gehalt	5	40,715	45,963	51,530	57,415	63,617	70,138	76,974	84,134	91,611
	10	41,972	47,382	53,120	59,187	65,581	72,303	79,350	86,731	94,438
v. H.	15	43,228	48,801	54,711	60,959	67,544	74,467	81,726	89,327	97,266
	18	44,736	50,503	56,619	63,085	69,901	77,065	84,577	92,443	100,659

Gewicht in kg von 1 m Schnellstahl.

-c) Flachstahl.

Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 6 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,146	0,243	0,292	0,389	0,486	0,632	0,729	0,972	1,215	1,458
		10	0,150	0,251	0,301	0,401	0,501	0,651	0,752	1,002	1,253	1,503
		15	0,155	0,258	0,310	0,413	0,516	0,671	0,774	1,032	1,290	1,548
		18	0,160	0,267	0,320	0,427	0,534	0,694	0,801	1,068	1,335	1,602
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 8 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,194	0,324	0,389	0,518	0,648	0,842	0,972	1,296	1,620	1,944
		10	0,200	0,334	0,401	0,534	0,668	0,868	1,002	1,336	1,670	2,004
		15	0,206	0,344	0,413	0,550	0,688	0,894	1,032	1,376	1,720	2,064
		18	0,214	0,356	0,427	0,570	0,712	0,926	1,068	1,424	1,780	2,136
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 10 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,243	0,405	0,486	0,648	0,810	1,053	1,215	1,620	2,025	2,430
		10	0,251	0,418	0,501	0,668	0,835	1,086	1,253	1,670	2,088	2,505
		15	0,258	0,430	0,516	0,688	0,860	1,118	1,290	1,720	2,150	2,580
		18	0,267	0,445	0,534	0,712	0,890	1,157	1,335	1,780	2,225	2,670
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 12 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,292	0,486	0,583	0,778	0,972	1,264	1,458	1,944	2,430	2,916
		10	0,301	0,501	0,601	0,802	1,002	1,303	1,503	2,044	2,505	3,006
		15	0,310	0,516	0,619	0,826	1,032	1,342	1,548	2,064	2,580	3,096
		18	0,320	0,534	0,641	0,854	1,068	1,388	1,602	2,136	2,670	3,204
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 16 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,389	0,648	0,778	1,037	1,296	1,685	1,944	2,592	3,240	3,888
		10	0,401	0,668	0,862	1,069	1,336	1,734	2,004	2,672	3,340	4,008
		15	0,413	0,688	0,826	1,101	1,376	1,789	2,064	2,752	3,440	4,128
		18	0,427	0,712	0,854	1,139	1,424	1,851	2,136	2,848	3,560	4,272
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 20 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,486	0,810	0,972	1,296	1,620	2,106	2,430	3,240	4,050	4,860
		10	0,501	0,835	1,002	1,336	1,670	2,171	2,505	3,340	4,175	5,010
		15	0,516	0,860	1,032	1,376	1,720	2,236	2,580	3,440	4,300	5,160
		18	0,534	0,890	1,068	1,424	1,780	2,314	2,670	3,560	4,450	5,340
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 23 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,559	0,932	1,118	1,490	1,863	2,422	2,795	3,726	4,658	5,589
		10	0,576	0,960	1,152	1,536	1,921	2,497	2,881	3,841	4,801	5,761
		15	0,593	0,989	1,187	1,582	1,978	2,571	2,967	3,956	4,945	5,934
		18	0,614	1,024	1,228	1,638	2,047	2,661	3,071	4,094	5,112	6,141
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 25 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,608	1,013	1,215	1,620	2,025	2,633	3,038	4,050	5,063	6,075
		10	0,626	1,044	1,253	1,670	2,088	2,714	3,131	4,175	5,219	6,263
		15	0,645	1,075	1,290	1,720	2,150	2,795	3,225	4,300	5,375	6,450
		18	0,668	1,113	1,335	1,780	2,225	2,893	3,338	4,450	5,563	6,675
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 30 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,729	1,215	1,458	1,944	2,430	3,159	3,645	4,860	6,075	7,290
		10	0,752	1,253	1,503	2,004	2,505	3,257	3,758	5,010	6,263	7,515
		15	0,774	1,290	1,548	2,064	2,580	3,354	3,870	5,160	6,450	7,740
		18	0,801	1,335	1,602	2,136	2,670	3,471	4,005	5,340	6,675	8,010
Dicke mm			3	5	6	8	10	13	15	20	25	30
Breite 40 mm	Wolfram- gehalt v. H.	5	0,972	1,620	1,944	2,592	3,240	4,212	4,860	6,480	8,100	9,720
		10	1,002	1,670	2,004	2,672	3,340	4,342	5,010	6,680	8,350	10,020
		15	1,032	1,720	2,064	2,752	3,440	4,472	5,160	6,880	8,600	10,320
		18	1,068	1,780	2,136	2,848	3,560	4,628	5,340	7,120	8,900	10,680

Gewicht in kg von 1 m Flacheisen.

1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg

(s. auch Anm. auf S. 144).

Dicke mm	Breite in mm									Dicke mm
	10	12	14	15	16	18	20	22	24	
1	0,079	0,004	0,110	0,118	0,126	0,141	0,157	0,173	0,188	1
2	0,157	0,188	0,220	0,236	0,251	0,283	0,314	0,345	0,377	2
3	0,236	0,283	0,330	0,353	0,377	0,424	0,471	0,518	0,565	3
4	0,314	0,377	0,440	0,471	0,502	0,565	0,628	0,691	0,754	4
5	0,393	0,471	0,550	0,589	0,628	0,707	0,785	0,864	0,942	5
6	0,471	0,565	0,659	0,707	0,754	0,848	0,942	1,036	1,130	6
7	0,550	0,659	0,769	0,824	0,879	0,989	1,099	1,209	1,319	7
8	0,628	0,754	0,879	0,942	1,005	1,130	1,256	1,382	1,507	8
9	0,707	0,848	0,989	1,060	1,130	1,272	1,413	1,554	1,660	9
10	0,785	0,942	1,099	1,178	1,256	1,413	1,570	1,727	1,884	10
11	0,864	1,036	1,209	1,295	1,382	1,554	1,727	1,900	2,072	11
12	0,942	1,130	1,319	1,413	1,507	1,696	1,884	2,072	2,261	12
13	1,021	1,225	1,429	1,531	1,633	1,837	2,041	2,245	2,440	13
14	1,099	1,319	1,539	1,649	1,758	1,978	2,198	2,418	2,638	14
15	1,178	1,413	1,649	1,766	1,884	2,120	2,355	2,591	2,826	15
16	1,256	1,507	1,758	1,884	2,010	2,261	2,512	2,763	3,014	16
17	1,335	1,601	1,868	2,002	2,135	2,402	2,669	2,936	3,203	17
18	1,413	1,696	1,978	2,120	2,261	2,543	2,826	3,109	3,391	18
19	1,492	1,790	2,088	2,237	2,386	2,685	2,983	3,281	3,580	19
20	1,570	1,884	2,198	2,355	2,512	2,826	3,140	3,454	3,768	20
21	1,649	1,978	2,308	2,473	2,638	2,967	3,297	3,627	3,956	21
22	1,727	2,072	2,418	2,591	2,763	3,109	3,454	3,799	4,145	22
23	1,806	2,167	2,528	2,708	2,889	3,250	3,611	3,972	4,333	23
24	1,884	2,261	2,638	2,826	3,014	3,391	3,768	4,145	4,522	24
25	1,963	2,355	2,748	2,944	3,140	3,533	3,925	4,318	4,710	25
26	2,041	2,449	2,857	3,062	3,266	3,674	4,082	4,490	4,898	26
27	2,120	2,543	2,967	3,179	3,391	3,815	4,239	4,663	5,087	27
28	2,198	2,638	3,077	3,297	3,517	3,956	4,396	4,836	5,275	28
29	2,277	2,732	3,187	3,415	3,642	4,098	4,553	5,008	5,464	29
30	2,355	2,826	3,297	3,533	3,768	4,239	4,710	5,181	5,652	30
31	2,434	2,920	3,407	3,650	3,894	4,380	4,867	5,354	5,840	31
32	2,512	3,014	3,517	3,768	4,019	4,522	5,024	5,526	6,029	32
33	2,591	3,109	3,627	3,886	4,145	4,663	5,181	5,699	6,217	33
34	2,669	3,203	3,737	4,004	4,270	4,804	5,338	5,872	6,406	34
35	2,748	3,297	3,847	4,121	4,396	4,946	5,495	6,045	6,594	35
36	2,826	3,391	3,956	4,239	4,522	5,087	5,652	6,217	6,782	36
37	2,905	3,485	4,066	4,357	4,647	5,228	5,809	6,390	6,971	37
38	2,983	3,580	4,176	4,475	4,773	5,369	5,966	6,563	7,159	38
39	3,062	3,674	4,286	4,592	4,898	5,511	6,123	6,735	7,348	39
40	3,140	3,768	4,396	4,710	5,024	5,652	6,280	6,908	7,536	40
41	3,219	3,862	4,506	4,828	5,150	5,793	6,437	7,081	7,724	41
42	3,297	3,956	4,616	4,946	5,295	5,935	6,594	7,253	7,913	42
43	3,376	4,059	4,726	5,063	5,401	6,076	6,751	7,426	8,101	43
44	3,454	4,145	4,836	5,181	5,526	6,217	6,908	7,599	8,290	44
45	3,533	4,239	4,946	5,299	5,652	6,359	7,065	7,772	8,478	45

Gewicht in kg von 1 m Flacheisen.

1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg

(s. auch Anm. auf S. 144).

Dicke mm	Breite in mm								Dicke mm	
	25	26	28	30	32	34	35	36		38
1	0,196	0,204	0,220	0,235	0,251	0,267	0,275	0,283	0,298	1
2	0,393	0,408	0,440	0,471	0,502	0,534	0,550	0,565	0,597	2
3	0,589	0,612	0,659	0,705	0,754	0,801	0,824	0,848	0,895	3
4	0,785	0,816	0,879	0,942	1,005	1,068	1,099	1,130	1,193	4
5	0,981	1,020	1,099	1,177	1,256	1,334	1,374	1,413	1,492	5
6	1,178	1,225	1,319	1,413	1,507	1,601	1,649	1,696	1,790	6
7	1,374	1,429	1,539	1,648	1,758	1,868	1,923	1,978	2,088	7
8	1,570	1,633	1,758	1,884	2,010	2,135	2,198	2,261	2,386	8
9	1,766	1,837	1,978	2,119	2,261	2,402	2,473	2,543	2,685	9
10	1,963	2,041	2,198	2,355	2,512	2,669	2,748	2,826	2,983	10
11	2,159	2,245	2,418	2,590	2,763	2,936	3,022	3,109	3,281	11
12	2,355	2,449	2,638	2,826	3,014	3,203	3,297	3,391	3,580	12
13	2,551	2,653	2,857	3,061	3,266	3,470	3,572	3,674	3,878	13
14	2,748	2,857	3,077	3,297	3,517	3,737	3,847	3,956	4,176	14
15	2,944	3,061	3,297	3,532	3,768	4,003	4,121	4,239	4,474	15
16	3,140	3,266	3,517	3,768	4,019	4,270	4,396	4,522	4,773	16
17	3,336	3,470	3,737	4,003	4,270	4,537	4,671	4,804	5,071	17
18	3,533	3,674	3,956	4,239	4,522	4,804	4,946	5,087	5,369	18
19	3,729	3,878	4,176	4,474	4,773	5,071	5,220	5,369	5,668	19
20	3,925	4,082	4,396	4,710	5,024	5,338	5,495	5,652	5,966	20
21	4,121	4,286	4,616	4,946	5,275	5,605	5,770	5,935	6,264	21
22	4,318	4,490	4,836	5,181	5,526	5,872	6,045	6,217	6,563	22
23	4,518	4,694	5,055	5,417	5,778	6,139	6,319	6,500	6,861	23
24	4,710	4,898	5,275	5,652	6,029	6,406	6,594	6,782	7,159	24
25	4,905	5,103	5,495	5,888	6,280	6,673	6,869	7,065	7,458	25
26	5,103	5,307	5,715	6,123	6,531	6,939	7,144	7,348	7,756	26
27	5,299	5,511	5,935	6,359	6,782	7,206	7,418	7,630	8,054	27
28	5,495	5,715	6,154	6,594	7,034	7,473	7,693	7,913	8,352	28
29	5,691	5,919	6,374	6,830	7,285	7,740	7,968	8,195	8,651	29
30	5,888	6,123	6,594	7,065	7,536	8,007	8,243	8,478	8,949	30
31	6,084	6,327	6,814	7,301	7,787	8,274	8,517	8,761	9,247	31
32	6,280	6,531	7,034	7,536	8,038	8,541	8,792	9,043	9,546	32
33	6,476	6,735	7,253	7,772	8,290	8,808	9,067	9,326	9,844	33
34	6,673	6,939	7,473	8,007	8,541	9,075	9,342	9,608	10,14	34
35	6,869	7,144	7,693	8,243	8,792	9,342	9,616	9,891	10,44	35
36	7,065	7,348	7,913	8,478	9,043	9,608	9,891	10,17	10,74	36
37	7,261	7,552	8,133	8,714	9,294	9,875	10,17	10,46	11,04	37
38	7,458	7,756	8,352	8,949	9,546	10,14	10,44	10,74	11,34	38
39	7,654	7,950	8,572	9,185	9,797	10,41	10,72	11,02	11,63	39
40	7,850	8,164	8,792	9,420	10,05	10,68	10,99	11,30	11,93	40
41	8,046	8,368	9,012	9,656	10,30	10,94	11,27	11,59	12,23	41
42	8,243	8,572	9,232	9,891	10,55	11,21	11,54	11,87	12,53	42
43	8,439	8,776	9,451	10,13	10,80	11,48	11,81	12,15	12,83	43
44	8,635	8,980	9,671	10,36	11,05	11,74	12,09	12,43	13,13	44
45	8,831	9,185	9,891	10,60	11,30	12,01	12,36	12,72	13,42	45

Gewicht in kg von 1 m Flacheisen.

1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg

(s. auch Anm. auf S. 144).

Dicke mm	Breite in mm									Dicke mm
	40	42	44	45	46	48	50	52	54	
1	0,314	0,330	0,345	0,353	0,361	0,377	0,392	0,408	0,424	1
2	0,628	0,659	0,691	0,707	0,722	0,754	0,785	0,816	0,848	2
3	0,942	0,989	1,036	1,060	1,083	1,130	1,177	1,225	1,272	3
4	1,256	1,319	1,382	1,413	1,444	1,507	1,570	1,633	1,696	4
5	1,570	1,649	1,727	1,766	1,805	1,884	1,962	2,041	2,119	5
6	1,884	1,978	2,072	2,120	2,167	2,261	2,355	2,449	2,543	6
7	2,198	2,308	2,418	2,473	2,528	2,638	2,747	2,857	2,967	7
8	2,512	2,638	2,763	2,826	2,889	3,014	3,140	3,266	3,391	8
9	2,826	2,967	3,109	3,179	3,250	3,391	3,532	3,674	3,815	9
10	3,140	3,297	3,454	3,533	3,610	3,768	3,925	4,082	4,239	10
11	3,454	3,627	3,799	3,886	3,972	4,145	4,317	4,490	4,463	11
12	3,768	3,956	4,145	4,239	4,333	4,522	4,710	4,898	5,087	12
13	4,082	4,286	4,490	4,592	4,694	4,898	5,102	5,307	5,511	13
14	4,396	4,616	4,836	4,946	5,055	5,275	5,495	5,715	5,935	14
15	4,710	4,945	5,181	5,299	5,416	5,652	5,887	6,123	6,358	15
16	5,024	5,275	5,526	5,652	5,778	6,029	6,280	6,531	6,782	16
17	5,338	5,605	5,872	6,005	6,139	6,406	6,672	6,939	7,206	17
18	5,652	5,935	6,217	6,359	6,500	6,782	7,065	7,348	7,630	18
19	5,966	6,264	6,563	6,712	6,861	7,159	7,457	7,756	8,054	19
20	6,280	6,594	6,908	7,065	7,222	7,536	7,850	8,164	8,478	20
21	6,594	6,924	7,253	7,418	7,583	7,913	8,243	8,572	8,902	21
22	6,908	7,253	7,599	7,772	7,944	8,290	8,635	8,980	9,326	22
23	7,222	7,583	7,944	8,125	8,305	8,666	9,028	9,389	9,750	23
24	7,536	7,913	8,290	8,478	8,666	9,043	9,420	9,797	10,174	24
25	7,850	8,243	8,635	8,831	9,028	9,420	9,813	10,21	10,598	25
26	8,164	8,572	8,980	9,185	9,389	9,797	10,21	10,613	11,021	26
27	8,478	8,902	9,326	9,538	9,750	10,17	10,60	11,021	11,445	27
28	8,792	9,232	9,671	9,891	10,11	10,55	10,99	11,43	11,869	28
29	9,106	9,561	10,02	10,24	10,47	10,93	11,38	11,84	12,293	29
30	9,420	9,891	10,36	10,60	10,83	11,30	11,78	12,25	12,717	30
31	9,734	10,22	10,71	10,95	11,19	11,68	12,17	12,654	13,141	31
32	10,05	10,55	11,05	11,30	11,56	12,06	12,56	13,062	13,565	32
33	10,36	10,88	11,40	11,66	11,92	12,43	12,95	13,471	13,989	33
34	10,68	11,21	11,74	12,01	12,28	12,81	13,35	13,88	14,413	34
35	10,99	11,54	12,09	12,36	12,64	13,19	13,74	14,287	14,84	35
36	11,30	11,87	12,43	12,72	13,00	13,57	14,13	14,695	15,26	36
37	11,62	12,20	12,78	13,07	13,36	13,94	14,52	15,103	15,684	37
38	11,93	12,53	13,13	13,42	13,72	14,32	14,92	15,512	16,11	38
39	12,25	12,86	13,47	13,78	14,08	14,70	15,31	15,92	16,532	39
40	12,56	13,19	13,82	14,13	14,44	15,07	15,70	16,33	16,956	40
41	12,87	13,52	14,16	14,48	14,81	15,45	16,09	16,74	17,38	41
42	13,19	13,85	14,51	14,84	15,17	15,83	16,49	17,144	17,804	42
43	13,50	14,18	14,85	15,19	15,53	16,20	16,88	17,553	18,23	43
44	13,82	14,51	15,20	15,54	15,89	16,58	17,27	17,961	18,652	44
45	14,13	14,84	15,54	15,90	16,25	16,96	17,66	18,369	19,076	45

Gewicht in kg von 1 m Flacheisen.

1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg

(s. auch Anm. auf S. 144).

Dicke mm	Breite in mm									Dicke mm
	55	56	58	60	62	64	65	70	75	
1	0,432	0,440	0,455	0,471	0,487	0,502	0,510	0,549	0,589	1
2	0,864	0,879	0,911	0,942	0,973	1,005	1,021	1,099	1,177	2
3	1,295	1,319	1,336	1,413	1,460	1,507	1,531	1,648	1,766	3
4	1,727	1,758	1,821	1,884	1,947	2,010	2,041	2,198	2,355	4
5	2,159	2,198	2,276	2,355	2,433	2,512	2,551	2,747	2,944	5
6	2,591	2,638	2,732	2,826	2,920	3,014	3,062	3,297	3,532	6
7	3,022	3,077	3,187	3,297	3,407	3,517	3,572	3,846	4,121	7
8	3,454	3,517	3,642	3,768	3,894	4,019	4,082	4,396	4,710	8
9	3,886	3,956	4,098	4,239	4,380	4,522	4,592	4,945	5,299	9
10	4,318	4,396	4,553	4,710	4,867	5,024	5,103	5,495	5,887	10
11	4,749	4,836	5,008	5,181	5,354	5,526	5,613	6,044	6,476	11
12	5,181	5,275	5,464	5,652	5,840	6,029	6,123	6,594	7,065	12
13	5,613	5,715	5,919	6,123	6,327	6,531	6,633	7,143	7,654	13
14	6,045	6,154	6,374	6,594	6,814	7,034	7,144	7,693	8,242	14
15	6,476	6,594	6,829	7,065	7,300	7,536	7,654	8,242	8,831	15
16	6,908	7,034	7,285	7,536	7,787	8,038	8,164	8,792	9,420	16
17	7,340	7,473	7,740	8,007	8,274	8,541	8,674	9,341	10,01	17
18	7,772	7,913	8,195	8,478	8,761	9,043	9,185	9,891	10,60	18
19	8,203	8,352	8,651	8,949	9,247	9,546	9,695	10,44	11,19	19
20	8,635	8,792	9,106	9,420	9,734	10,05	10,21	10,99	11,78	20
21	9,067	9,232	9,561	9,891	10,221	10,55	10,72	11,54	12,36	21
22	9,499	9,671	10,017	10,36	10,707	11,053	11,23	12,09	12,95	22
23	9,930	10,111	10,472	10,83	11,194	11,56	11,74	12,64	13,54	23
24	10,36	10,55	10,927	11,30	11,681	12,058	12,25	13,19	14,13	24
25	10,79	10,99	11,383	11,78	12,168	12,56	12,76	13,74	14,72	25
26	11,23	11,43	11,838	12,25	12,654	13,062	13,27	14,29	15,31	26
27	11,66	11,87	12,293	12,72	13,141	13,565	13,78	14,84	15,90	27
28	12,09	12,31	12,748	13,19	13,628	14,067	14,20	15,39	16,49	28
29	12,52	12,75	13,204	13,66	14,114	14,57	14,80	15,94	17,07	29
30	12,95	13,188	13,659	14,13	14,601	15,072	15,31	16,49	17,66	30
31	13,38	13,63	14,114	14,60	15,088	15,574	15,82	17,04	18,25	31
32	13,82	14,067	14,570	15,07	15,574	16,077	16,33	17,58	18,84	32
33	14,25	14,501	15,025	15,54	16,061	16,579	16,84	18,13	19,43	33
34	14,68	14,95	15,48	16,01	16,548	17,082	17,35	18,68	20,02	34
35	15,11	15,386	15,936	16,49	17,035	17,584	17,80	19,23	20,61	35
36	15,54	15,826	16,391	16,96	17,521	18,086	18,37	19,78	21,20	36
37	15,98	16,265	16,846	17,43	18,008	18,589	18,88	20,33	21,78	37
38	16,41	16,705	17,301	17,90	18,495	19,091	19,39	20,88	22,37	38
39	16,84	17,144	17,757	18,37	18,981	19,594	19,90	21,43	22,96	39
40	17,27	17,584	18,212	18,84	19,468	20,096	20,41	21,98	23,55	40
41	17,70	18,024	18,667	19,31	19,955	20,598	20,92	22,53	24,14	41
42	18,13	18,463	19,123	19,78	20,441	21,101	21,43	23,08	24,73	42
43	18,57	18,903	19,578	20,25	20,928	21,603	21,94	23,63	25,32	43
44	19,00	19,342	20,033	20,72	21,415	22,106	22,45	24,18	25,91	44
45	19,43	19,782	20,489	21,20	21,902	22,608	22,96	24,73	26,49	45

Gewicht in kg von 1 m Flacheisen.

1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg

(s. auch Anm. auf S. 144).

Dicke mm	Breite in mm									Dicke mm
	80	85	90	95	100	110	120	130	140	
1	0,628	0,667	0,707	0,746	0,785	0,864	0,942	1,021	1,099	1
2	1,256	1,335	1,413	1,492	1,570	1,727	1,884	2,041	2,198	2
3	1,884	2,002	2,120	2,237	2,355	2,591	2,826	3,062	3,297	3
4	2,512	2,669	2,826	2,983	3,140	3,454	3,768	4,082	4,396	4
5	3,140	3,336	3,532	3,729	3,925	4,317	4,710	5,103	5,495	5
6	3,768	4,003	4,239	4,474	4,710	5,181	5,652	6,123	6,594	6
7	4,396	4,671	4,946	5,220	5,495	6,044	6,594	7,144	7,693	7
8	5,024	5,338	5,652	5,966	6,280	6,908	7,536	8,164	8,792	8
9	5,652	6,005	6,358	6,712	7,065	7,771	8,478	9,185	9,891	9
10	6,280	6,672	7,065	7,457	7,850	8,635	9,420	10,21	10,99	10
11	6,908	7,340	7,771	8,203	8,635	9,498	10,36	11,23	12,09	11
12	7,536	8,007	8,478	8,949	9,420	10,36	11,30	12,25	13,19	12
13	8,164	8,674	9,184	9,695	10,20	11,23	12,25	13,27	14,29	13
14	8,792	9,341	9,891	10,44	10,99	12,09	13,19	14,29	15,39	14
15	9,420	10,01	10,60	11,19	11,77	12,95	14,13	15,31	16,49	15
16	10,05	10,68	11,30	11,93	12,56	13,82	15,07	16,33	17,58	16
17	10,68	11,34	12,01	12,68	13,35	14,68	16,01	17,35	18,68	17
18	11,30	12,01	12,72	13,42	14,13	15,54	16,96	18,37	19,78	18
19	11,93	12,68	13,42	14,17	14,92	16,41	17,90	19,39	20,88	19
20	12,56	13,35	14,13	14,92	15,70	17,27	18,84	20,41	21,98	20
21	13,19	14,01	14,84	15,66	16,49	18,13	19,78	21,43	23,08	21
22	13,82	14,68	15,54	16,41	17,27	19,00	20,72	22,45	24,18	22
23	14,44	15,35	16,25	17,15	18,06	19,86	21,67	23,47	25,28	23
24	15,07	16,01	16,96	17,90	18,84	20,72	22,61	24,49	26,38	24
25	15,70	16,68	17,66	18,64	19,63	21,59	23,55	25,51	27,48	25
26	16,33	17,35	18,37	19,39	20,41	22,45	24,49	26,53	28,57	26
27	16,96	18,02	19,08	20,14	21,20	23,31	25,43	27,55	29,67	27
28	17,58	18,68	19,78	20,88	21,98	24,18	26,38	28,57	30,77	28
29	18,21	19,35	20,49	21,63	22,77	25,04	27,32	29,60	31,87	29
30	18,84	20,02	21,20	22,37	23,55	25,91	28,26	30,62	32,97	30
31	19,47	20,68	21,90	23,12	24,34	26,77	29,20	31,64	34,07	31
32	20,10	21,35	22,61	23,86	25,12	27,63	30,14	32,66	35,17	32
33	20,72	22,02	23,31	24,61	25,91	28,50	31,09	33,68	36,27	33
34	21,35	22,69	24,02	25,36	26,69	29,36	32,03	34,70	37,37	34
35	21,98	23,35	24,73	26,10	27,48	30,22	32,97	35,72	38,47	35
36	22,61	24,02	25,43	26,85	28,26	31,09	33,91	36,74	39,56	36
37	23,24	24,69	26,14	27,59	29,05	31,95	34,85	37,76	40,66	37
38	23,86	25,36	26,85	28,34	29,83	32,81	35,80	38,78	41,76	38
39	24,49	26,02	27,55	29,08	30,62	33,68	36,74	39,80	42,86	39
40	25,12	26,69	28,26	29,83	31,40	34,54	37,68	40,82	43,96	40
41	25,75	27,36	28,97	30,58	32,19	35,40	38,62	41,84	45,06	41
42	26,38	28,03	29,67	31,32	32,97	36,27	39,56	42,86	46,16	42
43	27,00	28,69	30,38	32,07	33,76	37,13	40,51	43,88	47,26	43
44	27,63	29,36	31,09	32,81	34,54	37,99	41,45	44,90	48,36	44
45	28,26	30,03	31,79	33,56	35,33	38,86	42,39	45,92	49,46	45

Gewicht in kg von 1 m Flacheisen.

1 m³ Stabeisen (Flußeisen) wiegt 7850 kg

(s. auch Anm. auf S. 144).

Dicke mm	Breite in mm									Dicke mm
	150	160	170	180	190	200	210	220	230	
1	1,178	1,256	1,335	1,413	1,492	1,570	1,649	1,727	1,806	1
2	2,355	2,512	2,669	2,826	2,983	3,140	3,297	3,454	3,611	2
3	3,533	3,768	4,004	4,239	4,475	4,710	4,946	5,181	5,417	3
4	4,710	5,024	5,338	5,652	5,966	6,280	6,594	6,908	7,222	4
5	5,887	6,280	6,673	7,065	7,458	7,850	8,243	8,635	9,028	5
6	7,065	7,536	8,007	8,478	8,949	9,420	9,891	10,362	10,833	6
7	8,242	8,792	9,342	9,891	10,440	10,990	11,540	12,089	12,638	7
8	9,420	10,05	10,68	11,30	11,93	12,56	13,19	13,816	14,44	8
9	10,60	11,30	12,01	12,72	13,42	14,13	14,84	15,543	16,25	9
10	11,77	12,56	13,35	14,13	14,92	15,70	16,49	17,270	18,06	10
11	12,95	13,82	14,68	15,54	16,41	17,27	18,13	18,997	19,86	11
12	14,13	15,07	16,01	16,96	17,90	18,84	19,78	20,724	21,67	12
13	15,31	16,33	17,35	18,37	19,39	20,41	21,43	22,451	23,47	13
14	16,48	17,58	18,68	19,78	20,88	21,98	23,08	24,178	25,28	14
15	17,66	18,84	20,02	21,20	22,37	23,55	24,73	25,905	27,08	15
16	18,84	20,10	21,35	22,61	23,86	25,12	26,38	27,632	28,89	16
17	20,02	21,35	22,69	24,02	25,36	26,69	28,02	29,359	30,69	17
18	21,20	22,61	24,02	25,43	26,85	28,26	29,67	31,086	32,50	18
19	22,37	23,86	25,36	26,85	28,34	29,83	31,32	32,813	34,30	19
20	23,55	25,12	26,69	28,26	29,83	31,40	32,97	34,54	36,11	20
21	24,73	26,38	28,02	29,67	31,32	32,97	34,62	36,27	37,92	21
22	25,91	27,63	29,36	31,09	32,81	34,54	36,27	37,994	39,72	22
23	27,08	28,89	30,69	32,50	34,31	36,11	37,92	39,721	41,53	23
24	28,26	30,14	32,03	33,91	35,80	37,68	39,56	41,45	43,33	24
25	29,44	31,40	33,36	35,33	37,29	39,25	41,21	43,18	45,14	25
26	30,61	32,66	34,70	36,74	38,78	40,28	42,86	44,902	46,94	26
27	31,79	33,91	36,03	38,15	40,27	42,39	44,51	46,63	48,75	27
28	32,97	35,17	37,37	39,56	41,76	43,96	46,16	48,36	50,55	28
29	34,15	36,42	38,70	40,98	43,25	45,53	47,81	50,083	52,36	29
30	35,33	37,68	40,04	42,39	44,75	47,10	49,46	51,81	54,17	30
31	36,50	38,94	41,37	43,80	46,24	48,67	51,10	53,54	55,97	31
32	37,68	40,19	42,70	45,22	47,73	50,24	52,75	55,264	57,78	32
33	38,86	41,45	44,04	46,63	49,22	51,81	54,40	56,991	59,58	33
34	40,04	42,70	45,37	48,04	50,71	53,38	56,05	58,72	61,39	34
35	41,21	43,96	46,71	49,46	52,20	54,95	57,70	60,45	63,19	35
36	42,39	45,22	48,04	50,87	53,69	56,52	59,35	62,172	64,99	36
37	43,57	46,47	49,38	52,28	55,19	58,09	60,99	63,899	66,80	37
38	44,75	47,73	50,71	53,69	56,68	59,66	62,64	65,63	68,61	38
39	45,92	48,98	52,05	55,11	58,17	61,23	64,29	67,353	70,41	39
40	47,10	50,24	53,38	56,52	59,66	62,80	65,94	69,08	72,22	40
41	48,28	51,50	54,72	57,93	61,15	64,37	67,59	70,81	74,03	41
42	49,46	52,75	56,05	59,35	62,64	65,94	69,24	72,534	75,83	42
43	50,63	54,01	57,38	60,76	64,14	67,51	70,89	74,261	77,64	43
44	51,81	55,26	58,72	62,17	65,63	69,08	72,53	75,99	79,44	44
45	52,99	56,52	60,05	63,59	67,12	70,65	74,18	77,72	81,25	45

Gewicht von Metallplatten in kg/m².

Dicke mm	Guß- eisen	Schweißeisen	Flußeisen	Flußstahl und gewalzter Stahl	Kupfer	Messing	Bronze	Zink	Blei
1	7,25	7,8	7,85	7,86	8,9	8,55	8,6	7,2	11,37
2	14,50	15,6	15,70	15,72	17,8	17,10	17,2	14,4	22,74
3	21,75	23,4	23,55	23,58	26,7	25,65	25,8	21,6	34,11
4	29,00	31,2	31,40	31,44	35,6	34,20	34,4	28,8	45,48
5	36,25	39,0	39,25	39,30	44,5	42,75	43,0	36,0	56,85
6	43,50	46,8	47,10	47,16	53,4	51,30	51,6	43,2	68,22
7	50,75	54,6	54,95	55,02	62,3	59,85	60,2	50,4	79,59
8	58,00	62,4	62,80	62,88	71,2	68,40	68,8	57,6	90,96
9	65,25	70,2	70,65	70,74	80,1	76,95	77,4	64,8	102,33
10	72,50	78,0	78,50	78,60	89,0	85,50	86,0	72,0	113,70
11	79,75	85,8	86,35	86,46	97,9	94,05	94,6	79,2	125,07
12	87,00	93,6	94,20	94,32	106,8	102,60	103,2	86,4	136,44
13	94,25	101,4	102,05	102,18	115,7	111,15	111,8	93,6	147,81
14	101,50	109,2	109,90	110,04	124,6	119,70	120,4	100,8	159,18
15	108,75	117,0	117,75	117,90	133,5	128,25	129,0	108,0	170,55
16	116,00	124,8	125,60	125,76	142,4	136,80	137,6	115,2	181,92
17	123,25	132,6	133,45	133,62	151,3	145,35	146,2	122,4	193,29
18	130,50	140,4	141,30	141,48	160,2	153,90	154,8	129,6	204,66
19	137,75	148,2	149,15	149,34	169,1	162,45	163,4	136,8	216,03
20	145,00	156,0	157,00	157,20	178,0	171,00	172,0	144,0	227,40
21	152,25	163,8	164,85	165,06	186,9	179,55	180,6	151,2	238,77
22	159,50	171,6	172,70	172,92	195,8	188,10	189,2	158,4	250,14
23	166,75	179,4	180,55	180,78	204,7	196,65	197,8	165,6	261,51
24	174,00	187,2	188,40	188,64	213,6	205,20	206,4	172,8	272,88
25	181,25	195,0	196,25	196,50	222,5	213,75	215,0	180,0	284,25
26	188,50	202,8	204,10	204,36	231,4	222,30	223,6	187,2	295,62
27	195,75	210,6	211,95	212,22	240,3	230,85	232,2	194,4	306,99
28	203,00	218,4	219,80	220,08	249,2	239,40	240,8	201,6	318,36
29	210,25	226,2	227,65	227,94	258,1	247,95	249,4	208,8	329,73
30	217,50	234,0	235,50	235,80	267,0	256,50	258,0	216,0	341,10
Gewichte vorstehender Metalle, bezogen auf:									
Guß- eisen .	1	1,076	1,083	1,084	1,228	1,179	1,86	0,993	1,568
Schweißeisen .	0,929	1	1,006	1,008	1,141	1,096	1,103	0,923	1,458
Flußeisen .	0,924	0,924	1	1,001	1,134	1,089	1,096	0,917	1,448

Zulässige Maßabweichungen.

Rund- und Quadrateisen		Bandeisen		
Stärke	Zulässige Abweichung	Breite	Zulässige Abweichung	
mm	mm	mm	in der Breite mm	in der Stärke mm
5—13	0,25	6 1/2 bis unter 20	0,40	0,15
über 13—30	0,40	20 " " 40	0,50	0,15
" 30—60	0,50	40 " " 100	1,00	0,20
" 60—100	0,75	100 und mehr	1,50	0,20
" 100	1,00—1,50			

Schrauben- und Nieteisen, 5—30 mm stark, mit 0,15 mm größter Maßabweichung nur gegen vereinbarten Aufpreis.

Eisen von 30 mm Stärke und darüber wird mit geringerer als oben angegebener Abweichung nur nach Vereinbarung geliefert.

Gewicht von 1000 m Draht in kg.

Spez. Gewichte: Draht aus Schmiedeeisen 7,65, Stahl 7,956, Kupfer 9,00, Messing 8,687.

Dicke	Schmiedeeisen	Stahl	Kupfer	Messing	Dicke	Schmiedeeisen	Stahl	Kupfer	Messing
mm	kg	kg	kg	kg	mm	kg	kg	kg	kg
0,14	0,118	0,122	0,139	0,134	1,4	11,78	12,25	13,86	13,37
0,16	0,154	0,160	0,181	0,175	1,6	15,38	16,00	18,10	17,46
0,18	0,195	0,202	0,229	0,221	1,8	19,47	20,25	22,90	22,11
0,20	0,240	0,250	0,283	0,273	2,0	24,03	25,00	28,28	27,29
0,22	0,291	0,302	0,342	0,330	2,2	29,08	30,24	34,21	33,03
0,24	0,346	0,360	0,407	0,393	2,5	37,55	39,05	44,18	42,65
0,26	0,406	0,422	0,478	0,461	2,8	47,10	48,99	55,42	53,47
0,28	0,471	0,490	0,554	0,535	3,1	57,74	60,05	67,93	65,55
0,31	0,577	0,600	0,679	0,656	3,4	69,46	72,23	81,71	78,85
0,34	0,695	0,722	0,817	0,789	3,8	86,76	90,02	102,1	98,52
0,37	0,823	0,855	0,968	0,934	4,2	105,99	110,23	124,7	120,3
0,40	0,961	1,000	1,131	1,092	4,6	127,14	132,22	149,6	144,4
0,45	1,217	1,265	1,431	1,382	5,0	150,21	156,22	176,7	170,5
0,50	1,502	1,562	1,767	1,706	5,5	181,75	189,02	213,8	206,4
0,55	1,817	1,890	2,138	2,064	6,0	216,30	224,95	254,5	245,6
0,60	2,163	2,249	2,545	2,456	6,5	253,85	264,01	298,6	288,3
0,70	2,944	3,062	3,464	3,343	7,0	294,41	306,19	346,4	334,3
0,80	3,845	3,999	4,524	4,367	7,6	347,04	360,92	408,3	394,1
0,90	4,867	5,061	5,726	5,526	8,2	404,00	420,16	475,3	458,8
1,00	6,008	6,249	7,069	6,823	8,8	465,28	483,89	547,4	528,4
1,10	7,270	7,561	8,553	8,256	9,4	530,89	552,13	624,6	602,9
1,20	8,652	8,998	10,18	9,825	10,0	600,83	624,86	706,9	682,3
1,30	10,154	10,560	11,95	11,53					

Gewicht von Aluminium (Blech, Draht, Rohre).

Aluminium-Blech		Aluminium-Draht		Aluminium-Rohre Gewicht von 1 m in kg		
Dicke mm	Gewicht von 1 m ² kg	Durch- messer mm	Gewicht von 1 m g	Äußerer Durchm. mm	Wandstärke in mm	
					0,5 kg	1 kg
0,25	0,67	0,5	0,53	5	0,0190	0,0340
0,3	0,81	1,0	2,12	6	0,0233	0,0424
0,4	1,08	1,5	4,77	8	0,0317	0,0590
0,5	1,35	2,0	8,48	10	0,0403	0,0763
0,6	1,62	2,5	13,23	12	0,0487	0,0933
0,7	1,89	3,0	19,06	15	0,0612	0,1185
0,8	2,16	3,5	25,97	20	0,0827	0,1612
0,9	2,43	4,0	33,91	25	0,1039	0,2035
1,0	2,70	4,5	42,93	30	0,1250	0,2460
1,5	4,05	5,0	53,0	35	0,1408	0,2884
2,0	5,40	5,5	64,12	40	0,1612	0,3308
2,5	6,75	6,0	76,32	45	0,1816	0,3731
3,0	8,10	6,5	89,58	50	0,2020	0,4156
3,5	9,45	7,0	103,9	55	0,2223	0,4579
4,0	10,80	7,5	119,3	60	0,2430	0,5005
4,5	12,15	8,0	135,7	65		0,5429
5,0	13,50	8,5	153,2	70		0,5825
		9,0	171,7	80		0,6696
		9,5	191,4			
		10,0	212,0			

Stubs Stahldraht-Buchstaben-Lehren.

Buch- staben	= Stärke in mm	Buch- staben	= Stärke in mm	Buch- staben	= Stärke in mm	Buch- staben	= Stärke in mm
A	5,944	H	6,756	O	8,026	V	9,576
B	6,045	I	6,909	P	8,204	W	9,804
C	6,147	J	7,036	Q	8,433	X	10,084
D	6,248	K	7,137	R	8,611	Y	10,262
E	6,350	L	7,366	S	8,839	Z	10,490
F	6,528	M	7,493	T	9,093		
G	6,629	N	7,671	U	9,347		

Stahldraht-Nummernlehre der Morse Twist Drill and Mach. Comp. New Bedford, Mass. U.S.A.

Nr.	Stärke mm	Nr.	Stärke mm	Nr.	Stärke mm	Nr.	Stärke mm	Nr.	Stärke mm
1	5,79	17	4,39	33	2,87	49	1,85	65	0,89
2	5,61	18	4,31	34	2,82	50	1,78	66	0,84
3	5,41	19	4,22	35	2,79	51	1,70	67	0,81
4	5,31	20	4,09	36	2,71	52	1,61	68	0,79
5	5,22	21	4,04	37	2,64	53	1,51	69	0,74
6	5,18	22	3,99	38	2,58	54	1,40	70	0,71
7	5,11	23	3,91	39	2,53	55	1,32	71	0,66
8	5,05	24	3,86	40	2,49	56	1,18	72	0,64
9	4,98	25	3,80	41	2,44	57	1,09	73	0,61
10	4,91	26	3,73	42	2,37	58	1,07	74	0,57
11	4,85	27	3,66	43	2,26	59	1,04	75	0,53
12	4,80	28	3,57	44	2,18	60	1,02	76	0,51
13	4,70	29	3,45	45	2,08	61	0,99	77	0,46
14	4,62	30	3,26	46	2,06	62	0,97	78	0,41
15	4,57	31	3,05	47	1,99	63	0,94	79	0,37
16	4,50	32	2,95	48	1,93	64	0,91	80	0,34

Gewichtstafeln für Feinbleche der Deutschen und Dillinger Lehre. Gewicht in kg/m².

Dicke mm	Schweiß- eisen	Flußeisen	Flußstahl	Dicke mm	Schweiß- eisen	Flußeisen	Flußstahl
0,30	2,34	2,36	2,36	1,375	10,7	10,8	10,8
0,375	2,93	2,94	2,95	1,40	10,9	11,0	11,0
0,40	3,12	3,14	3,14	1,50	11,7	11,8	11,8
0,438	3,42	3,44	3,44	1,55	12,1	12,2	12,2
0,50	3,90	3,93	3,93	1,70	13,3	13,3	13,4
0,562	4,38	4,41	4,42	1,75	13,7	13,7	13,8
0,60	4,68	4,71	4,72	1,85	14,4	14,5	14,5
0,625	4,88	4,91	4,91	2,00	15,6	15,7	15,7
0,68	5,30	5,34	5,34	2,25	17,6	17,7	17,7
0,70	5,46	5,50	5,50	2,50	19,5	19,6	19,7
0,75	5,85	5,89	5,90	2,75	21,5	21,6	21,6
0,80	6,24	6,28	6,29	3,00	23,4	23,6	23,6
0,875	6,83	6,87	6,88	3,25	25,4	25,5	25,5
0,90	7,02	7,07	7,07	3,50	27,3	27,5	27,5
1,00	7,80	7,85	7,86	3,75	29,3	29,4	29,5
1,10	8,58	8,64	8,65	4,00	31,2	31,4	31,4
1,125	8,78	8,83	8,84	4,25	33,2	33,4	33,4
1,25	9,75	9,81	9,83	4,50	35,1	35,3	35,4

Tafel der gebräuchlichsten Bleche.

Weißbleche					Eisenbleche und verzinkte Eisenbleche			Zinkbleche schlesische			
Dicke etwa mm	Marke	Form	Größe etwa mm	Gewicht einer Tafel etwa kg	Deutsche Blech- lehre Nr.	Dicke etwa mm	Ge- wicht eines m ² etwa kg	Nr.	Dicke etwa mm	Ge- wicht eines m ² etwa kg	
0,15	N	einfach	265/380	0,128	1	5,50	44	1	0,100	0,70	
0,19	IC ⁴ /L	} dop- pel- breit	380/530	0,310	2	5,00	40	2	0,143	1,—	
0,22	IC ³ /L		"	"	0,347	3	4,50	36	3	0,186	1,30
0,24	ICLL		"	"	0,375	4	4,25	34	4	0,228	1,60
0,27	ICL		"	"	0,445	5	4,00	32	5	0,250	1,75
0,32	IC		"	"	0,510	6	3,75	30	6	0,300	2,10
0,36	IX	"	"	0,590	7	3,50	28	7	0,350	2,45	
0,24	DIC ² /L	} vier- fach	530/760	0,750	8	3,25	26	8	0,400	2,80	
0,28	DICL		"	"	0,890	9	3,00	24	9	0,450	3,15
0,31	DIC		"	"	1,018	10	2,75	22	10	0,500	3,50
0,37	DIX		"	"	1,178	11	2,50	20	11	0,580	4,06
0,41	DIXX		"	"	1,356	12	2,25	18	12	0,660	4,62
0,46	DI ³ /X	} vier- fach	"	1,447	13	2,00	16	13	0,740	5,18	
0,52	DI ⁴ /X		"	"	1,660	14	1,75	14	14	0,820	5,74
0,58	DI ⁵ /X		"	"	1,840	15	1,50	12	15	0,950	6,65
0,64	DI ⁶ /X		"	"	2,000	16	1,375	11	16	1,080	7,56
0,70	DI ⁷ /X		"	"	2,180	17	1,25	10	17	1,210	8,47
0,80	DI ⁸ /X	} vier- fach	"	2,500	18	1,125	9	18	1,340	9,38	
0,90	DI ⁹ /X		"	"	2,779	19	1,00	8	19	1,470	10,29
1,00	DI ¹⁰ /X		"	"	3,125	20	0,87	7	20	1,600	11,20
0,43	S		} dop- pel- breit	435/650	0,920	21	0,75	6	21	1,780	12,46
0,50	2/S			"	"	1,100	22	0,625	5	22	1,960
0,57	3/S	"		"	1,280	23	0,56	4,5	23	2,140	14,98
0,66	4/S	} Pon- ton		"	1,480	24	0,50	4	24	2,320	16,24
0,75	5/S			"	"	1,660	25	0,44	3,5	25	2,500
					26	0,37	3	26	2,680	18,76	

Messing- und Kupferbleche.

Nr.	Dicke etwa mm	Gewicht eines m ²		Nr.	Dicke etwa mm	Gewicht eines m ²		Nr.	Dicke etwa mm	Gewicht eines m ²	
		Messing- blech etwa kg	Kupfer- blech etwa kg			Messing- blech etwa kg	Kupfer- blech etwa kg			Messing- blech etwa kg	Kupfer- blech etwa kg
00	10,5	89,770	93,455	13	2,55	21,350	22,250	27	0,75	6,410	6,670
0	9,5	81,220	84,555	14	2,2	19,235	20,020	28	0,7	5,985	6,230
1	8,5	72,670	75,655	15	2,05	17,100	17,800	29	0,65	5,555	5,785
2	7,5	64,120	66,755	16	1,8	15,815	16,460	30	0,6	5,130	5,340
3	7,0	59,855	62,305	17	1,7	14,535	15,130	31	0,55	4,700	4,895
4	6,5	55,570	57,855	18	1,5	12,825	13,350	32	0,5	4,275	4,450
5	6,0	51,300	53,400	19	1,4	11,970	12,465	33	0,45	3,845	4,005
6	5,5	47,020	48,975	20	1,3	11,112	11,570	34	0,4	3,420	3,560
7	5,0	42,755	44,500	21	1,2	10,265	10,685	35	0,35	2,990	3,115
8	4,5	38,470	40,055	22	1,1	9,400	9,790	36	0,3	2,560	2,67
9	3,75	32,060	33,370	23	1,0	8,550	8,900	37	0,275	2,350	2,445
10	3,5	29,920	31,150	24	0,9	7,690	8,010	38	0,25	2,135	2,225
11	3,05	25,615	26,700	25	0,85	7,265	7,560	39	0,225	1,925	2,0
12	2,7	23,570	24,470	26	0,8	6,840	7,120	40	0,2	1,710	1,780

Feinblech- und Drahtlehren.

„Twist Drill Gage“ und „Steel Wire Gage“ werden für Spiralbohrer und für den hierzu benutzten Stahl Draht verwendet. Diese Maße dürfen nicht mit den Maßen der „Stubs Steel Wire Gage“ verwechselt werden. „Stubs Iron Wire Gage“ ist gleichbedeutend mit „English Standard Wire Gage“ und mit „Birmingham Wire Gage“ und dient zum Messen der Stubs'schen Eisendrähte. Die „Stubs Steel Wire Gage“ wird verwendet zum Messen von gezogenem Stahl Draht und Bohrer Draht, sie ist bei den meisten amerikanischen Drahtwerken, die Spiralbohrer Draht herstellen, im Gebrauche. Die **Blechlehren** entsprechen den gleichnamigen **Drahtlehren**. Maße in Millimeter.

Nr.	Twist Drill and Steel Wire Gage	American oder Brown & Sharpe Gage	Birmingham od. Stubs Iron Wire Gage	Washburn & Moen Mfg. Co. Gage	Trenton Iron Co. Wire Gage	Stubs Steel Wire Gage	Imperial Wire Gage	United States Standard Gage	Klaviersaiten - draht	
									Washburn & Moen Gage	Webster & Horsefall Gage
8-0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,210	-
7-0	-	-	-	-	-	-	-	12,699	0,220	-
6-0	-	-	-	-	-	Siehe	11,785	11,905	0,241	-
5-0	-	-	-	-	11,430	Buch-	10,972	11,112	0,253	-
4-0	-	11,683	11,531	10,002	10,159	staben-	10,159	10,317	0,279	0,152
3-0	-	10,388	10,795	9,207	9,143	lehre	9,448	9,524	0,304	0,177
2-0	-	9,245	9,652	8,406	8,381	-	8,838	8,729	0,337	0,203
1-0	-	8,249	8,636	7,784	7,746	-	8,228	7,937	0,365	0,228
1	5,791	7,347	7,620	7,187	7,238	5,776	7,619	7,142	0,396	0,253
2	5,613	6,542	7,213	6,665	6,730	5,563	7,010	6,745	0,421	0,279
3	5,410	5,826	6,578	6,183	6,222	5,385	6,400	6,349	0,452	0,304
4	5,309	5,189	6,045	5,722	5,714	5,258	5,892	5,950	0,477	0,330
5	5,220	4,520	5,588	5,257	5,206	5,182	5,384	5,554	0,513	0,355
6	5,182	4,114	5,156	4,876	4,825	5,105	4,876	5,158	0,546	0,406
7	5,105	3,662	4,572	4,518	4,444	5,055	4,470	4,762	0,584	0,457
8	5,055	3,261	4,191	4,114	4,063	5,004	4,063	4,363	0,617	0,507
9	4,978	2,805	3,759	3,766	3,682	4,928	3,657	3,967	0,650	0,558
10	4,915	2,585	3,404	3,428	3,301	4,851	3,250	3,571	0,685	0,609
11	4,851	2,203	3,048	3,060	2,984	4,775	2,946	3,174	0,721	0,660
12	4,801	2,054	2,769	2,679	2,666	4,699	2,641	2,776	0,751	0,736
13	4,699	1,828	2,413	2,324	2,349	4,623	2,336	2,506	0,797	0,787
14	4,623	1,627	2,108	2,031	2,031	4,572	2,031	1,984	0,828	0,838
15	4,552	1,449	1,829	1,829	1,777	4,521	1,828	1,785	0,876	0,888
16	4,496	1,290	1,651	1,587	1,549	4,445	1,625	1,587	0,914	0,939
17	4,394	1,149	1,473	1,371	1,333	4,369	1,422	1,428	0,957	0,990
18	4,305	1,023	1,245	1,206	1,142	4,267	1,219	1,269	1,003	1,041
19	4,216	0,911	1,067	1,041	1,015	4,166	1,015	1,111	1,051	1,092
20	4,089	0,811	0,889	0,883	0,888	4,089	0,914	0,952	1,102	1,142
21	4,039	0,722	0,813	0,806	0,787	3,988	0,812	0,872	1,168	1,193
22	3,988	0,642	0,711	0,726	0,711	3,937	0,711	0,793	1,226	1,320
23	3,912	0,573	0,635	0,655	0,634	3,886	0,609	0,714	1,295	1,396
24	3,861	0,510	0,559	0,584	0,571	3,835	0,558	0,634	1,396	1,498
25	3,797	0,454	0,508	0,518	0,507	3,759	0,507	0,555	1,488	1,549
26	3,734	0,404	0,457	0,459	0,457	3,708	0,457	0,476	1,589	1,650
27	3,658	0,360	0,406	0,439	0,431	3,632	0,416	0,436	1,671	1,777
28	3,569	0,321	0,356	0,411	0,406	3,531	0,378	0,396	1,828	1,828
29	3,454	0,285	0,330	0,380	0,380	3,404	0,345	0,356	1,930	1,955
30	3,264	0,254	0,305	0,355	0,355	3,226	0,314	0,317	2,03	2,108
31	3,048	0,226	0,254	0,335	0,330	3,048	0,294	0,277	-	-
32	2,946	0,201	0,229	0,325	0,304	2,921	0,274	0,257	-	-
33	2,870	0,179	0,203	0,299	0,279	2,845	0,253	0,238	-	-
34	2,819	0,160	0,178	0,264	0,253	2,794	0,243	0,218	-	-
35	2,794	0,142	0,127	0,241	0,241	2,743	0,213	0,198	-	-
36	2,705	0,126	0,102	0,228	0,228	2,692	0,193	0,178	-	-
37	2,641	0,113	-	-	0,215	2,616	0,172	0,168	-	-
38	2,578	0,100	-	-	0,203	2,565	0,152	0,158	-	-
39	2,526	0,089	-	-	0,190	2,515	0,132	-	-	-
40	2,488	0,0798	-	-	0,177	2,464	0,121	-	-	-

Feinblech- und Drahtlehren.

Maße in mm.

Nr.	Twist Drill und Steel Wire Gage	Stubs Steel Wire Gage	Imperial Wire Gage		Nr.	Twist Drill und Steel Wire Gage	Stubs Steel Wire Gage	Imperial Wire Gage
41	2,437	2,413	0,111		61	0,990	0,965	—
42	2,374	2,337	0,101		62	0,965	0,940	—
43	2,260	2,235	0,091		63	0,939	0,914	—
44	2,183	2,159	0,081		64	0,914	0,889	—
45	2,081	2,057	0,0711		65	0,889	0,838	—
46	2,057	2,007	0,060		66	0,838	0,813	—
47	1,993	1,956	0,050		67	0,812	0,787	—
48	1,930	1,905	0,040		68	0,787	0,762	—
49	1,853	1,829	0,030		69	0,743	0,737	—
50	1,770	1,753	0,025		70	0,711	0,686	—
51	1,701	1,676	—		71	0,660	0,660	—
52	1,612	1,600	—		72	0,635	0,610	—
53	1,511	1,473	—		73	0,609	0,584	—
54	1,396	1,397	—		74	0,571	0,559	—
55	1,320	1,270	—		75	0,533	0,508	—
56	1,181	1,143	—		76	0,508	0,457	—
57	1,092	1,067	—		77	0,457	0,406	—
58	1,066	1,041	—		78	0,406	0,381	—
59	1,041	1,016	—		79	0,368	0,356	—
60	1,016	0,991	—		80	0,343	0,330	—

Gewichts- und Widerstandstafel von Kupferdrähten bei 15° C.

(Siehe Seite 80 und 81.)

Spezifisches Gewicht = 8,9;
spezifischer Leitwiderstand c bei 15° C = 0,0174;

$$\text{Leitungswiderstand} = \frac{0,0174 \cdot \text{Länge (in m)}}{\text{Querschnitt (in mm}^2\text{)}}.$$

Durchmesser	Querschnitt	Gewicht für 1 m	Widerstand für 1 m		Durchmesser	Querschnitt	Gewicht für 1 m	Widerstand für 1 m
mm	mm ²	g	Ohm		mm	mm ²	g	Ohm
0,37	0,108	0,957	0,162		2,3	4,155	36,98	0,00419
0,45	0,159	1,416	0,109		2,8	6,158	54,81	0,00283
0,5	0,196	1,748	0,0886		3,2	8,04	71,59	0,00216
0,6	0,283	2,510	0,0615		3,6	10,18	90,60	0,00171
0,7	0,385	3,426	0,0453		4,0	12,57	111,9	0,00139
0,8	0,503	4,474	0,0346		4,4	15,21	135,4	0,00115
1,0	0,785	6,991	0,0222		5,1	20,43	181,8	0,000852
1,2	1,131	10,07	0,0154		5,7	25,52	217,1	0,000628
1,4	1,539	13,7	0,0113		6,5	33,18	295,4	0,000524
1,8	2,545	22,65	0,00684		8,0	50,77	447,4	0,000346

Beispiel: Durchmesser = 0,8 mm;

$$\text{Querschnitt} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \text{ mm}^2 = 0,503 \text{ mm}^2 \text{ (s. S. 2);}$$

$$\text{Leitungswiderstand} = \frac{0,0174 \cdot 1}{0,503} \text{ Ohm} = 0,0346 \text{ Ohm.}$$

Gewichte und Bruchfestigkeit von Seilen. Drahtseile.

Durchmesser mm	Arbeitslast bei 6facher Sicherheit			Gewicht auf 1 m Länge kg
	Eisendraht geglüht kg	Eisendraht blank kg	Gußstahl- draht kg	
9	150	200	450	0,22
10	175	250	520	0,26
11	210	280	620	0,31
12	260	370	820	0,40
13	315	430	950	0,46
14	380	500	1100	0,52
15	440	670	1450	0,70
16	500	775	1650	0,82
17	575	840	1800	0,86
18	680	950	2100	1,05
19	740	1000	2250	1,10
20	800	1050	2400	1,20
21	880	1100	2650	1,30
22	960	1250	2850	1,45
23	1050	1400	3100	1,60
24	1120	1500	3300	1,70
25	1200	1600	3500	1,85

Sind die Seiltrommeln im Durchmesser kleiner als das 20fache des Seildurchmessers, so ist eine geringere Beanspruchung in die Berechnung aufzunehmen.

Hanfseile.

Durchmesser mm	Arbeitslast bei 8facher Sicherheit kg	Gewicht auf 1 m Länge kg
10	70	0,08
12	100	0,12
15	150	0,18
18	225	0,26
20	275	0,33
23	360	0,42
25	450	0,52
30	610	0,72
35	825	0,95
40	1100	1,20
45	1400	1,60
50	1700	1,90
60	2400	2,80
70	3400	4,00

Lastketten.

a) Bergwerks-, Schiffs- und Kranketten

der „Hansa“, Kettenfabrik und Hammerwerk, G. m. b. H., Dortmund.

Eisen- stärke	Ungefähr. Gewicht für 100 m	Zulässige Belastung	Eisen- stärke	Ungefähr. Gewicht für 100 m	Zulässige Belastung	Eisen- stärke	Ungefähr. Gewicht für 100 m	Zulässige Belastung
5	60	250	28	1850	7810	52	6200	26990
6	80	360	29	1950	8300	53	6450	28040
6 ^{1/2}	90	400	30	2100	9000	54	6650	29100
7	110	490	31	2230	9600	55	6780	30190
8	140	640	32	2300	10260	56	7100	31300
9	180	810	33	2500	10890	57	7400	32430
10	230	1000	34	2750	11550	58	7520	33580
11	270	1210	35	2900	12225	59	7840	34750
12	320	1440	36	3000	12960	60	8200	35930
13	380	1690	37	3300	13670	61	8400	37150
14	440	1960	38	3400	14420	62	8770	38370
15	510	2250	39	3520	15185	63	9000	39600
16	600	2560	40	3600	16030	64	9250	40880
17	700	2900	41	3800	16840	65	9570	42170
18	730	3240	42	4000	17660	66	9980	43460
19	810	3600	43	4300	18460	67	10200	44800
20	900	4000	44	4600	19325	68	10600	46150
21	1000	4400	45	4750	20250	69	10950	47500
22	1100	4840	46	4950	21120	70	11200	48910
23	1200	5300	47	5100	22040	71	11500	50300
24	1300	5760	48	5400	23050	72	11880	51725
25	1400	6260	49	5600	23960	73	12000	53170
26	1600	6760	50	5800	24950	74	12400	54635
27	1740	7280	51	5950	25970	75	12840	56125

b) Gall'sche Gelenkketten.

Trag- fähig- keit kg	Teil- lung mm	Breite mm	Ge- wicht für 1 m kg	Trag- fähig- keit kg	Teil- lung mm	Breite mm	Ge- wicht für 1 m kg	Trag- fähig- keit kg	Teil- lung mm	Breite mm	Ge- wicht für 1 m kg
100	15	23	0,7	3000	50	88	11,5	12500	85	182	46
250	20	28	1	4000	55	108	16,5	15000	90	190	51
500	25	38	2	5000	60	115	19	17500	95	218	65
750	30	45	2,7	6000	65	125	25	20000	100	225	82
1000	35	48	3,8	7500	70	150	32	25000	110	240	69
1500	40	56	5	8500	75	155	34	30000	125	300	112
2000	45	65	7,1	10000	80	160	37				

Gewichte geschweißter Gasröhren.

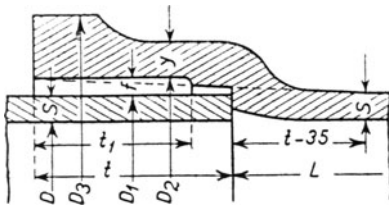
Es werden noch viele Gasröhren in den Handel gebracht, die nicht den Normalabmessungen, wie sie vom Verein Deutscher Ingenieure, vom Verein Deutscher Gas- und Wasserfachmänner usw. im Jahre 1903 aufgestellt wurden, entsprechen, sondern den englischen.

In der folgenden Tafel bedeutet D die lichte Weite in engl. Zoll, S die Wandstärke in mm und g das Rohrgewicht in kg für 1 Meter.

$D =$	$1/8$	$1/4$	$3/8$	$1/2$	$5/8$	$3/4$
$S =$	1,9	2,1	2,3	2,7	3	3
$g =$	0,4	0,57	0,87	1,15	1,50	1,72
$D =$	$7/8$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2
$S =$	3,3	3,3	3,7	3,9	4	4,3
$g =$	2,25	2,44	3,4	4,2	4,6	5,8
$D =$	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	3	$3\frac{1}{2}$	4
$S =$	4,5	4,7	4,8	5	5,3	5,3
$g =$	6,8	7,7	8,9	10	11,5	13,5

Die Gewichte der Gasröhren, die den im Jahre 1903 aufgestellten deutschen Normalien entsprechen, sind:

$D =$	$1/8$	$1/4$	$3/8$	$1/2$	$5/8$
$S =$	2,75	3,35	3,5	3,9	3,6
$g =$	0,6	0,8	1,13	1,6	1,72
$D =$	$3/4$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
$S =$	3,7	3,8	5,1	4,95	3,8
$g =$	2,0	2,76	5	5,2	4,6
$D =$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4
$S =$	4,1	6,25	6,4	6,3	6,2
$g =$	5,6	10,9	12,9	14	15



DEUTSCHE NORMALIEN FÜR GUSSEISERNE RÖHREN.

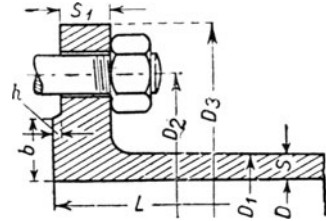
Muffen-Röhren.

Gemeinschaftlich aufgestellt 1882 vom Verein Deutscher Ingenieure
und vom Verein Deutscher Gas- und Wasserfachmänner.

Abmessungen in mm										Gewichte in kg			
Lichter Rohr- durchmesser <i>D</i>	Äußerer Rohr- durchmesser <i>D₁</i>	Wandstärke <i>S</i>	Übliche Baulänge in Meter <i>L</i>	Innere Muffentiefe <i>t</i>	Stärke der Dichtungsfuge <i>f</i>	Dichtungstiefe <i>t₁</i>	Äußerer Durch- messer der Muffe <i>D₃</i>	Innere Durch- messer der Muffe <i>D₂</i>	Muffen- wandstärke <i>Y</i>	der Muffe	von 1 m Rohr ausschl. der Muffe	eines Rohres von vorstehender Baulänge	von 1 m Rohr einschl. der Muffe
40	56	8	2	74	7	62	116	70	11	2,68	8,75	20,18	10,09
50	66	8	2	77	7,5	65	127	81	11	3,14	10,57	24,28	12,14
60	77	8,5	2	80	7,5	67	140	92	12	3,89	13,26	30,41	15,21
70	87	8,5	3	82	7,5	69	150	102	12	4,35	15,20	49,95	16,65
80	98	9	3	84	7,5	70	163	113	12,5	5,09	18,24	59,81	19,94
90	108	9	3	86	7,5	72	173	123	12,5	5,70	20,29	66,57	22,19
100	118	9	3	88	7,5	74	183	133	13	6,20	22,34	73,22	24,41
125	144	9,5	3	91	7,5	77	211	159	13,5	7,64	29,10	94,94	31,65
150	170	10	3	94	7,5	79	239	185	14	9,89	36,44	119,21	39,74
175	196	10,5	3	97	7,5	81	267	211	14,5	12,00	44,36	145,08	48,36
200	222	11	3	100	8	83	296	238	15	14,41	52,86	172,99	57,66
225	248	11,5	3	100	8	83	324	264	16	16,89	61,95	202,71	67,57
250	274	12	4	103	8,5	84	353	291	17	19,61	71,61	306,05	76,51
275	300	12,5	4	103	8,5	84	381	317	17,5	22,51	81,85	349,91	87,48
300	326	13	4	105	8,5	85	409	343	18	25,78	92,68	396,50	99,13
325	352	13,5	4	105	8,5	85	437	369	19	28,83	104,08	445,15	111,29
350	378	14	4	107	8,5	86	465	395	19,5	32,23	116,07	496,51	124,13
375	403	14	4	107	9	86	491	421	20	34,27	124,04	530,43	132,61
400	429	14,5	4	110	9,5	88	520	448	20,5	39,15	136,89	586,71	146,68
425	454	14,5	4	110	9,5	88	545	473	20,5	41,26	145,15	621,82	155,46
450	480	15	4	112	9,5	89	573	499	21	44,90	158,87	680,38	170,10
475	506	15,5	4	112	9,5	89	601	525	21,5	48,97	173,17	741,65	185,41
500	532	16	4	115	10	91	630	552	22,5	54,48	188,04	806,64	201,66
550	583	16,5	4	117	10	92	683	603	23	62,34	212,90	913,94	228,49
600	634	17	4	120	10,5	94	737	655	24	71,15	238,90	1026,75	256,69
650	686	18	4	122	10,5	95	793	707	25	83,10	273,86	1178,54	294,64
700	738	19	4	125	11	96	850	760	26,5	98,04	311,15	1342,64	335,66
750	790	20	4	127	11	97	906	812	28	111,29	350,76	1514,33	378,58
800	842	21	4	130	12	98	964	866	29,5	129,27	392,69	1700,03	425,01
900	945	22,5	4	135	12,5	101	1074	970	31,5	160,17	472,76	2051,21	512,80
1000	1048	24	4	140	13	104	1184	1074	33,5	195,99	559,76	2435,03	608,76
1100	1152	26	4	145	13	106	1296	1178	36,5	243,76	666,81	2911,00	727,75
1200	1256	28	4	150	13	108	1408	1282	39	294,50	783,15	3427,10	856,78

DEUTSCHE NORMALIEN FÜR GUSSEISERNE RÖHREN.

Flanschen-Röhren.



Gemeinschaftlich aufgestellt 1882 vom Verein Deutscher Ingenieure
und vom Verein Deutscher Gas- und Wasserfachmänner.

Abmessungen in mm													Gewichte in kg		
Lichter Rohrdurchmesser <i>D</i>	Äußerer Rohrdurchmesser <i>D</i> ₁	Wandstärke <i>S</i>	Übliche Baulänge in Meter <i>L</i>	Flanschen			Dich- tungs- leiste		Schrauben				eines Flansches	eines Rohres von vorstehender Baulänge	von 1 m Rohr einschl. d. Flanschen
				Durchmesser <i>D</i> ₃	Dicke <i>S</i> ₁	Lochkreis- durchmesser <i>D</i> ₂	Breite <i>b</i>	Höhe <i>h</i>	Zahl	Stärke engl. Zoll	Länge	Schraubenloch- durchmesser			
40	56	8	2	140	18	110	25	3	4	1/2	70	15	1,89	21,28	10,64
50	66	8	2	160	18	125	25	3	4	5/8	75	18	2,41	25,96	12,98
60	77	8,5	2	175	19	135	25	3	4	5/8	75	18	2,96	32,44	16,22
70	87	8,5	3	185	19	145	25	3	4	5/8	75	18	3,21	52,02	17,34
80	98	9	3	200	20	160	25	3	4	5/8	75	18	3,84	62,40	20,80
90	108	9	3	215	20	170	25	3	4	5/8	75	18	4,37	69,61	23,20
100	118	9	3	230	20	180	28	3	4	3/4	85	21	4,96	76,94	25,65
125	144	9,5	3	260	21	210	28	3	4	3/4	85	21	6,26	99,82	33,27
150	170	10	3	290	22	240	28	3	6	3/4	85	21	7,69	124,70	41,57
175	196	10,5	3	320	22	270	30	3	6	3/4	85	21	8,96	151,00	50,33
200	222	11	3	350	23	300	30	3	6	3/4	85	21	10,71	180,00	60,00
225	248	11,5	3	370	23	320	30	3	6	3/8	85	21	11,02	207,89	69,30
250	274	12	3	400	24	350	30	3	8	3/4	100	21	12,98	240,79	80,26
275	300	12,5	3	425	25	375	30	3	8	3/4	100	21	14,41	274,37	91,46
300	326	13	3	450	25	400	30	3	8	3/4	100	21	15,32	308,68	102,89
325	352	13,5	3	490	26	435	35	4	10	7/8	105	25	19,48	351,20	117,07
350	378	14	3	520	26	465	35	4	10	7/8	105	25	21,29	390,79	130,26
375	403	14	3	550	27	495	35	4	10	7/8	105	25	24,29	420,70	140,23
400	429	14,5	3	575	27	520	35	4	10	7/8	105	25	25,44	461,55	153,85
425	454	14,5	3	600	28	545	35	4	12	7/8	105	25	27,64	490,73	163,58
450	480	15	3	630	28	570	35	4	12	7/8	105	25	29,89	536,39	178,80
475	506	15,5	3	655	29	600	40	4	12	7/8	105	25	32,41	584,33	194,78
500	532	16	3	680	30	625	40	4	12	7/8	105	25	34,69	633,50	211,17
550	583	16,5	3	740	33	675	40	5	14	1	120	28,5	44,28	727,26	242,42
600	634	17	3	790	33	725	40	5	16	1	120	28,5	47,41	811,52	270,51
650	686	18	3	840	33	775	40	5	18	1	120	28,5	50,13	921,84	307,28
700	738	19	3	900	33	830	40	5	18	1	120	28,5	56,50	1046,45	348,82
750	790	20	3	950	33	880	40	5	20	1	120	28,5	59,81	1171,90	390,63

Genauigkeits-Messingrohre.

Für feinmechanische Werkstätten als Normskala aufgestellt vom
VIII. Deutschen Mechanikertag 1897.

Tafel A.

Rohre mit einer Wandstärke von 0,75 mm, bei welchen nach geringem Überpolieren sich das jeweilig dünnere Rohr in das nächstfolgende gut passend einschieben soll:

Nr.	Bezeichnung	Außenmaße mm	Innenmaße mm	Nr.	Bezeichnung	Außenmaße mm	Innenmaße mm
1	100 A.	11,5	10,0	14	295 A.	31,0	29,5
2	115 "	13,0	11,5	15	310 "	32,5	31,0
3	130 "	14,5	13,0	16	325 "	34,0	32,5
4	145 "	16,0	14,5	17	340 "	35,5	34,0
5	160 "	17,5	16,0	18	355 "	37,0	35,5
6	175 "	19,0	17,5	19	370 "	38,5	37,0
7	190 "	20,5	19,0	20	385 "	40,0	38,5
8	205 "	22,0	20,5	21	400 "	41,5	40,0
9	220 "	23,5	22,0	22	415 "	43,0	41,5
10	235 "	25,0	23,5	23	430 "	44,5	43,0
11	250 "	26,5	25,0	24	445 "	46,0	44,5
12	265 "	28,0	26,5	25	460 "	47,5	46,0
13	280 "	29,5	28,0				






































Tafel B.

Rohre, bei welchen mit zunehmendem Durchmesser die Wandstärke wächst, und welche nach Bearbeitung durch Überdrehen auf die Maße der Rohre Nr. 1—25 der Tafel A gebracht und für diese passend gemacht werden können:

Nr.	Bezeichnung	Außenmaße mm	Innenmaße mm	Wandstärke mm	Nr.	Bezeichnung	Außenmaße mm	Innenmaße mm	Wandstärke mm
1 a	100 B.	11,7	10,0	0,85	14 a	295 B.	31,3	29,5	0,9
2 a	115 "	13,2	11,5	0,85	15 a	310 "	32,8	31,0	0,9
3 a	130 "	14,7	13,0	0,85	16 a	325 "	34,3	32,5	0,9
4 a	145 "	16,2	14,5	0,85	17 a	340 "	35,8	34,0	0,9
5 a	160 "	17,7	16,0	0,85	18 a	355 "	37,3	35,5	0,9
6 a	175 "	19,2	17,5	0,85	19 a	370 "	38,8	37,0	0,9
7 a	190 "	20,7	19,0	0,85	20 a	385 "	40,3	38,5	0,9
8 a	205 "	22,2	20,5	0,85	21 a	400 "	41,9	40,0	0,95
9 a	220 "	23,7	22,0	0,85	22 a	415 "	43,4	41,5	0,95
10 a	235 "	25,2	23,5	0,85	23 a	430 "	44,9	43,0	0,95
11 a	250 "	26,8	25,0	0,9	24 a	445 "	46,4	44,5	0,95
12 a	265 "	28,3	26,5	0,9	25 a	460 "	47,9	46,0	0,95
13 a	280 "	29,8	28,0	0,9					

Einheitsfarben zur Kennzeichnung von Rohrleitungen in industriellen Betrieben.

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 1913.

Grundfarben	Bezeichnung der Einzelleitungen	
 Wasser	 Nutzwasser  Schmutz- und Abwasser  Preßwasser	 Salzwasser (Gefrieranlagen usw.)  Warmwasser  Spülversatz
 Gas	 Hochofengas, gereinigt  Hochofengas, roh  Generatorgas	 Leuchtgas und Koksofengas  Wassergas  Ölgas und Azetylgas
 Luft	 Gebläseluft usw.  Preßluft, bis 10 at Überdruck	 Preßluft, über 10 at Überdruck  Heißluft
 Dampf	 Dampf, bis 2 at Überdruck (Heißdampf)  Dampf, über 2 at Überdruck	 Dampf, überhitzt  Abdampf, bis 2 at Überdruck, und Kondensationswasser
 Säure	 Säure	 Säure, konzentriert
 Lauge	 Lauge	 Lauge, konzentriert
 Öl	 Öl	 Teeröl
 Teer	 Teer	
 Vakuum	 Vakuum	

Normalnietköpfe und Nietenzeichnung.

Man wähle den Nietdurchmesser zu

$$d = \sqrt[5]{\delta} - 0,2 \text{ cm,}$$

wenn δ die Plattenstärke in cm ist, und verwende die einheitlichen Nietstärken für den deutschen Eisenhoch- und Brückenbau.

Für die Nietanschlüsse wähle man:

$$\text{Nietteilung } t = 2,5 \div 3,5 d,$$

$$\text{Randabstand } e = 1,5 \div 2,0 d.$$

Heftniete halten die verbundenen Teile nur zusammen. Ihr Abstand ist zum Schutz gegen Rostbildung und Klaffen der Nietung nicht zu groß zu wählen:

1. bei Verbindung zweier L-Eisen usw., oder zweier L mit zwischenliegendem Stehblech t höchstens zu $8 d$;
2. eines L-Eisens mit Blech oder Universaleisen bei einer Blechstärke $\delta = 8 \div 12 \text{ mm}$, $t_{\max} = 5 d$; und bei $\delta > 12 \text{ mm}$, $t_{\max} = 6 d$.

Die erforderliche Nietschaftlänge ermittelt sich zu

$$l = \delta' + \frac{4}{3} d \text{ bei Maschinennietung,}$$

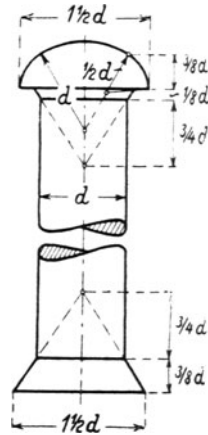
$$l = \delta' + \frac{7}{4} d \text{ bei Handnietung,}$$

$$\delta' = \text{Summe der Dicken der zu vernietenden Teile.}$$

Die handelsübliche Nietschaftlänge ist eine durch 3 teilbare Zahl. Es ist also l entsprechend aufzurunden.

Nietanschlüsse sind auf Abscheren und Leibungsdruck zu berechnen (siehe S. 107).

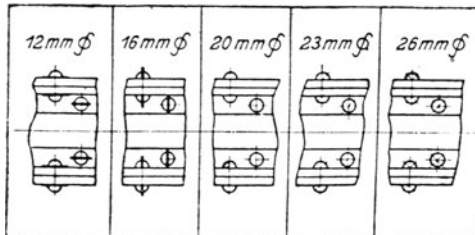
Die Anzahl der in einem Querschnitte befindlichen Nietlöcher soll so gering als möglich sein; bei C-Eisen jeweils nur ein Nietloch, was durch Versetzen der Nietreihen erreicht wird.



Normalnietkopf für Eisenkonstruktionen.

Einheitliche Nietbezeichnung

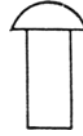
(aufgestellt vom Verein Deutscher Brücken- und Eisenbaufabriken).





Blechniete.

Maße und Gewichte (in kg für 1000 Stück) der Blech- und Faßnieten.



Faßniete.

Nr.	Kurze Blechnieten			Mannheim. Blech- u. Versenkknieten			Wiener Blechnieten			Kupfer- und Messingnieten		
	Schaftstärke mm	Schaftlänge mm	Gewicht kg	Schaftstärke mm	Schaftlänge mm	Gewicht kg	Schaftstärke mm	Schaftlänge mm	Gewicht kg	Schaftstärke mm	Schaftlänge mm	Gewicht kg
2.0	1,9	3,75	0,175	1,9	4	0,175	1,9	4	0,200	1,9	4	0,175
0	2,1	4	0,200	2	4,5	0,205	2,1	4,5	0,230	2,1	4,5	0,215
1	2,3	4,5	0,300	2,1	5	0,250	2,3	5	0,290	2,3	5	0,300
2	2,5	5	0,400	2,3	5,5	0,305	2,5	6	0,350	2,6	5,5	0,465
3	2,8	5,5	0,515	2,5	6	0,405	2,7	7	0,500	2,8	6	0,550
4	3	6	0,665	2,7	6,5	0,525	2,9	8	0,750	3	6,5	0,680
5	3,3	6,5	0,815	2,9	7	0,680	3,2	9	1,000	3,2	7	0,815
6	3,5	7	1,030	3,2	7,5	0,865	3,6	10	1,280	3,4	7,5	1,000
7	3,8	7,5	1,230	3,5	8,5	1,080	4,1	11	1,750	3,6	8	1,215
8	4,1	8	1,465	3,8	9,5	1,400	4,4	12	2,265	4	8,5	1,630
9	4,4	9	1,700	4,2	10,5	1,665	4,8	13	2,680	4,4	9	2,130
10	4,7	9,5	2,165	4,5	11,5	2,130	5,2	14	3,380	4,8	10	2,800
11	4,9	10,5	2,730	4,8	12,5	2,665	5,9	16	5,130	5,2	10,5	3,430
12	5,3	11	3,265	5	14	3,330	6,2	18	6,300	5,5	11	4,200
13	5,6	11,5	3,800	5,2	15,5	3,965	6,6	20	8,165	5,9	11,5	5,130
14	5,9	12,5	4,380	5,4	17	4,665	7	22	9,330	6,2	12	5,830
15	6,1	13,5	5,015	5,7	18,5	5,465	7,4	24	11,665	6,6	13	6,830
16	6,4	14,5	6,400	6	20	6,365	7,9	26	14,000	7	14	8,250
17	6,8	15,5	7,480	6,2	21,5	7,715	8,2	28	18,700	8	16	12,250
18	7,2	16,5	8,650	6,5	23	8,650	8,6	30	23,880	8,4	17	14,000
19	7,6	17,5	10,700	6,7	25	9,350	—	—	—	8,8	18	16,500
20	8	18,5	13,000	6,9	27	11,215	—	—	—	9,3	19,5	20,000
21	—	—	—	7,2	29	14,000	—	—	—	9,7	20,5	25,000
22	—	—	—	7,5	31	15,430	—	—	—	10,2	21	30,000
23	—	—	—	7,8	33	17,765	—	—	—	—	—	—
24	—	—	—	8,1	35	20,500	—	—	—	—	—	—

Nr.	D. & C. u. Sächs. Blechnieten			Mannheimer Faßnieten			Wiener Faßnieten			Nieten (Rivets)			
	Schaftstärke mm	Schaftlänge mm	Gewicht kg	Schaftstärke mm	Schaftlänge mm	Gewicht kg	Schaftstärke mm	Schaftlänge mm	Gewicht kg	nach frz. Lehre (Japy)		nach engl. Lehre (B.W. G.)	
										Nr.	mm	Nr.	mm
4.0	—	—	—	3	5	0,550	3,1	5	0,815	—	—	—	—
3.0	1,8	4	0,165	3,4	6	0,815	3,5	6	1,050	14	2	15	1,8
2.0	2	4,5	0,215	3,8	7	1,165	4,1	7	1,400	15	2,2	14	2,1
0	2,2	5	0,265	4,2	8	1,600	4,5	8	1,865	16	2,4	13	2,4
1	2,6	6	0,465	4,5	9	2,130	4,9	9	2,565	17	2,7	12	2,75
2	2,8	6,5	0,550	4,8	10	2,750	5,4	10	3,265	18	3	11	3,1
3	3	7,5	0,715	5,2	11	3,380	6	11	4,900	19	3,5	10	3,4
4	3,3	8,5	0,965	5,6	12	4,265	6,7	12	6,500	20	4	9	3,8
5	3,6	9,5	1,215	6,1	13	5,250	7,4	13	9,330	21	4,6	8	4,2
6	3,9	11	1,680	6,6	14	6,780	7,8	14	11,215	22	5,2	7	4,6
7	4,2	12	2,000	7,3	15	9,000	8,4	16	14,000	23	5,9	6	5
8	4,6	13,5	3,030	7,9	16,5	11,450	9,2	18	19,000	24	6,6	5	5,4
9	5	15	3,265	8,5	18	14,500	9,8	20	23,380	25	7,3	4	5,9
10	5,6	17,5	5,365	9,1	20	18,000	10,5	22	32,750	26	8	3	6,4
11	5,9	19,5	6,500	9,8	22	23,000	11,5	24	38,830	27	8,7	2	7
12	6,2	22	8,415	10,5	24	29,000	12,5	27	49,500	28	9,4	1	7,6
13	6,6	24	9,330	11,5	26	35,000	—	—	—	29	10	0	8,2
14	7	26	11,000	12,2	28	42,500	—	—	—	30	10,6	00	8,8
15	7,4	28	13,500	13	30	50,000	—	—	—	—	—	—	—
16	7,8	30	16,830	13,3	33	60,000	—	—	—	—	—	—	—
17	8,1	32	18,700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	8,4	34	20,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Gewindeschneiden.

A) Innengewinde.

I. Gewindebohrer: Gewindebohrer dürfen keine langen, lockenförmigen Späne erzeugen, denn diese rollen sich und verstopfen die Nuten, so daß das Gewinde unsauber wird. Außerdem können eingeklemmte Späne leicht zum Bruch des Werkzeuges führen. Mit Rücksicht auf die Spanbildung wird der Schneidwinkel der Gewindebohrer ziemlich groß gewählt. Der Anstellwinkel ist fast immer gleich Null, so daß der Zahn mit seiner ganzen Breite als Führung dienen kann.

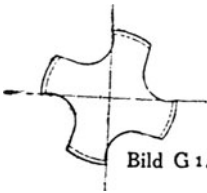


Bild G 1.

Gewindebohrer mit 4 Nuten ergeben bessere Gewinde und schneiden leichter als solche mit 3 Nuten. Die Anordnung von 4 Nuten hat den weiteren Vorzug, daß der Bohrerdurchmesser gut zu messen ist. Hiervon ausgenommen sind Backenbohrer und Bohrer für Röhrgewinde, die eine größere Nutenzahl erhalten. Eine bewährte Nutenform für Gewindebohrer gibt Bild G 1.

Gewindeloch (Bild G 2): Durch den großen Schneidwinkel des Gewindebohrers staucht sich das Material vor den Schneiden und verkleinert den Lochdurchmesser. Entspricht die Bohrung des Gewindeloches dem Kerndurchmesser des Gewindebohrers, so drückt das gestauchte Material auf den Grund des Gewindebohrers, klemmt diesen zu sehr ein und verursacht, daß entweder Gänge im Muttergewinde ausgerissen werden oder daß der Bohrer bricht. Man vermeidet dies, indem man das Gewindeloch größer bohrt, dadurch erzielt man zugleich eine bedeutende Kraftersparnis. Wird für das Gewinde ein Loch gebohrt, so groß, daß das eingeschnittene Gewinde nur eine Tiefe von $\frac{3}{4}$ der normalen erhält, so wird die zum Schneiden nötige Kraft höchstens halb so groß, als wenn das Kernloch genau maßhaltig wäre. Wird die Gewindetiefe $\frac{9}{10}$ der normalen, so ist die Kraftersparnis immer noch etwa 40 v. H.

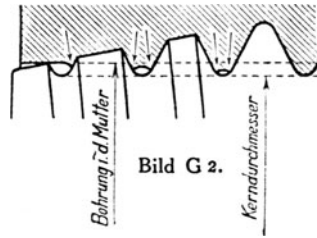


Bild G 2.

Am vorteilhaftesten ist es, man wählt den Bohrer so groß, daß der Durchmesser des Gewindeloches = Kerndurchmesser + $\frac{2}{10}$ einer Gewindetiefe.

Da für die Güte und die Anlage des Gewindes die genaue Einhaltung des Maßes von Kern- und Außendurchmesser nicht wesentlich ist, sondern lediglich die Flanke in Betracht kommt, so genügt für die Zwecke des allgemeinen Maschinenbaues in der Regel, selbst bei Löchern von geringerer Tiefe, 80 v. H. der Gewindetiefe als Anlage vollständig, so daß für das Bohren zu enger Gewindelöcher kein Anlaß vorliegt. Ist aus irgendeinem Grunde die volle Gewindetiefe erwünscht, so benutze man, um Bohrerbruch und das Abwürgen der Gewindespitzen zu vermeiden, Vor-, Mittel- und Nachschneider unter Zuhilfenahme reichlicher und geeigneter Schmiermittel.

Der Lochdurchmesser muß bei weichem, dichtem Material, wie Kupfer, weichem Eisen, gezogenem Aluminium u. dgl., größer sein, als bei härteren und mehr kristallinen Stoffen, wie gegossenem Messing, Gußeisen und Stahlguß. Der größere Lochdurchmesser ist belanglos, da bei dem zähen, dehnbaren Material durch den Arbeitsvorgang doch die erforderliche Gewindetiefe erreicht wird.

Der Anschnitt des Gewindebohrers soll sich auf nicht zu wenig Zähne verteilen. Versuche von Harries (Zeitschrift für praktischen Maschinenbau 1912, Seite 545) haben ergeben, daß ein vorn auf 4 Gänge abgeschliffener Bohrer beim Schneiden etwa 25 v. H. mehr Kraft beansprucht, als ein auf 6 Gänge abgeschliffener.

Für Sacklöcher sollte stets ein Vorschneider benutzt werden, so daß der Grundbohrer nur bei wenigen Gängen am Grunde des Loches voll beansprucht wird. Bei zu engen Gewindelöchern, schwer zu bearbeitendem Material bildet sich oft an den Gewindespitzen des Bohrers Grat. Dieser verursacht nicht nur unsaubere Gewinde, sondern vergrößert auch den Lochdurchmesser und führt zum Bruch des Bohrers.

Instandhalten: Gewindebohrer, bei denen sich nur Spuren von Grat zeigen, sollen sofort nachgeschliffen werden, da jede Versäumnis ein vollständiges Unbrauchbarwerden des Werkzeuges sowie Ausschuß an Arbeit zur Folge haben kann. Das Nachschleifen kann mit geeignet geformten Schleifscheiben von Hand geschehen.

Schneiden mit der Maschine: Wenn irgend möglich, so soll das Schneiden von Gewindelöchern mit der Maschine geschehen, denn es werden dabei viel weniger Gewindebohrer abgebrochen, Schiefschneiden von Gewinden ist fast gänzlich ausgeschlossen, und die Arbeitskosten werden viel niedriger. Die meisten Bohrmaschinen sind deswegen mit Gewindeschneideinrichtung lieferbar. Ist keine solche Einrichtung an der Maschine vorhanden, so verwende man einen Gewindebohrkopf (Bild G 3).

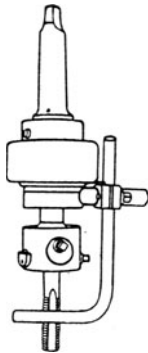


Bild G 3.

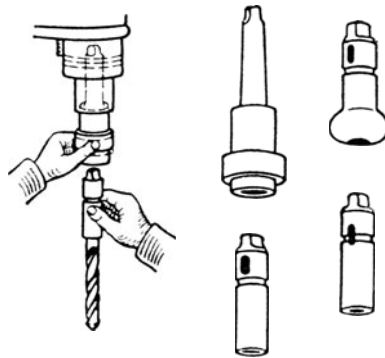


Bild G 4.

Beim Bau von Bohrlehren ist darauf zu achten, daß die Führungsbüchse des Spiralbohrers leicht herauszunehmen ist, damit das Gewindeschneiden vorgenommen werden kann, ohne das Arbeitsstück umspannen zu müssen. Erforderlich ist hierbei, daß eine

mehrspindlige Bohrmaschine oder ein Schnellwechselfutter (Bild G 4) zur Verfügung steht, da sonst durch das Auswechseln der Werkzeuge zu viel Zeit vergeudet wird.

2. Stahl und Strehler: Wenn das Innengewinde auf der Drehbank geschnitten werden soll, ohne Zuhilfenahme eines Gewindebohrers, so benutzt man einen Gewindestahl (Bild G 5) oder einen meist gedrehten Gewindestrehler (Bild G 6 und G 7; siehe auch Abhandlung über runde Formstähle).



Bild G 5.

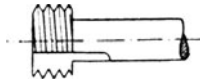


Bild G 6.

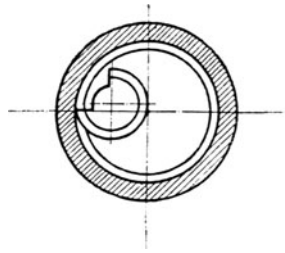


Bild G 7.

Ist es wie bei durchgehendem Gewinde zulässig, daß dieser Innenstrehler eine etwas kegelige Überdrehung der ersten Gänge aufweisen darf, so erleichtert die dadurch erreichte Spanverteilung das Gewindeschneiden. Häufig wird das mit dem Stahl bzw. Strehler vorgeschrittene Gewinde mit dem Gewindebohrer nachgeschnitten.

Schmiermittel: Zum Schmieren von Gewindeschneidwerkzeugen verwen­de man beim Bearbeiten von Flußeisen und Messing entweder Seifenwasser oder in Wasser gelöstes Bohról, für Stahl: Rüb- oder Lard-Öl oder gekochtes Schweinefett; für Gußeisen ist eine Mischung von Wachs und Talg zu empfehlen, wenn man saubere Gewindelöcher erzielen will. Maschinenöl ist vollkommen untauglich, und wenn kein anderes Öl vorhanden ist, wird besser trocken geschnitten.

B) Außengewinde.

1. Gewindeschneiden auf der Drehbank: Beim Schneiden von **Spitzgewinden** auf der Drehbank ist es bei größeren Steigungen zweckmäßig, dem Gewindestahl eine dem Steigungswinkel des zu schneidenden Gewindes entsprechende Neigung zu geben. Zur Berechnung des Steigungswinkels wird nicht der Außendurchmesser, sondern der mittlere Gewindedurchmesser D_f in mm (Flankenmaß) in Betracht gezogen. Der Steigungswinkel α berechnet sich aus:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{Stg} \text{ in mm}}{D_f \cdot 3,14} \text{ od. bei Whitworth-Gewinde } \operatorname{tg} \alpha = \frac{25,4}{\text{Gangzahl} \cdot D_f \cdot 3,14}$$

Nachstehend folgt eine Tafel, in der die Schrägstellung (Steigungswinkel) für Whitworth- und S. I.-Gewinde angegeben ist.

Durch die Schrägstellung des Stahles schneiden beide Flanken des Stahles gleich gut und das Gewinde wird sauberer, allerdings auch — bei der meist üblichen Stahlform — die Form ein klein wenig verzerrt.

Mittlerer Steigungswinkel.

Whitworth-Gewinde					S. I.-Gewinde			
Bolzen- durch- messer Zoll	Flanken- durch- messer mm	Gänge auf 1 Zoll	Steigung mm	Steigungs- winkel Grad	Bolzen- durch- messer mm	Flanken- durch- messer mm	Steigung mm	Steigungs- winkel Grad
1/8	2,77	40	0,635	4 1/4	3	2,64	0,55	3 3/4
5/32	3,46	32	0,79	4 1/4	3,5	3,14	0,55	3 1/4
3/16	4,08	24	1,05	4 3/4	4	3,55	0,7	3 1/2
7/32	4,88	24	1,05	4	4,5	4,05	0,7	3 1/4
1/4	5,54	20	1,27	4 1/4	5	4,45	0,85	3 1/2
5/16	7,03	18	1,41	3 3/4	6	5,35	1	3 1/2
3/8	8,51	16	1,59	3 1/2	7	6,35	1	2 3/4
7/16	9,95	14	1,81	3 1/2	8	7,19	1,25	3 1/4
1/2	11,34	12	2,12	3 1/2	9	8,19	1,25	2 3/4
9/16	12,93	12	2,12	3	10	9,03	1,5	3
5/8	14,40	11	2,31	3	11	9,53	1,5	2 3/4
11/16	15,98	11	2,31	2 3/4	12	10,86	1,75	3
3/4	17,42	10	2,54	2 3/4	14	12,7	2	2 3/4
13/16	19,01	10	2,54	2 1/2	16	14,7	2	2 1/2
7/8	20,42	9	2,82	2 1/2	18	16,38	2,5	2 3/4
15/16	22,00	9	2,82	2 1/4	20	18,38	2,5	2 1/2
1	23,37	8	3,175	2 1/2	22	20,38	2,5	2 1/4
1 1/8	26,25	7	3,63	2 1/2	24	22,05	3	2 1/2
1 1/4	29,42	7	3,63	2 1/4	27	25,05	3	2 1/4
1 3/8	32,21	6	4,23	2 1/2	30	27,73	3,5	2 1/4
1 1/2	35,39	6	4,23	2 1/4	33	30,73	3,5	2
1 5/8	38,02	5	5,08	2 1/2	36	33,40	4	2 1/4
1 3/4	41,20	5	5,08	2 1/4	39	36,40	4	2
1 7/8	44,01	4 1/2	5,64	2 1/4	42	39,08	4,5	2
2	47,18	4 1/2	5,64	2 1/4	45	42,08	4,5	2

Bei **Flachgewinden** ist die Einstellung des Stahles bzw. dessen Form besonders wichtig.

In den wenigsten Zeichnungen sind neben den Maßen für Kern- und Außendurchmesser und Steigung auch der Außen- und Kernsteigungswinkel für das Flachgewinde angegeben. Diese sind wichtig für Dreher oder Werkzeugmacher, damit sie dem Drehstahl den richtigen Anstellwinkel geben können.

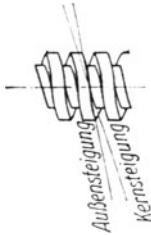


Bild G 8.

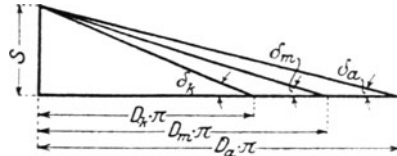


Bild G 9.

Ist D_a , D_k , D_m Außen-, Kern-, mittlerer Durchmesser, S die Steigung, so errechnet sich δ_a , δ_k , δ_m , das ist Außen-, Kern-, mittlerer Steigungswinkel, aus

$$\operatorname{tg} \delta_a = \frac{S}{D_a \cdot \pi}; \operatorname{tg} \delta_k = \frac{S}{D_k \cdot \pi}; \operatorname{tg} \delta_m = \frac{S}{D_m \cdot \pi} \quad (\text{Bild G 8 u. G 9}).$$

Beispiel: Eine Pressenspindel von 80 mm Außendurchmesser soll mit einem dreifachen Flachgewinde von 75 mm Steigung versehen werden.

$$\text{Gangbreite} = \text{Lückenbreite} = \text{Gewindetiefe} = \frac{75 \text{ mm}}{6} = 12,5 \text{ mm}.$$

$$\text{Kerndurchmesser} = \text{Außendurchmesser} - 2 \cdot \text{Gewindetiefe} = 80 \text{ mm} - 2 \cdot 12,5 \text{ mm} = 55 \text{ mm}.$$

Bei Einsetzung dieser Werte erhält man

$$\operatorname{tg} \delta_a = \frac{75}{80 \cdot \pi} = 0,299; \delta_a = 16^\circ 40'$$

$$\operatorname{tg} \delta_k = \frac{75}{55 \cdot \pi} = 0,434; \delta_k = 23^\circ 30'$$

$$\operatorname{tg} \delta_m = \frac{75}{67,5 \cdot \pi} = 0,354; \delta_m = 19^\circ 30'$$

Die **Flankenwinkel** α und β (Bild G 10 A) des Gewindestahles müssen sein, wenn ein Anstellwinkel von wenigstens 3° für genügend erachtet wird:

$$\alpha = \text{höchstens } 90^\circ - (\delta_k + 3^\circ)$$

$$\beta = \text{„ } 90^\circ + (\delta_a - 3^\circ)$$

Im Beispiele wird:

$$\alpha = 90^\circ - (23^\circ 30' + 3^\circ) = 63^\circ 30'$$

$$\beta = 90^\circ + (16^\circ 40' - 3^\circ) = 103^\circ 40'$$

Würde man den mittleren Steigungswinkel für die Werkzeugherstellung benutzen, so ergäbe sich $\alpha = 90^\circ - (19^\circ 30' + 3^\circ) = 67^\circ 30'$; $\beta = 90^\circ + (19^\circ 30' - 3^\circ) = 106^\circ 30'$.

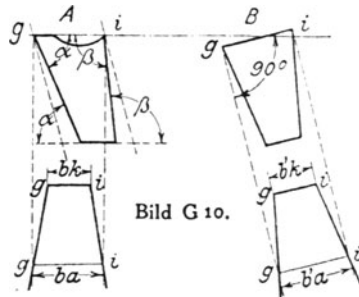


Bild G 10.

Bild G 10 zeigt zwei Trapezgewindestähle *A* und *B* in Aufriß und Grundriß; die Brustfläche von *A* steht gleichlaufend zur Spindelachse, die von *B* rechtwinklig zur mittleren Schraubenlinie. Bei *A* ist die Brustbreite b_k (am Kern) bzw. b_a (außen) gleich der Lückenbreite in Achsenrichtung, bei *B* ist b'_k bzw. b'_a gleich der Lückenbreite senkrecht zur Steigung. b'_k und b'_a sind kleiner als b_a und b_k , und zwar ist: $b'_k = b_k \cdot \cos \delta_k$ und $b'_a = b_a \cdot \cos \delta_a$.

In obigem Beispiel ist

$$b'_k = 12,5 \text{ mm} \cdot \cos 23^\circ 30' = 12,5 \text{ mm} \cdot 0,917 = 11,46 \text{ mm}$$

$$b'_a = 12,5 \text{ mm} \cdot \cos 16^\circ 40' = 12,5 \text{ mm} \cdot 0,952 = 11,91 \text{ mm}$$

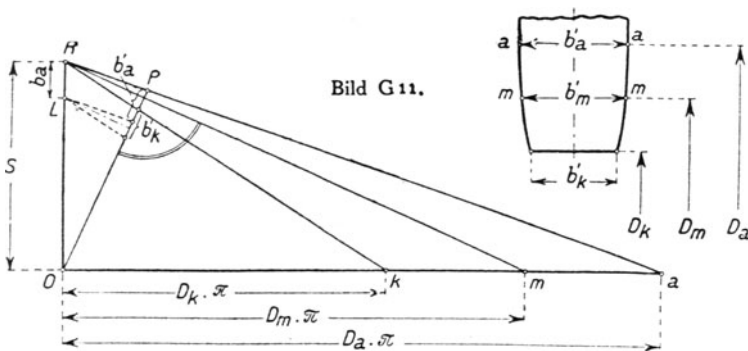
Die Schnittwinkel an den Kanten \widehat{gg} und \widehat{ii} sind bei Stahl *B* beide 90° ; bei Stahl *A* ist der Winkel bei $\widehat{gg} < 90^\circ$, bei $\widehat{ii} > 90^\circ$; die Abweichung von 90° wächst mit dem Steigungswinkel; deshalb verwendet man die Form *B* meist bei sehr steilem Gewinde, die Form *A* bei Gewinde mit geringerem Steigungswinkel. Bei *A* kann übrigens der Winkel an der Kante \widehat{ii} durch Einschleifen auch $< 90^\circ$ gemacht werden (s. Bild G 10).

Ein wichtiger Unterschied besteht noch zwischen *A* und *B*. Bei dem durch *A* erzeugten Gewinde entstehen gerade Flanken in einem axialen Schnitt, bei *B* in einem Schnitt senkrecht zur Steigung. Soll mit dem Stahle *B*, dessen Schneidkante senkrecht zur mittleren Schraubenlinie geneigt ist, das gleiche Gewinde mit geradlinig begrenzten Profilflanken erzielt werden wie mit dem Stahle *A*, dessen Schneide in Achsenrichtung steht, so müssen die Kanten \widehat{gg} und \widehat{ii} des Stahles gekrümmte Form erhalten, weil nicht nur ihr Außen-, Flanken- und Kernpunkt, sondern jeder Punkt eine andere Steigung besitzt. (Näheres s. Werkstatttechnik 1910, S. 376.)

Die rechnerische Ermittlung der in irgendeinem Kantenpunkte erforderlichen Stahlbreite ist der Berechnung von b'_a und b'_k entsprechend. Zum Beispiel: zu berechnen ist die Stahlbreite b'_x im Abstand 3 mm vom Kern. Der zugehörige Durchmesser $D_x = (D_k + 2 \cdot 3) \text{ mm} = 55 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 61 \text{ mm}$. Der Steigungswinkel δ_x ergibt sich aus

$$\operatorname{tg} \delta_x = \frac{S}{D_x \cdot \pi} = \frac{75}{61 \cdot \pi} = 0,3906; \delta_x = 21^\circ 20'. \text{ Die gesuchte Breite}$$

$$b'_x = 12,5 \cdot \cos \delta_x \text{ mm} = 12,5 \cdot 0,9315 \text{ mm} = 11,64 \text{ mm}.$$



Sehr einfach ist die zeichnerische Ermittlung der Stahlform, wie sie in Bild G 11 veranschaulicht wird. Um die Darstellung klarer zu halten, sind Stahlform und Konstruktion in verschiedenem Maßstabe ausgeführt.

Die Strecken $O a = D_a \cdot \pi$, $O m = D_m \cdot \pi$, $O k = D_k \cdot \pi$ entsprechen abgewickelten Kreisen mit den Durchmessern $D_a =$ Außen-, $D_m =$ mittlerer und $D_k =$ Kerndurchmesser des Gewindes. OR (= Gewindesteigung S) $\perp O a$, $OP \perp R m$; $RL = b_a =$ Lückenbreite des zu erzeugenden Gewindes. Die Stahlbreiten b'_a , b'_m , b'_k in den Kantenpunkten a , m , k ergeben sich als Abschnitte auf OP , wenn durch L parallele Linien zu $R a$, $R m$, $R k$ gezogen werden.

Die Formen A und B werden übrigens nur zum Nachschneiden benutzt; zum Ausschuppen und Vorschneiden verwendet man Stähle, die schmaler als die Lücke sind und rechts und links jede Flanke besonders herstellen. Ein Grund dafür, daß Stähle mit vollem Lückenquerschnitt, wenn sie zum Ausschneiden von Anfang an benutzt werden, kein sauberes Gewinde geben, liegt in folgendem:

Bei jeder Spanabhebung tritt eine Stauchung des den Span bildenden Materials ein. Durch diese Stauchung quetscht sich das vor der Schneidkante befindliche Metall und sucht seitlich auszuweichen. In Bild G 12 ist dieses seitliche Abfließen des Materials nach a hin noch durch einen Pfeil angedeutet. Wird aber eine Nute eingestochen, einerlei ob kreis- oder schraubenförmig, so reibt sich der Span an den Nutenwänden und verursacht das Rauwerden.

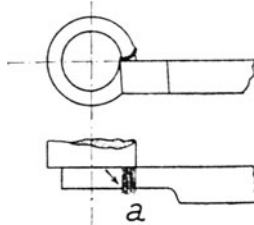


Bild G 12.

Beim Schlichten des Flachgewindes kann das den Schlichtspan bildende Material bequem abrollen oder abrutschen und begünstigt dadurch die Erreichung guter Arbeit.

2. Kluppe und Schneideisen. Beim Gewindeschneiden von Hand, also mit Kluppe oder Schneideisen, ist auf gute Werkzeugführung zu achten, um ein genaues Fluchten der Achsen des Innen- und Außengewindes zu sichern. Die Bolzen werden auf einen kleineren Durchmesser überdreht, als der Durchmesser des Außengewindes sein soll, und zwar sind hier die gleichen Gründe maßgebend, wie bei dem vorher behandelten Innengewinde (siehe S. 170). Dies hat auch Gültigkeit, wenn das Gewinde auf den bekannten **Gewindeschneidmaschinen** hergestellt wird. Die besten Ergebnisse erzielt man, wenn der Außendurchmesser des Bolzens um etwa

$\frac{2}{10}$ der Gangtiefe kleiner ist, als der Sollwert des Außendurchmessers des Gewindes. Die geringe Verminderung der Festigkeit der Schraubenverbindung ist praktisch vollständig belanglos; dagegen wird die Leistungsfähigkeit der Maschine wesentlich erhöht, der Ausschub wird geringer, da das Gewinde weniger ausbricht, und die Gewindeflanken werden sauberer, ein Umstand, der die Lebensdauer der Schrauben günstig beeinflusst. Genaue Außen- und Kerndurchmesser sind nur für Dichtungsgewinde erforderlich, wenn man nicht auf einen Abschlußbund am Schraubenende oder auf besondere Dichtungsmittel rechnen darf. Die wichtigsten Maße sind Flankenmaß und Steigung.

Schmiermittel werden beim Schneiden der Außengewinde in gleicher Weise verwendet, wie beim Innengewinde. Fischöl hat sich am besten bewährt, Maschinenöl soll auch hier vermieden werden.

Das Fräsen der Gewinde hat durch die Abwälzung des schräggestellten Fräasers im Gewindegang eine Verzerrung der Gewindeform zur Folge. Die Gewindeform wird umsomehr verzerrt, je größer die Steigung und je tiefer das Gewinde ist. Auch der Flankenwinkel des Gewindes ist hierbei von Einfluß, und zwar arbeitet der Fräser bei rechtwinkliger Gewindeform (Flachgewinde) am ungünstigsten. Der Flankenwinkel soll nach Möglichkeit nicht kleiner als 10° sein; dann ist auch der Fehler der Form meist belanglos.

Wenn das Gewindefräsen für Spann- und Transportspindeln, Schnecken usw. immer weitere Verbreitung findet, so ist dies in der großen Wirtschaftlichkeit des Verfahrens begründet. Bei Genauengewinden, wie z. B. bei Leitspindeln und Schneckenfräsern, dient das Fräsen lediglich als Vorbearbeitung, während die Fertigstellung auf der Drehbank mit Hilfe des Schlichtstahles erfolgt.

Kurze Innen- und Außengewinde mit größerem Flankenwinkel (S.I.-, Whitworth-, Löwenherz-Gewinde und ähnliche) können mit einem walzenförmigen Fräser hergestellt werden, in dem die Gewindeform rillenförmig, also ohne Gewindesteigung, hinterdreht ist. Hierbei tritt durch die Vernachlässigung des Steigungswinkels allerdings eine geringe Verzerrung der Gewindeform ein, die jedoch praktisch belanglos ist.

Gewindeprüfung.

Zur Bestimmung eines Gewindes sind 3 Angaben nötig:

1. Durchmesser, 2. Steigung, 3. Gewindeform.

Da jede Angabe von den anderen beiden bis zu einem gewissen Grade unabhängig ist, so müssen alle drei Werte einer Prüfung unterzogen werden, um zu bestimmen, ob das vorliegende Gewinde dem Normalgewinde entspricht.

Die gebräuchlichsten Gewindeprüfwerkzeuge sind:

1. Gewindedorne und -ringe, 2. Gewindeformschablonen, 3. Schraublehren für Flankenmessung.

Mit den Gewindedornen und Ringen allein ist eine vollständige Gewindeprüfung nicht durchführbar, denn beide Werkzeuge prüfen nur die Genauigkeit der Steigung, wenn Form und Durchmesser richtig sind, die Genauigkeit von Form und Durchmesser, wenn die Steigung richtig ist. Der Gewindedorn läßt sich in das Gewinde Loch ohne Schlottern einführen, wenn er auch nur auf dem Grund,

auf der Gewindespitze oder auf der Flanke trägt. Ist das Grund-, Spitzen- oder Flankenmaß in dem Gewindeloch zu klein, so läßt sich der Dorn nicht einführen.

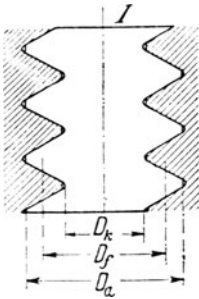


Bild G 13.

I.
 $D_k =$ richtig
 $D_f =$ "
 $D_a =$ "

Normale Mutter, paßt gut und trägt auf der ganzen Flanke.

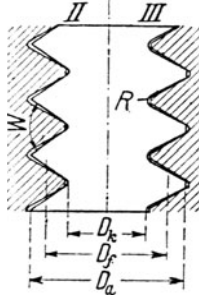


Bild G 14.

<p>II. $D_k =$ richtig $D_a =$ " $D_f =$ zu klein, weil Winkel W zu groß.</p>	<p>III. $D_k =$ richtig $D_a =$ " $D_f =$ zu klein, weil Ausrundung R zu groß.</p>
--	---

Normale Mutter, trägt nur an den äußersten Flankenflächen bzw. auf den Spitzen.

Bild G 14 II zeigt z. B. einen Gewindebolzen, dessen Gewindeform zu stumpf ist, und auf dem der Lehrring ohne Schlattern sitzt, nur weil Steigung und Kerndurchmesser richtig sind. Eine normale Mutter würde wohl auf einen solchen Bolzen passen, aber beim Anziehen würden sich ihre Gewindegänge verbiegen. Wird diese Mutter später wiederum gelöst und mit derjenigen eines anderen Bolzens verwechselt oder selbst nur umgekehrt wieder auf den gleichen Bolzen aufgeschraubt, so paßt sie schlecht oder gar nicht. In Bild G 14 III ist ein ähnlicher Fall, nur ist hier das Bolzengewinde

zu mager, weil die Abrundung auf dem Grunde zu groß ist. Hier wird das Bolzengewinde mehr Not leiden müssen als das Muttergewinde.

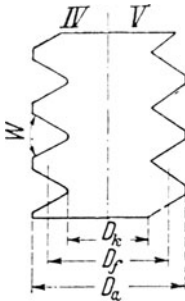


Bild G 15.

<p>IV. $D_k =$ richtig $D_a =$ " $D_f =$ zu groß, weil Winkel W zu klein.</p>	<p>V. $D_k =$ richtig $D_a =$ " $D_f =$ zu groß, weil Ausrundung zu klein.</p>
--	--

Normale Mutter, nicht aufschraubbar, denn die Gewindelücken des Bolzens sind zu eng.

Die Gewindelehren dienen nur, um die Steigung und die Gewindeform zu messen.

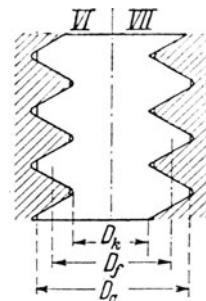


Bild G 16.

<p>VI. $D_k =$ richtig $D_f =$ " $D_a =$ zu klein.</p>	<p>VII. $D_k =$ zu klein $D_f =$ richtig $D_a =$ "</p>
--	--

Normale Mutter, trägt auf der ganzen Bolzenflanke.

Für die Beurteilung einer Schraube ist die Prüfung der Flanken, also der Tragflächen des Gewindes, unbedingt erforderlich. Hierzu dienen Schraublehren, bei denen die Meßspindel mit einer abgestumpften Spitze, entsprechend dem Flankenwinkel des Gewindes, versehen ist. Die andere Meßfläche ist V-förmig gestaltet und, um unabhängig von der Bügelstellung messen zu können, drehbar angeordnet. (Bild G 17 und G 18.)

Das Flankenmaß entspricht dem Bolzendurchmesser abzüglich einer Gewindetiefe (bei S. I.-Gewinde: Berührungstiefe).

Wenn D_f = Flankenmaß, D_a = Außengewinde-Durchmesser, D_k = Kerndurchmesser, S = Steigung in mm, G = Gangzahl auf 1 engl. Zoll ist, so wird D_f ermittelt:

Bei Whitworth-Gewinde:

$$D_f = D_a - (16,264 : G) \text{ oder } D_a - 0,6403 S \text{ oder } 1/2 (D_a + D_k).$$

Bei S. I.-Gewinde: $D_f = D_a - 0,6495 S$.

Grenzwerte und Grenzlehren. Das Messen mit den oben erwähnten (und anderen) Lehren vermag unmittelbar wohl festzustellen, ob ein Gewinde genau richtig ist, nicht aber, ob es praktisch noch brauchbar ist. Diese

Brauchbarkeit verlangt nämlich durchaus keine unbedingte Richtigkeit — die am wenigsten in

der Massenfabrikation von Bohrern bzw. Muttern und Schrauben zu erreichen wäre —, sondern nur das Einhalten gewisser Fehlergrenzen, ebenso wie beim Passen zylindrischer Bohrungen und Wellen. Während aber für glatte zylindrische Teile solche Grenzwerte und Grenzlehren verhältnismäßig leicht festzulegen sind, die Passen und Austauschbarkeit unter allen Umständen gewährleisten und doch der Werkstatt genügend Spiel für unschädliche Ungenauigkeit lassen, ist es außerordentlich schwierig, solche Werte für Gewinde zu finden und dazu Lehren, die sie schnell und sicher messen. Denn während es bei dem zylindrischen Teil nur auf die Achse und den Durchmesser ankommt, gibt es bei Gewinden eine große Anzahl schwierig herzustellender Größen, die alle das Passen beeinflussen und die noch dazu untereinander vielfach verbunden sind. So müssen z. B. die zulässigen Grenzwerte für den Flankendurchmesser und für die Form in Abhängigkeit gebracht werden vom Steigungsfehler in der Weise, daß diese Grenzwerte um so enger sein müssen, je größer die Steigungsabweichung ist.

Die beiden folgenden Zahlentafeln geben die zulässigen Abweichungen für Bolzen und Schrauben (Whitworth-Gewinde) nach den Vorschriften der Britischen Normalien-Kommission. Die Höhe der Mutter ist dabei gleich dem Gewindedurchmesser angenommen.

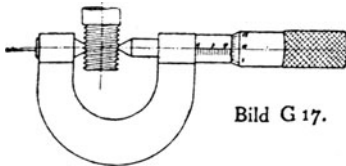


Bild G 17.

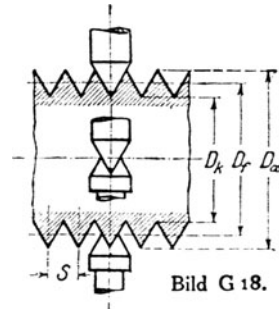


Bild G 18.

Grenzwerte für Whitworth-Gewinde.

I. Bolzen.

Nenn Durchmesser		Gangzahl auf 1 Zoll	Zulässige Abweichung in mm für 1 Zoll Länge	Außendurchmesser in mm		Flankenmaß in mm		Kerndurchmesser in mm		
Zoll	mm			Größt- wert	Kleinst- wert	Größt- wert*	Kleinst- wert	Zulässige Ab- weichung	Größt- wert	Kleinst- wert
1/4	6,35	20	0,09	6,35	6,30	0,05	5,54	5,49	4,72	0,06
5/16	7,94	18	0,08	7,94	7,89	0,05	7,03	6,98	6,13	0,06
3/8	9,53	16	0,08	9,53	9,48	0,05	8,51	8,45	7,49	0,07
7/16	11,11	14	0,08	11,11	11,05	0,06	9,95	9,88	8,79	0,08
1/2	12,70	12	0,08	12,70	12,64	0,06	11,35	11,27	9,99	0,08
9/16	14,29	12	0,07	14,29	14,22	0,07	12,93	12,85	11,58	0,09
5/8	15,88	11	0,07	15,88	15,81	0,07	14,40	14,31	12,92	0,09
11/16	17,46	11	0,07	17,46	17,39	0,07	15,98	15,88	14,51	0,09
3/4	19,05	10	0,07	19,05	18,97	0,08	17,42	17,32	15,80	0,10
13/16	20,64	10	0,07	20,64	20,56	0,08	19,01	18,90	17,38	0,10
7/8	22,23	9	0,07	22,23	22,15	0,08	20,42	20,31	18,50	0,11
1	25,40	8	0,06	25,40	25,31	0,09	23,37	23,24	21,33	0,11
1 1/8	28,57	7	0,06	28,57	28,48	0,09	26,25	26,11	23,93	0,12
1 1/4	31,75	7	0,06	31,75	31,65	0,10	29,43	29,28	27,10	0,12
1 3/8	34,92	6	0,06	34,92	34,82	0,10	32,21	32,05	29,50	0,13
1 1/2	38,10	6	0,06	38,10	37,99	0,11	35,39	35,22	32,68	0,13
1 5/8	41,27	5	0,06	41,27	41,16	0,11	38,02	37,84	34,77	0,14
1 3/4	44,45	5	0,06	44,45	44,33	0,12	41,20	41,01	37,94	0,14
2	50,80	4,5	0,05	50,80	50,67	0,13	47,19	46,98	43,57	0,15
2 1/4	57,15	4	0,05	57,15	57,02	0,13	53,08	52,85	49,02	0,16
2 1/2	63,50	4	0,05	63,50	63,36	0,14	59,43	59,18	55,37	0,17
2 3/4	69,85	3,5	0,05	69,85	69,70	0,15	65,20	64,93	60,56	0,18
3	76,20	3,5	0,05	76,20	76,05	0,15	71,55	71,26	66,91	0,19
										0,20

* Die Werte dieser Spalte sind nur zulässig, wenn die Steigung des Gewindes richtig ist; wenn sie Abweichungen hat, so müssen die Werte um so kleiner sein, je größer die Abweichungen sind, und zwar muß hier Wert p abgezogen werden, der zu bestimmen ist aus der Gleichung $p = (\text{Abweichung der Steigung in mm für 1 Gang} \times \text{Zahl der Gänge der Mutter}) : 0,52$.

Grenzwerte für Whitworth-Gewinde.

II. Muttern.

Neendurchmesser Zoll	mm	Gangzahl auf 1 Zoll	Zulässige Abweichung der Steigung für 1 Zoll Länge	Außendurchmesser in mm			Flankenmaß in mm			Kerndurchmesser in mm		
				Größt- wert	Kleinst- wert	Zulässige Ab- weichung	Größt- wert	Kleinst- wert *	Zulässige Ab- weichung	Größt- wert	Kleinst- wert	Zulässige Ab- weichung
1/4	6,35	20	0,09	6,41	6,36	0,05	5,60	5,55	0,05	4,78	4,73	0,05
5/16	7,94	18	0,08	8,00	7,95	0,05	7,10	7,05	0,05	6,20	6,15	0,05
3/8	9,53	16	0,08	9,59	9,54	0,05	8,58	8,52	0,06	7,56	7,51	0,05
7/16	11,11	14	0,08	11,19	11,13	0,06	9,97	9,90	0,07	8,86	8,80	0,06
1/2	12,70	12	0,08	12,78	12,72	0,06	11,44	11,36	0,08	10,07	10,01	0,06
9/16	14,29	12	0,07	14,37	14,30	0,07	13,03	12,95	0,08	11,67	11,60	0,07
5/8	15,88	11	0,07	15,97	15,90	0,07	14,50	14,41	0,09	13,01	12,94	0,07
11/16	17,46	11	0,07	17,55	17,48	0,07	16,10	16,00	0,10	14,60	14,53	0,07
3/4	19,05	10	0,07	19,15	19,07	0,08	17,55	17,45	0,10	15,89	15,81	0,08
13/16	20,64	10	0,07	20,74	20,66	0,08	19,24	19,03	0,11	17,49	17,41	0,08
7/8	22,23	9	0,06	22,33	22,25	0,08	20,55	20,44	0,11	18,71	18,63	0,08
1	25,40	8	0,06	25,51	25,42	0,09	23,52	23,39	0,13	21,45	21,36	0,09
1 1/8	28,57	7	0,06	28,69	28,60	0,09	26,42	26,28	0,14	24,04	23,95	0,09
1 1/4	31,75	7	0,06	31,88	31,78	0,10	29,60	29,45	0,15	27,23	27,13	0,10
1 3/8	34,92	6	0,06	35,05	34,95	0,10	32,40	32,40	0,16	29,64	29,54	0,10
1 1/2	38,10	6	0,06	38,24	38,13	0,11	35,59	35,42	0,17	32,82	32,71	0,11
1 5/8	41,27	5	0,06	41,42	41,31	0,11	38,23	38,05	0,18	34,91	34,80	0,11
1 3/4	44,45	5	0,06	44,60	44,48	0,12	41,42	41,23	0,19	38,10	37,98	0,12
2	50,80	4,5	0,05	50,96	50,83	0,13	47,43	47,22	0,21	43,60	43,60	0,13
2 1/4	57,15	4	0,05	57,32	57,19	0,13	53,35	53,12	0,23	49,19	49,06	0,13
2 1/2	63,50	4	0,05	63,68	63,54	0,14	59,72	59,47	0,25	55,55	55,41	0,14
2 3/4	69,85	3,5	0,05	70,04	69,89	0,15	65,51	65,24	0,27	60,75	60,60	0,15
3	76,20	3,5	0,05	76,39	76,24	0,15	71,88	71,59	0,29	67,10	66,95	0,15

* Die Werte dieser Spalte sind nur zulässig, wenn die Steigung des Gewindes richtig ist; wenn sie Abweichungen hat, so müssen die Werte um so größer sein, je größer die Abweichungen sind, und zwar muß hier Wert p hinzugefügt werden, der zu bestimmen ist aus der Gleichung $p = (\text{Abweichung der Steigung in mm für 1 Gang} \times \text{Zahl der Gänge der Mutter}) : 0,52$.

Gewinderollen.

Zur Erzeugung von Gewinden durch Aufrollen oder Eindrücken der Gewindegänge in das Arbeitstück kommen in der Hauptsache **Gewinderollmaschinen** in Frage, welche mit flachen, mit Rillen versehenen Backen arbeiten. Seltener werden Gewinde auf **Drehbänken** mit Hilfe eines scheibenförmigen Werkzeuges gerollt. Wenn auch in beiden Fällen der Arbeitsvorgang grundsätzlich der gleiche ist, so legt die Gewindeerzeugung mit dem Roller, sowohl in bezug auf das Material als auch auf das Gewinde selbst, manche Beschränkung auf.

a) Gewinderollen mit Rollbacken.

Auf Gewinderollmaschinen hergestellte Schrauben weisen allerdings nicht die Genauigkeit auf, die sich mit Gewindegewindemaschinen erzielen läßt, doch sind sie für viele Zwecke von vollkommen entsprechender Güte. In der Elektrotechnik, für Befestigungsschrauben an Schaltern, Beleuchtungskörpern, Fernsprechern, bei hauswirtschaftlichen Geräten u. dgl. werden gerollte Schrauben in großem Umfange angewendet. In der Regel wird der Schraubenkörper auf Kaltschlagpressen in gleicher Weise wie Niete hergestellt, und die Güte der fertigen Schraube ist sehr von der Beschaffenheit des vorgepreßten Körpers abhängig.

Als **Material** kommt meist weicher, gebeizter Stahl sowie Messing und Kupfer zur Verwendung, und nur bei Verwendung geeigneten Materials kommt der Vorzug des Gewinderollens, die große Wirtschaftlichkeit, voll zur Geltung. Wesentlich für den Ausfall der Arbeit ist der Durchmesser des Werkstückes. Die beim Rollen entstehende Verdichtung des Materiales ist so geringfügig, daß sie bei der Durchmesserbestimmung des Bolzens (Werkstückes) vernachlässigt werden kann. Der Bolzendurchmesser wird nach Formel auf folgender Seite berechnet. Wird dieses Maß erheblich überschritten, so entstehen ungenaue Gewinde, bei zu geringem Durchmesser wird dagegen das Gewinde nicht voll ausgerollt.

Der **Vorgang** beim Gewinderollen mit Rollbacken ist folgender:

Zwei Rollbacken *A* und *B* aus gehärtetem Stahl sind mit Rillen versehen, die in Form und Steigungswinkel dem aufgewickelten, auf dem Bolzen *C* zu erzeugenden Gewinde entsprechen (Bild G 19 und G 20).

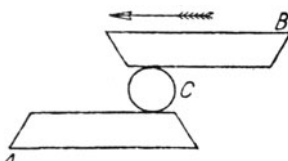
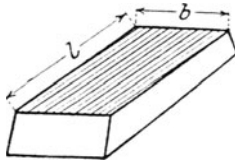
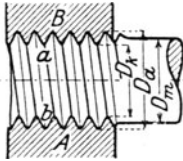
Bild G 20 zeigt eine Backe für Rechtsgewinde. Backe *A* ist fest und senkrecht zu Backe *B* verstellbar, so daß der Abstand der Rillenspitzen gleich dem Kerndurchmesser des anzurollenden Gewindes gemacht werden kann (Bild G 21).

Um ein richtiges Gewinde zu erhalten, muß bei Einführung des Werkstückes die Gangspitze der einen Backe *a* dem Grunde der anderen *b* gegenüberstehen und das Werkstück selbst genau senkrecht zur Backe liegen. Die parallelen Rillen der Gewindebacken werden mit entsprechendem Gewindestahl eingehobelt oder besser eingefräst.

Das Einfräsen der Rillen geschieht am vorteilhaftesten durch einen hinterdrehten Fräser. Um die parallelen Rillen, deren Abstand gleich der Steigung des zu erzeugenden Gewindes sein muß, mit einem Schnitt einfräsen zu können, muß der Fräser länger sein, als die Rollbackenbreite, und zwar mindestens um den Betrag, der dem Steigungswinkel α des Gewindes entspricht.

Beim Rollen wird Material in die Rillenzwischenräume hochgedrückt; der Durchmesser des Werkstückes D_m vergrößert sich auf D_a . Um den vorgeschriebenen Außendurchmesser D_a zu erreichen, muß D_m entsprechend bestimmt werden.

Angaben zur Berechnung.

		
Bild G 19.	Bild G 20.	Bild G 21.
Benennung	Zeichen	Berechnung
Werkstückdurchmesser	D_m	$\sqrt{1/2 (D_a^2 + D_k^2)}$; angenähert $1/2 (D_a + D_k) = D_f$; (D_a = Außendurchm., D_k = Kerndurchm., D_f = Flankenm.)
Gangzahl	G	
Steigung	S	$25,4 : G$
Mittl. Steigungswinkel (s. Tafel S. 173)	α	$\text{tg } \alpha = S : (D_m \cdot 3,14)$
Mindestlänge d. Fräasers zum Einfräsen der Rillen	L	$l \cdot \sin \alpha + b \cdot \cos \alpha$ (l = Länge, b = Breite des Backens)

Werkstücksdurchmesser D_m in mm zum Gewinderollen.

Whitworth	$D_a = "$	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	7/32	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2
	$D_m = \text{mm}$	1,35	2,07	2,80	3,50	4,14	4,93	5,60	7,10	8,57	10,00	11,43
S. I.	$D_a = \text{mm}$	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	
	$D_m = \text{mm}$	2,65	3,14	3,55	4,04	4,45	5,35	6,34	7,18	8,18	9,02	
Löwenherz	$D_a = \text{mm}$	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5	4	4,5
	$D_m = \text{mm}$	0,84	1,03	1,20	1,46	1,73	2,02	2,29	2,65	3,08	3,51	3,98
	$D_a = \text{mm}$	5	5,5	6	7	8	9	10				
	$D_m = \text{mm}$	4,44	4,87	5,30	6,23	7,16	8,08	9,01				

Beispiel: Es soll ein Whitworth-Gewinde von $3/8"$ Außendurchmesser gerollt werden.

Nach S. 190 ist $D_a = 9,525 \text{ mm}$; $D_k = 7,492 \text{ mm}$; $G = 16$.

$$S = 25,4 \text{ mm} : 16 = 1,59 \text{ mm},$$

$$D_m = \sqrt{1/2 (9,525^2 + 7,492^2)} \text{ mm} = \sqrt{73,43} \text{ mm} = 8,57 \text{ mm},$$

$$\text{angenähert } D_m = D_f = 1/2 (9,525 + 7,492) \text{ mm} = 8,51 \text{ mm}.$$

b) Gewinderollen auf Drehbänken.

Das Gewinderollen auf Drehbänken, Revolverbänken und selbsttätigen Drehbänken mit Hilfe eines scheibenförmigen Rollers ist als Behelf anzusehen und kommt dort in Frage, wo Gegenstände dicht an einem Bund mit Gewinde versehen werden sollen und die Anwendung eines Schneideisens untunlich ist oder einen weiteren Arbeitsgang bei besonderer Aufspannung erfordern würde.

Grobe Gewinde auf hartem Material lassen sich schwer rollen und setzen entsprechend kräftige Maschinen voraus.

Der Arbeitsvorgang ist hier folgender: Das Rollwerkzeug ist eine Scheibe aus Chromnickel- oder Wolframstahl, deren äußerer Durchmesser ein Vielfaches des Bolzendurchmessers D_m darstellt. Die Bestimmung des Bolzendurchmessers D_m (= Werkstückdurchmesser vor dem Rollen) geschieht auf die gleiche Weise wie beim Rollen mit Rollbacken. Das Gewinde des Rollers ist mehrgängig, der Vervielfachung des Durchmessers entsprechend, so daß das aufgeschnittene n -fache Gewinde den gleichen aber entgegengesetzten Steigungswinkel α hat, wie das zu erzeugende Gewinde. Die Gewindespirale drückt sich beim Abrollen auf das Arbeitstück ein; ihre Länge S_{pr} muß genau ein n -faches der Länge der zu erzeugenden Spirale sein, weil nach n -Umdrehungen des Arbeitstückes und einer Umdrehung des Rollers der folgende Gewindengang des Rollers mit dem am Arbeitstück bereits eingedrückten wieder zusammentreffen muß.

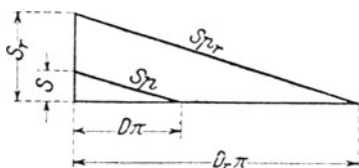


Bild G 22.

Aus Bild G 22 geht hervor, daß $S_r = n \cdot S$ und $G_r = \frac{G}{n}$, wenn mit $S_r (S)$ und $G_r (G)$ Steigung und Gangzahl des Rollergewindes (des zu erzeugenden Gewindes) bezeichnet wird.

Das Gewinde weicht in der Form vom normalen Gewinde dadurch ab, daß der Roller zur Überwindung des Materialwiderstandes mit scharfen anstatt mit abgerundeten oder abgeflachten Kanten ausgeführt wird. Das erzeugte Gewinde erhält dadurch größere Gewindetiefe und kleineren Kerndurchmesser wie normal.

Bei grobgängigem Gewinde oder hartem Material werden zur Erleichterung der Arbeit mit Vorteil 2 Gänge des Rollers ausgespart (Bild G 23), bei weichem Material oder feingängigem Gewinde bleiben sämtliche Gänge stehen.

Die Enden des Rollers werden, um ein Ausbrechen des Gewindes zu verhindern, auf 45° abgeschragt. Der Roller ist vorsichtig zu härten, damit die scharfen Kanten nicht verbrennen, und nach dem Härten auf der Drehbank mittels eines Stückes Hartholz, Öl und Schmirgel zu glätten.

Der Roller muß, um einen Zapfen leicht drehbar gut in einen Halter (Bild G 24) eingepaßt sein, der am Quersupport des Automaten befestigt wird.



Bild G 23.

Wichtig ist, daß der Roller tangential und nicht mit dem Drucke unmittelbar auf die Mitte wirkend gegen das Arbeitsstück angedrückt wird. Die Einführung auf die nötige Tiefe muß möglichst rasch geschehen.

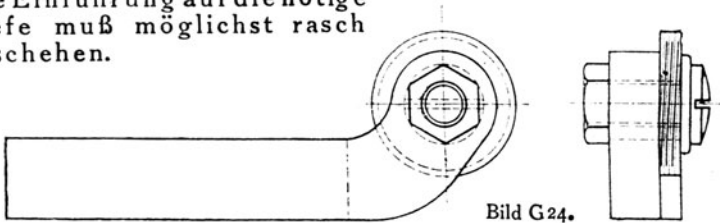


Bild G24.

Die Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes wähle man nicht zu hoch. Nach vollendetem Einrollen des Gewindes soll der Roller sofort zurückgezogen werden, da längeres Laufenlassen leicht zum Ausbrechen der Gewindegänge führt, zumindest aber die Lebensdauer des Rollers verkürzt. Springt das gerollte Gewinde in Ringen ab, so ist entweder der Rollerdurchmesser zu groß oder zu klein, oder dessen Gewindegänge sind nicht spitz genug.

Der Roller richtet sich in seinen Abmessungen nach dem Durchmesser des Werkstückes vor dem Rollen.

Angaben zur Berechnung.

Benennung	Bezeichnung	Berechnung
Werkstück-Durchmesser vor dem Rollen	Dm	$\sqrt{1/2 (Da^2 + Dk^2)}$; (Da = Außendurchm., Dk = Kerndurchm.)
Außendurchmesser des Rollers	Dr	$Dm \cdot n + h$
Steigung des fertigen Gewindes . mm	S	$25,4 : G$
Höhe des Gewindedreiecks	h	$0,96 \cdot S$ bei 55° $0,87 \cdot S$ bei 60°
Steigung des Rollergewindes . . . mm	Sr	$n \cdot S$; $n \cdot \frac{25,4}{G}$
Gangzahl des fertigen Gewindes auf 1''	G	
Gangzahl des Rollergewindes auf 1'' .	Gr	$G : n$
Angabe, wie oft Dr größer ist als Dm	n	

Beispiel: Es soll ein Gewinde von 16 mm Außendurchmesser (Da) 18 Gang auf 1'' ($S = 25,4 : G = 1,41$ mm) und 55° Kantenwinkel auf ein Arbeitsstück gerollt werden.

Wenn n gleich 4 gewählt wird, so ist

$$Gr = 18 : 4 = 4,5; Sr = 1,41 \cdot 4 \text{ mm} = 5,64 \text{ mm}$$

$$Dm = \sqrt{1/2 (16^2 + 14,19^2)} = 15,12; Dr = 15,12 \cdot 4 + 1,41 \cdot 0,96 = 61,83.$$

Berechnung der Wechselräder zum Gewindeschneiden auf der Drehbank.

Durch die Wechselräder mit den Zähnezahlen a, b, c, d usw. werden die Umdrehungszahlen der Dreh- und Leitspindel in das zum Schneiden eines bestimmten Gewindes erforderliche Verhältnis gebracht. Es ist:

Steigung in mm des zu schneidenden Gewindes	Gänge auf 1 Zoll der Leitspindel	=	Produkt der Zähnezahlen der treibenden Räder
Steigung in mm der Leitspindel	Gänge auf 1 Zoll des zu schneidenden Gewindes	=	Produkt der Zähnezahlen der getriebenen Räder
A		=	B

Für die Berechnung des Verhältnisses **A** dienen die in nachfolgender Tafel für alle vorkommenden Fälle unter **A** aufgeführten Formeln, in welche die gegebenen Werte einzusetzen sind.

Aus dem Verhältnisse **A** werden die Wechselräder **B** in der Weise abgeleitet, daß Zähler und Nenner mit derart gewählten gleichen Zahlen vermehrt werden, daß die Produkte die Zähnezahlen von zur Verfügung stehenden Rädern ergeben. Eine Hilfe bieten die Tafeln S. 48—52.

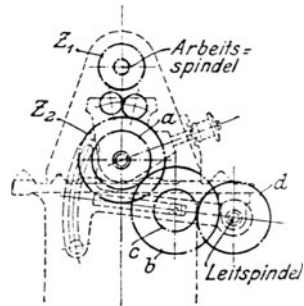


Bild G 25.

Beispiele.

1. Auf einer Drehbank mit einer Leitspindel von 5 Gang auf 1'' engl. soll ein Gewinde mit einer Steigung = 2 mm geschnitten werden.

Auflösung: $G_2 = 5$; $S_1 = 2$

$$A = \frac{S_1 \cdot G_2 \cdot 5}{127} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 5}{127} = \frac{50}{127} = \frac{a}{b}$$

2. Es ist ein Gewinde von 30 Gang auf 1'' engl. zu schneiden. Die Leitspindel der Drehbank hat 4 Gang auf 1'' engl.

Auflösung: $G_1 = 30$; $G_2 = 4$; $A = \frac{G_2}{G_1} = \frac{4}{30} = \frac{a}{b}$.

In diesem Falle kommen wir mit einer 1 fachen Übersetzung $\frac{a}{b}$ nicht mehr aus und gehen zur 2 fachen Übersetzung über:

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{4}{30} = \frac{4 \cdot 10}{30 \cdot 10} = \frac{40 \cdot 10}{30 \cdot 100} = \frac{40 \cdot 10 \cdot 3}{30 \cdot 3 \cdot 100} = \frac{40 \cdot 30}{90 \cdot 100}$$

Bei Herzübersetzung, wenn $\frac{Z_1}{Z_2} = i = 5$ wird:

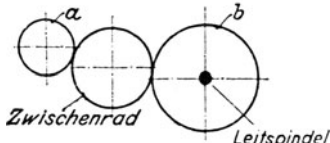
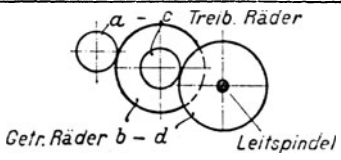
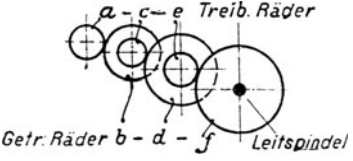
$$A = \frac{G_2 \cdot i}{G_1} = \frac{4 \cdot 5}{30} = \frac{20}{30} = \frac{30}{45} = \frac{40}{60} \text{ u. s. f.} = \frac{a}{b}$$

3. Auf einer Drehbank, deren Leitspindel 4 Gang auf 1'' engl. hat, ist eine Schnecke Modul 5 zu schneiden.

Auflösung: $M = 5$; $G_2 = 4$

$$A = \frac{M \cdot G_2 \cdot 157}{10 \cdot 127} = \frac{5 \cdot 4 \cdot 157}{10 \cdot 127} = \frac{20 \cdot 157}{10 \cdot 127} = \frac{100 \cdot 157}{50 \cdot 127} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$$

Berechnung $A = B$.

Gegebene Werte				A
Zu schneidendes Gewinde	Gewinde der Leitspindel			
Gangzahl auf 1'' engl.	G ₁	Gangzahl auf 1'' engl.	G ₂	$G_2 : G_1$
		Steigung mm	S ₂	$\frac{25,4}{G_1 \cdot S_2} = \frac{127}{G_1 \cdot S_2 \cdot 5}$
		Gangzahl auf 1'' engl.	E ₂	$\frac{1}{G_1 \cdot E_2}$
Steigung mm	S ₁	Gangzahl auf 1'' engl.	G ₂	$\frac{S_1 \cdot G_2}{25,4} = \frac{S_1 \cdot G_2 \cdot 5}{127}$
		Steigung mm	S ₂	$S_1 : S_2$
		Gangzahl auf 1'' engl.	E ₂	$\frac{S_1}{E_2 \cdot 25,4} = \frac{S_1 \cdot 5}{E_2 \cdot 127}$
Modul S ₁ : 7	M	Gangzahl auf 1'' engl.	G ₂	$\frac{M \cdot G_2 \cdot 3,14}{25,4} = \frac{M \cdot G_2 \cdot 157}{10 \cdot 127}$
		Steigung mm	S ₂	$\frac{M \cdot 3,14}{S_2} = \frac{M \cdot 157}{S_2 \cdot 50}$
		Gangzahl auf 1'' engl.	E ₂	$\frac{M \cdot 3,14}{E_2 \cdot 25,4} = \frac{M \cdot 157}{E_2 \cdot 25,4}$
Steigung engl. Zoll	E ₁	Gangzahl auf 1'' engl.	G ₂	$\frac{E_1 \cdot G_2}{E_1 \cdot 25,4} = \frac{E_1 \cdot 127}{S_2 \cdot 5}$
		Steigung mm	S ₂	$\frac{E_1 \cdot 25,4}{S_2} = \frac{E_1 \cdot 127}{S_2 \cdot 5}$
		Steigung engl. Zoll	E ₂	$\frac{E_1}{E_2}$
Bei Herzübersetzung (Bild G 25) sind $i = \frac{Z_2}{Z_1}$ zu vermehren. obige Werte mit dem Übersetzungsverhältnis				
Übersetzung	Anordnung der Räder			B
1 fach				$\frac{a}{b}$
2 fach				$\frac{a \cdot c}{b \cdot d}$
3 fach				$\frac{a \cdot c \cdot e}{b \cdot d \cdot f}$

Berechnung der Schrauben.

	Beanspruchung nur auf Zug	Beanspruchung auf Zug u. Drehung
Tragfähigkeit P in kg =	$\frac{\pi \cdot Dk^2}{4} \cdot k$	$\frac{3}{4} \cdot \frac{\pi \cdot Dk^2}{4} \cdot k$
Notw. Kernquerschn. $\frac{\pi \cdot Dk^2}{4}$ cm ² = [Dk = Kerndurchmesser]	$\frac{P}{k}$	$\frac{4}{3} \cdot \frac{P}{k}$
Zulässige Beanspruchung k in kg/cm ² =	{ für Schmiedeeisen 480 bis 600 „ Stahl 600 „ 800	
	Maße der normalen Sechskantmutter. (Vgl. S. 191, 198, 199.)	
	Schlüsselweite $S_0 \cong 1,4 \cdot D_a + 0,5$ cm	
	Mutter- höhe h { $\cong D_a$ (Mutter u. Bolzen gleiches Material) $\cong 1,5$ bis $2 D_a$ (gußeiserne Mutter) $\cong 1,5 D_a$ (Bronzemutter)	
	Kopfhöhe $h_1 = 0,7 \cdot$ Mutterhöhe	
	Maße der Unterlegscheiben.	
	Durchmesser $D_u = 1,3 \cdot$ Schlüsselweite	
Dicke $d = 0,1 \cdot$ Schlüsselweite		

Tragfähigkeit der Schrauben.

Schraube		Tragfähigkeit der Schraube in kg					
Schraubendurchmesser engl. Zoll	Kernquerschnitt cm ²	Beanspruchung auf Zug kg/cm ²			Beanspruchung a. Abscherung kg/cm ²		
		480	600	800	400	500	750
3/8	0,44	210	265	350	175	220	330
1/2	0,785	375	470	630	310	390	585
5/8	1,31	630	785	1050	525	655	980
3/4	1,96	940	1175	1575	785	980	1470
7/8	2,72	1300	1630	2175	1090	1360	2040
1	3,57	1715	2145	2850	1530	1785	2675
1 1/4	5,77	2775	3450	4600	2300	2885	4325
1 1/2	8,39	4025	5025	6775	3350	4195	6300
1 3/4	11,31	5425	6775	9050	4525	5655	8480
2	14,91	7150	8950	11925	5965	7455	11180
2 1/2	24,08	11560	14450	19265	7230	12040	18060
3	35,15	16875	21090	28120	14060	17575	26360

Gewinde-Übersicht.

	Seite
Whitworth-Gewinde	180, 183, 190
Schraubentafel des Deutschen Staatsbahnwagenverbandes	192
S. I.-Gewinde (System International)	196
Löwenherz-Gewinde	199
Ducommun-Steinlen-Gewinde	199
Karmarsch-Gewinde	199
Metrisches Gewinde des V. d. I. (nach Delisle)	200
Hamann-Patronengewinde	200
Uhrenschraubengewinde (Thury und B. A.)	201
Siemens & Halske-Gewinde (S. & H.)	201
Bodmer-Gewinde	202
Neues Britisches Normal-Feingewinde (B. S. F.)	202
Sellers-Gewinde (U. S. St.)	203
Französisches Gewinde (S. F.)	203
Amerikanisches Feingewinde (A. S. M. E.)	204
C. E. I.-Gewinde	204
Scharfes „V“-Gewinde	205
Amerikanische Automobilschrauben (S. A. E.)	206
Gewinde der Absperrventile für Stahlflaschen	207
Nippelgewinde	208
Edison-Gewinde	208
Kordelgewinde	208
Eisenbahnkupplungsgewinde	208
Eisengewindeschrauben	209
Gewinde nach der Birmingham-Drahtlehre	209
Bohrertafel über Eisengewindeschrauben	210
Röhrengewinde nach Whitworth	211
„ Deutsches vom V. d. I.	212
„ nach Sellers	212
„ „ Briggs	213
„ vom Deutschen Mechanikertag	213
„ für Messingrohre	213
„ „ Panzerrohre	214
Holzschrauben	214
Schlitzbreiten und -tiefen der Kopfschrauben und Schraubenstifte	215
Trapezgewinde: a) metrisches (Wanderer und Loewe)	216
„ b) Zollgewinde „Acme Standard“	217

Whitworth* - Schraubengewinde

mit Angabe der passenden Spiralbohrer (vgl. S. 170).

(Nach Morse-Nummern- und Stubs' Buchstabenlehre.)

Angaben über Mutttern, Unterlegscheiben, Schraubenstifte und -bolzen werden vom Normalienausschuß für den deutschen Maschinenbau, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a, ausgearbeitet.

	Außendurchm.	D_a	$D_k + 2t; D_f + t$	
	Kerndurchm.	D_k	$D_a - 2t; D_f - t$	
	Flankendurchm.	D_f	$1/2 (D_a + D_k); D_a - t$	
	Steigung	S	25,4: Gangzahl auf 1''	
	Gewindetiefe	t	$2/3 h; 0,64033 \cdot S;$ $16,264 : G$	
	Gangzahl auf 1''	G		
Dreieckshöhe	h	$0,96049 \cdot S$		

D_a	Zoll	$1/16$	$3/32$	$1/8$	$5/32$	$3/16$	$7/32$	$1/4$	$5/16$	$3/8$
		mm	1,587	2,381	3,175	3,969	4,762	5,556	6,350	7,937
G	Zoll	60	48	40	32	24	24	20	18	16
		mm	0,0412	0,0670	0,0930	0,1162	0,1341	0,1653	0,1860	0,2414
D_k	Zoll	1,045	1,703	2,362	2,952	3,407	4,201	4,724	6,130	7,492
		mm	1,045	1,703	2,362	2,952	3,407	4,201	4,724	6,130
D_f	Zoll	1,316	2,042	2,768	3,461	4,085	4,879	5,537	7,034	8,509
		mm	1,316	2,042	2,768	3,461	4,085	4,879	5,537	7,034
Bohrer	Nr.	58	50	41	31	29	18	12	E	N
		mm	1,1	1,8	2,44	3,05	3,5	4,3	4,8	6,3

D_a	Zoll	$7/16$	$1/2$	$9/16$	$5/8$	$11/16$	$3/4$	$13/16$	$7/8$	$15/16$
		mm	11,112	12,700	14,287	15,875	17,462	19,050	20,637	22,225
G	Zoll	14	12	12	11	11	10	10	9	9
		mm	0,3460	0,3933	0,4558	0,5086	0,5711	0,6219	0,6844	0,7327
D_k	Zoll	8,789	9,989	11,577	12,918	14,505	15,797	17,384	18,610	20,198
		mm	8,789	9,989	11,577	12,918	14,505	15,797	17,384	18,610
D_f	Zoll	9,951	11,345	12,932	14,397	15,984	17,424	19,010	20,418	22,005
		mm	9,951	11,345	12,932	14,397	15,984	17,424	19,010	20,418
Bohrer	Nr.	S	Y	$15/32$	$33/64$	$19/32$	$5/8$	$11/16$	$47/64$	$53/64$
		mm	9	10,26	11,75	13	14,5	16	17,5	19

D_a	Zoll	1	$11/8$	$11/4$	$13/8$	$11/2$	$15/8$	$13/4$	$17/8$	2
		mm	25,400	28,574	31,749	34,924	38,099	41,274	44,449	47,624
G	Zoll	8	7	7	6	6	5	5	$41/2$	$41/2$
		mm	0,8399	0,9420	1,0670	1,1616	1,2866	1,3689	1,4939	1,5904
D_k	Zoll	21,334	23,927	27,102	29,503	32,678	34,769	37,943	40,396	43,571
		mm	21,334	23,927	27,102	29,503	32,678	34,769	37,943	40,396
D_f	Zoll	23,367	26,251	29,425	32,214	35,389	38,022	41,197	44,010	47,185
		mm	23,367	26,251	29,425	32,214	35,389	38,022	41,197	44,010
Bohrer	Zoll	$27/32$	$31/32$	$13/32$	$13/16$	$19/32$	$125/64$	$133/64$	$15/8$	$13/4$
		mm	21,5	24,5	27,5	30	33	35,5	38,5	41

D_a	Zoll	$21/4$	$21/2$	$23/4$	3	$31/4$	$31/2$	$33/4$	4	$41/4$
		mm	57,149	63,499	69,849	76,199	82,549	88,898	95,248	101,598
G	Zoll	4	4	$31/2$	$31/2$	$31/4$	$31/4$	3	3	$27/8$
		mm	1,9298	2,1798	2,3841	2,6341	2,8560	3,1060	3,3231	3,5731
D_k	Zoll	49,017	55,367	60,555	66,905	72,541	78,891	84,405	90,755	96,635
		mm	49,017	55,367	60,555	66,905	72,541	78,891	84,405	90,755
D_f	Zoll	53,083	59,433	65,202	71,552	77,545	83,895	89,727	96,176	102,292
		mm	53,083	59,433	65,202	71,552	77,545	83,895	89,727	96,176
Bohrer	Zoll	2	$23/16$	$27/16$	$211/16$	$27/8$				
		mm	50	56	62	68	74			

D_a	Zoll	$41/2$	$43/4$	5	$51/4$	$51/2$	$53/4$	6
		mm	114,298	120,647	126,997	133,347	139,697	146,047
G	Nr.	$27/8$	$23/4$	$23/4$	$25/8$	$25/8$	$21/2$	$21/2$
		mm	4,0546	4,2843	4,5343	4,7621	5,0121	5,2377
D_k	Zoll	102,985	108,819	115,169	120,955	127,305	133,035	139,385
		mm	102,985	108,819	115,169	120,955	127,305	133,035
D_f	Zoll	108,64	114,733	121,084	127,153	133,501	139,541	145,891
		mm	108,64	114,733	121,084	127,153	133,501	139,541

* Whitworth, Gründer und Leiter einer Werkzeug- und Werkzeugmaschinenfabrik in Manchester, Ehrenmitglied der Universitäten von Dublin und Oxford, geb. 1803 in Stockport, gest. 1887.

Gebräuchliche Maße der Sechskantmuttern und Unterlegscheiben für das Whitworth-Gewinde.

Außen- durchm. der Gewinde engl. Zoll	Sechskantige Muttern		Unterlegscheiben	
	Schlüsselweite mm	Höhe mm	Durchmesser mm	Dicke mm
1/16	5*	2*	6*	0,5*
3/32	6*	3*	8*	0,8*
1/8	7*	3, 3 1/2*	9, 10*	1*, 2
5/32	8*	4*	12*	1*
3/16	9, 9,5, 10*	4 1/2, 5*	11, 13*	1 1/4, 1 1/2*
7/32	11*	6*	13, 14*	1 1/4, 1 1/2*
1/4	11, 12*, 13	5, 6, 6 1/2*	14 1/2, 16*, 20	1 1/4, 1 1/2*, 2 1/2, 3
5/16	14*, 15	6, 8, 8 1/2*	18 1/2, 20*, 21	1 1/2, 2*, 3
3/8	17*	7 1/2, 9, 9 1/2, 10*	22*, 23, 24 1/2	1 1/2, 2*, 3
7/16	19*, 20	8, 11, 11 1/2*	24, 25*, 26	1 3/4, 2 1/2, 3 1/2
1/2	22*	9, 12 1/2, 13*	28*, 29	1 3/4, 2 1/2*, 3 1/2, 4
9/16	24	10, 14	29, 32	1 3/4, 2, 3
5/8	27, 28*	12, 16*	35*	2, 3*, 4, 4 1/2
11/16	29 1/2, 30*	13, 17 1/2, 18*	39, 40*	2 1/2, 3*
3/4	32, 33*	14, 19, 20*	42, 42 1/2, 45*	2 1/2, 3*, 3 1/2, 4, 4 1/2, 5
13/16	33, 34, 34 1/2	15, 20 1/2	46	3
7/8	36 1/2, 37, 39*	16, 22, 23*	46, 48, 49, 50*	3, 3 1/2, 4*, 5
15/16	39, 41	18, 24	52, 58	3, 4
1	41, 41 1/2, 42, 44*	18, 25, 26*	52, 53, 54, 55*, 65	3 1/2, 4*, 5, 6
1 1/8	46, 47, 50*	20, 28, 29, 30*	58, 60, 62*, 72	3 1/2, 4, 5*, 6
1 1/4	51, 52, 55*	24, 32, 33*	62, 65, 68*, 81	3 1/2, 4, 5*, 6, 7
1 3/8	55, 56, 61*	26, 35, 36*	65, 70, 72, 74*, 81	4, 5, 6*, 7
1 1/2	60, 61, 66*	28, 38, 39, 40*	72, 75, 80*, 90	5, 6*, 7, 8
1 5/8	65, 66, 72*	41, 42*, 43	80, 85*, 86	5, 6*, 8
1 3/4	70, 72, 76, 77*	33, 44, 45*, 46	85, 90, 92*, 110	7*, 9, 10
1 7/8	75, 77, 80, 83*	48*	90, 100*	7*, 9
2	78, 79, 80, 83*, 86	38, 51, 52*	95, 100*, 120	7, 8*, 10
2 1/4	83*	58*	100*	8*
2 1/2	94*	65*	115*	10*
2 3/4	103*	72*	125*	10*
3	112*	78*	135*	12*
3 1/4	112*	85*	135*	12*
3 1/2	125*	92*	150*	12*
3 3/4	125*	98*	150*	14*
4	140*	105*	170*	14*

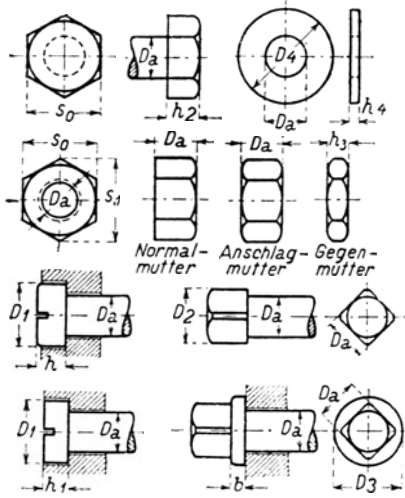
Obige Maße sind den Aufstellungen von zehn verschiedenen Schraubenfabriken entnommen. Maße, in denen wenigstens drei dieser Firmen übereinstimmen, sind fettgedruckt; das meist vorkommende Maß ist außerdem noch unterstrichen. Die Werte mit * entsprechen den A. E. G.-Normalien, Verlag der Allg. Elektr. Ges., Berlin. Die Angaben des Normal.-Aussch. f. d. deutschen Maschinenbau fehlen z. Z. der Drucklegung.

Additional material from *Technisches Hilfsbuch*,
ISBN 978-3-662-42058-4, is available at <http://extras.springer.com>



Normale Schraubenköpfe, Muttern und Unterlegscheiben für S. I.-Gewinde

nach den Bestimmungen des
Züricher Kongresses 1898.



1. Bis zum Durchmesser $D_a = 24$ mm ist die Schlüsselweite $s_0 = 1,5 \cdot D_a + 3$ mm; für größere Durchmesser keine Regel.
2. Die Schlüsselweiten sind für rohe und bearbeitete Muttern gleich.
3. Kopfhöhe höchstens $= 0,7 D_a$, Mutterhöhe „ $= D_a$.

Die übrigen Maße entsprechen den in der Werkstätte gebräuchlichen.

D_a	D_1	h	h_1	D_2	D_3	b	s_0	s_1	h_2	h_3	D_4	h_4
5	8,5	4	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	10	4,6	4	7,8	10,5	2	12	13,9	4,5	3	16	1,5
7	11,5	5,2	4,5	9,1	12	2	13	15	5,5	3,5	17	1,5
8	12,5	5,8	5	10,4	13,5	2	15	17,3	6	4	20	2
9	14	6,4	5,5	11,7	15	2,5	16	18,5	7	4,5	21	2
10	15	7	6	13	16,5	2,5	18	20,8	7,5	5	24	2,5
11	16,5	7,6	6,5	14,3	18	3	19	21,9	8,5	5,5	25	2,5
12	18	8,2	7	15,6	19,5	3	21	24,3	9	6	27,5	3
14	20,5	9,4	8	18,2	22	3,5	23	26,6	10,5	7	30	3
16	23	10,6	9	20,8	25	3,5	26	30	12	8	34	3,5
18	25,5	11,8	10	23,4	28	4	29	33,5	13,5	9	38	3,5
20	28	13	11	26	31	4	32	37	15	10	42	4
22	30,5	14,2	12	28,6	34	5	35	40,4	16,5	11	46	4
24	33	15,4	13	31,2	37	5	38	43,9	18	12	50	4,5
27	37	17,2	14,5	35,1	41	6	42	48,5	20,5	13,5	55	4,5
30	41	19	16	39	45	6	46	53,1	22,5	15	60	5
33	45	20,8	17,5	42,9	49	7	50	57,7	25	16,5	65	5,5
36	49	22,6	19	46,8	53	7	54	62,4	27	18	70	6
39	52	24,4	20,5	50,7	57	8	58	67	29,5	19,5	75	6,5
42	56	26,2	22	54,6	61	8	63	72,8	31,5	21	82	7
45	60	28	23,5	58,5	65	9	67	77,4	34	22	87	7,5
48	64	29,8	25	62,4	69	9	71	82	36	24	92	8
52	69	32,2	27	67,6	75	10	77	88,9	39	26	100	9

Löwenherz* - Gewinde

für Feinmechanik, Optik und Elektrotechnik; als Mechaniker-Gewinde in Deutschland und Österreich überwiegend in Gebrauch. Ursprünglich Spitzgewinde, in der abgeflachten Form angenommen auf dem Kongreß zur Einführung einheitlicher Gewinde für Befestigungsschrauben in der Feinmechanik in München 1892.

Angaben über Muttern, Unterlegscheiben, Schraubenstifte, Halbrund-, Versenk- und Linsenschrauben finden sich in den A. E. G.-Normalien. ($53^{\circ} 8'$ = Spitzenwinkel des in ein Quadrat eingeschriebenen gleichschenkligen Dreiecks.)

	Außendurchm.	D_a							
	Kerndurchm.	D_k	$D_a - 2t; D_a - 1,5 \cdot S$						
	Flankendurchm.	D_f	$\frac{1}{2} (D_a + D_k);$ $D_a - 0,75 \cdot S$						
	Steigung = Dreieckshöhe	$S =$ h							
	Gewindetiefe	t	$0,75 \cdot h; 0,75 \cdot S$						
Außendurchmesser mm	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5
Steigung mm	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,6
Kerndurchmesser "	0,625	0,825	0,95	1,175	1,4	1,7	1,925	2,25	2,6
Flankendurchmesser "	0,812	1,012	1,175	1,437	1,700	2,000	2,262	2,625	3,050
Spiralbohrer { mm	71	66	61	56	53	50	47	42	36
	0,65	0,85	1	1,2	1,5	1,75	2	2,35	2,7
Schlüsselweite mm	3	4	5	5	6	6	7	7	8
Außendurchmesser mm	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10
Steigung mm	0,7	0,75	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4
Kerndurchmesser "	2,95	3,375	3,8	4,15	4,5	5,35	6,2	7,05	7,9
Flankendurchmesser "	3,475	3,937	4,400	4,825	5,250	6,175	7,100	8,025	8,950
Spiralbohrer { Nr.	31	29	23	18	14	—	E	—	P
	3,1	3,5	3,9	4,3	4,6	5,5	6,4	7,25	8,2
Schlüsselweite mm	8	10	10	12	12	14	14	17	17

Ducommun-Steinlen-Gewinde

für mechanische und optische Instrumente, aufgestellt 1873 von den Ducommun'schen Werkstätten (Heilmann, Ducommun & Steinlen) in Mülhausen i. E. Form wie Löwenherz.

D_a . . mm	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	18	20
S . . mm	0,5	0,75	0,75	1,0	1,0	1,25	1,25	1,5	1,5	1,75	2,0	2,0	2,5	2,5
D_k . . "	2,25	2,88	3,88	4,5	5,5	6,13	7,13	7,75	8,75	9,38	10,0	12,0	14,25	16,25

Karmarsch** - Gewinde

für mechanische und optische Instrumente. (Form wie Löwenherz.)
 G = Gangzahl auf 10 mm Länge.

D_a . . mm	Grobes Gewinde					Feines Gewinde				
	4	5	6	8	10	4	5	6	8	10
G . . mm	12	10	9	8	6	24	20	18	16	12
S . . "	0,834	1,0	1,111	1,25	1,667	0,417	0,50	0,556	0,625	0,834
D_k . . "	2,749	3,5	4,333	6,13	7,5	3,37	4,25	5,16	7,06	8,75

* Dr. Leop. Löwenherz, geb. 1847 zu Czarnikau in Posen, Abteilungs-Direktor der Phys.-Techn. Reichsanstalt in Charlottenburg, gest. 1892.

** Karmarsch, Prof. der Technologie an der Techn. Hochschule in Hannover, geb. 1803 in Wien, gest. 1879 in Hannover.

Metrisches Gewinde

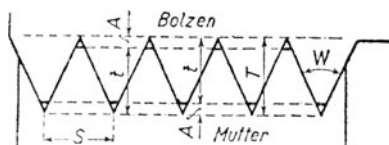
des Vereins deutscher Ingenieure (nach Delisle*).
(Form wie Löwenherz-Gewinde.)

Das von Delisle 1876 vorgeschlagene Gewinde wurde vom V.D.I. 1888 in Breslau angenommen, zugunsten des vom Intern. Kongreß zur Vereinheitlichung der Gewinde, Zürich, 3. und 4. Okt. 1898, festgelegten S.I.-Gewindes fallen gelassen und ist kaum noch in Gebrauch.

Außendurchmesser mm	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
Steigung mm	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Kerndurchmesser "	3,5	4,5	5,2	6,2	6,9	7,9	9,6	11,3	13	14,7
Flankendurchmesser "	4,25	5,25	6,1	7,1	7,95	8,95	10,8	12,65	14,5	16,35
Schlüsselweite "	11	11	14	14	18	18	22	25	28	31
Außendurchmesser mm	20	22	24	26	28	30	32	36	40	
Steigung mm	2,4	2,8	2,8	3,2	3,2	3,6	3,6	4,0	4,4	
Kerndurchmesser "	16,4	17,8	19,8	21,2	23,2	24,6	26,6	30	33,4	
Flankendurchmesser "	18,2	19,9	21,9	23,6	25,6	27,3	29,3	33	36,7	
Schlüsselweite "	34	37	40	43	46	49	52	58	64	

Hamann**-Patronengewinde

für mechanische und optische Instrumente, sehr verbreitet.



Gew.-Nr.	S mm	Gg. auf 1"	A mm	t mm	T mm	W	Beispiel für die Bezeichnung
1	3,907	6 ¹ / ₂	0,29	3,902	4,192	50°	57,2×65 Gew. 1
2	3,092	8 ³ / ₁₄	0,27	3,045	3,315	50°	53,9×60 " 2
3	2,739	9 ³ / ₁₁	0,25	2,687	2,937	50°	52,7×58 " 3
4	1,953	13	0,22	1,873	2,093	50°	35,3×39 " 4
5	1,546	16 ³ / ₇	0,195	1,463	1,658	50°	47,1×50 " 5
6	1,27	20	0,175	1,187	1,362	50°	18,6×21 " 6
7	1,154	22	0,155	1,082	1,237	50°	22 ×24 " 7
8	0,976	26	0,135	0,911	1,046	50°	27,2×29 " 8
9	0,873	29 ¹ / ₁₃	0,115	0,820	0,935	50°	34,4×36 " 9
10	0,705	36	0,085	0,670	0,755	50°	20,7×22 " 10
11	0,635	40	0,065	0,443	0,508	64°	26,1×27 " 11
12 tf.	0,461	55	0,065	0,428	0,493	50°	12,1×13 " 12tf.
12 fl.	0,461	55	0,035	0,259	0,294	76°	17,5×18 " 12fl.
13	0,288	88	0,035	0,273	0,308	50°	26 ×26,5 " 13

* Karl Delisle, Oberingenieur der badischen Staatseisenbahn, † 1909.

** Hamann, Maschinenfabrikant (Mechaniker - Drehbänke) in Berlin, in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts.

Uhrschrauben-Gewinde

der Systeme „Thury“*
und „British Association Standard Screw Threads“ (B. A.)
(gebräuchlich für Instrumente und Uhren).

	$h = 1,1364 \cdot S; t = 0,6 \cdot S$ Abrundungen								
		äußere(r) innere(R)							
	B. A.	$\frac{2}{11} \cdot S$ $\frac{2}{11} \cdot S$							
	Thury	$\frac{1}{6} \cdot S$ $\frac{1}{5} \cdot S$							
Nr. . . .	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Da . mm	6	5,3	4,7	4,1	3,5	3,2	2,8	2,5	2,2
S . . .	1	0,9	0,81	0,73	0,66	0,59	0,53	0,48	0,43
Dk . . .	4,8	4,22	3,728	3,224	2,808	2,492	2,164	1,924	1,684
Nr. . . .	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Da . mm	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1	0,9	0,79	0,7
S . . .	0,39	0,35	0,3	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17
Dk . . .	1,432	1,28	1,128	0,964	0,9	0,724	0,648	0,562	0,496
Nr. . . .	18	19	20	21	22	23	24	25	
Da . mm	0,62	0,54	0,48	0,42	0,37	0,33	0,29	0,25	
S . . .	0,15	0,14	0,12	0,11	0,098	0,089	0,08	0,072	
Dk . . .	0,44	0,372	0,336	0,288	0,252	0,223	0,194	0,164	

Siemens & Halske- (S. & H.) Gewinde.

Aus der Praxis entstanden, früher in feinmechanischen Betrieben, insbesondere für Telegraphen-Apparate viel verwendet; jetzt meist durch das Löwenherz-Gewinde ersetzt, jedoch noch von der Post und von der Eisenbahn für deren Apparate vorgeschrieben.

Gewindenummer	11	14	17	18	21	25
Außendurchmesser mm	8,955	7,20	6,00	5,75	5,12	4,00
Kerndurchmesser, maximal	7,05	5,75	4,68	4,51	4,05	3,2
Flankenmaß	7,14	6,47	5,34	5,13	4,58	3,6
Steigung	1,21	1,05	0,89	0,78	0,78	0,66
Gangzahl auf 1 engl. Zoll	20 ³ / ₆	24 ¹ / ₂	28 ¹ / ₃	32 ¹ / ₂	32 ¹ / ₂	38
Gangtiefe mm	0,90	0,725	0,66	0,62	0,535	0,40
Kantenwinkel in Grad	50	58	55	48	58	61
Gewindenummer	27	29	31	33	34	36
Außendurchmesser mm	3,37	2,80	2,16	1,78	1,63	1,22
Kerndurchmesser, maximal	2,6	2,24	1,65	1,40	1,30	0,98
Flankenmaß	2,98	2,52	1,90	1,65	1,46	1,10
Steigung	0,66	0,53	0,49	0,34	0,30	0,22
Gangzahl auf 1 engl. Zoll	38	47 ¹ / ₂	51	73 ¹ / ₃	84	112 ⁹ / ₂₆
Gangtiefe mm	0,385	0,28	0,255	0,255	0,165	0,12
Kantenwinkel in Grad	68	66	68	59	55	50

* Thury, Ingenieur, Universitätsprofessor in Genf, gestorben am 17. Januar 1905.

Bodmer*-Gewinde

für mechanische und optische Instrumente.

	Außendurchmesser . . .	Da										
	Kerndurchmesser . . .	Dk										
	Flankendurchmesser	Df										
	Steigung	S										
	Gewindetiefe	t										
	Dreieckshöhe	h										
Gangzahl auf 25 mm		G										
Da . . mm	3,0	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11
S . . . mm	0,625	0,625	0,715	0,715	0,834	0,834	0,834	1,00	1,00	1,25	1,25	1,25
G	40	40	35	35	30	30	30	25	25	20	20	20
Dk . . mm	2,107	2,607	2,978	3,478	3,808	4,308	4,808	5,57	6,67	7,213	8,213	9,213
Da . . mm	12	13	14	15	16	18	20	22	24			
S . . . mm	1,471	1,471	1,724	1,724	2	2	2,5	2,5	2,78			
G	17	17	14,5	14,5	12,5	12,5	10	10	9			
Dk . . mm	9,897	10,897	11,535	12,535	13,141	15,141	16,426	18,426	20,026			
Da . . mm	26	28	30	32	34	38	42	46	50			
S . . . mm	2,78	3,125	3,125	3,571	3,571	4,167	4,167	5	5			
G	9	8	8	7	7	6	6	5	5			
Dk . . mm	22,026	23,532	25,532	26,895	28,895	32,043	36,043	38,852	42,852			

Neues Britisches Normal-Fein-Gewinde.

(B. S. F. = British Standard Fine Screw Thread.)

	Außendurchmesser . . .	Da	$Dk + 2t$; $Df + t$						
	Kerndurchmesser . . .	Dk	$Da - 2t$; $Df - t$						
	Flankendurchmesser	Df	$1/2 (Da + Dk)$; $Da - t$						
	Steigung	S	25,4: Gangzahl auf 1''						
	Gewindetiefe	t	$2/3 h$; $0,64033 \cdot S$; $16,264 \cdot G$						
	Gangzahl	G							
Dreieckshöhe		h	$0,96049 \cdot S$						
Da { engl. Zoll	$1/4$	$5/16$	$3/8$	$7/16$	$1/2$	$9/16$	$5/8$	$11/16$	$3/4$
mm	6,350	7,937	9,525	11,112	12,700	14,287	15,875	17,462	19,05
Dk . . mm	5,049	6,457	7,899	9,305	10,668	12,255	13,552	15,139	16,340
G	25	22	20	18	16	16	14	14	12
S . . . mm	1,016	1,156	1,270	1,412	1,587	1,587	1,814	1,814	2,116
Da { engl. Zoll	$13/16$	$7/8$	$15/16$	1	$11/8$	$11/4$	$13/8$	$11/2$	$15/8$
mm	20,637	22,225	23,812	25,400	28,574	31,49	34,924	38,099	41,274
Dk . . mm	17,927	19,268	20,855	22,147	24,960	28,135	30,858	34,033	37,208
G	12	11	11	10	9	9	8	8	8
S . . . mm	2,116	2,309	2,309	2,540	2,822	2,822	3,175	3,175	3,175
Da { engl. Zoll	$13/4$	$17/8$	2	$21/4$	$21/2$	$23/4$	3	$31/4$	$31/2$
mm	44,449	47,624	50,799	57,149	63,499	69,849	76,199	82,55	88,90
Dk . . mm	39,802	42,975	46,150	51,727	58,077	64,427	69,693	76,04	81,67
G	7	7	7	6	6	6	5	5	4 1/2
S . . . mm	3,628	3,628	3,628	4,233	4,233	4,233	5,08	5,08	5,64
Da { engl. Zoll	$33/4$	4	$41/4$	$41/2$	$43/4$	5	$51/4$	$51/2$	$53/4$
mm	95,25	101,60	107,95	114,30	120,65	127,00	133,35	139,70	146,05
Dk . . mm	88,02	94,37	99,83	106,18	112,52	118,87	124,06	130,41	136,76
G	$41/2$	$41/2$	4	4	4	4	$31/2$	$31/2$	$31/2$
S . . . mm	5,64	5,64	6,35	6,35	6,35	6,35	7,26	7,26	7,26

* Bodmer, zuerst Mechaniker, später Artillerieoffizier, Fabrikleiter usw., geb. 1786 in Zürich, gest. 1864 in Zürich.

Sellers*-Gewinde.

(U. S. St. = United-States-Standard-System.)

Wurde von Sellers 1864 dem Franklin-Institut vorgelegt und von diesem zur allgemeinen Annahme empfohlen.

	Außendurchm. . .	D_a										
	Kerndurchm. . .	D_k	$D_a - 2t; D_f - t$									
	Flankendurchm.	D_f	$\frac{1}{2}(D_a + D_k); D_a - t$									
	Steigung	S										
	Gewindetiefe . .	t	$\frac{3}{4}h; 0,649519 \cdot S$									
	Dreieckshöhe . .	h	$0,866025 \cdot S$									
D_a engl. Zoll	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1
Gangzahl . .	40	24	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8
D_k engl. Zoll	0,093	0,133	0,185	0,240	0,294	0,345	0,400	0,454	0,507	0,620	0,731	0,838
D_a engl. Zoll	$\frac{11}{8}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{11}{2}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{17}{8}$	2	$\frac{21}{4}$	$\frac{21}{2}$	$\frac{23}{4}$	3
Gangzahl . .	7	7	6	6	$5\frac{1}{2}$	5	5	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	4	4	$3\frac{1}{2}$
D_k engl. Zoll	0,939	1,064	1,159	1,284	1,389	1,490	1,615	1,711	1,961	2,175	2,425	2,629
D_a engl. Zoll	$\frac{31}{4}$	$\frac{31}{2}$	$\frac{33}{4}$	4	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{3}{4}$	5	$5\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{2}$	$5\frac{3}{4}$	6
Gangzahl . .	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	3	3	$\frac{27}{8}$	$\frac{23}{4}$	$\frac{25}{8}$	$\frac{21}{2}$	$\frac{21}{2}$	$\frac{23}{8}$	$\frac{23}{8}$	$\frac{21}{4}$
D_k engl. Zoll	2,879	3,100	3,317	3,567	3,798	4,028	4,255	4,480	4,730	4,953	5,203	5,423

Französisches Gewinde.

(S. F. = System Français.) Gewindeform wie Sellers.

War in Frankreich vor Einführung des S. I.-Gewindes im Gebrauch und wird dort auch jetzt noch vielfach angewendet.

Nr.	0	—	1	—	2	—	3	—	—	4	—	—
D_a . . . mm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
S . . . "	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3
D_k . . . "	4,7	6,7	8,05	10,05	11,4	13,4	14,75	16,75	18,75	20,1	22,1	24,1
D_f . . . "	5,35	7,35	9,02	11,02	12,7	14,7	16,37	18,37	20,37	22,05	24,05	26,05
Nr.	5	—	—	6	—	—	7	—	—	8	—	9
D_a . . . mm	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	56
S . . . "	3,5	3,5	3,5	4	4	4	4,5	4,5	4,5	5	5	5,5
D_k . . . "	25,45	27,45	29,45	30,8	32,8	34,8	36,15	38,15	40,15	41,5	43,5	48,85
D_f . . . "	27,72	29,72	31,72	33,4	35,4	37,4	39,07	41,07	43,07	44,75	46,75	52,42
Nr.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
D_a . . . mm	64	72	80	88	96	106	116	126	136	148		
S . . . "	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5		
D_k . . . "	56,2	63,55	70,9	78,25	85,6	95,95	104,3	113,65	123	134,05		
D_f . . . "	60,1	67,77	75,45	83,12	90,8	100,97	110,15	119,82	129,5	141,02		

* William Sellers, Prof. am Stevens Institut, Leiter der Kanadischen Niagara-Kraft-Gesellschaft, geb. 1827 in Philadelphia.

Amerikanisches Feingewinde.

(A. S. M. E., aufgestellt von American Society of Mechanical Engineers 1907.) Gewindeform wie bei Sellers-Gewinde (S. 203).

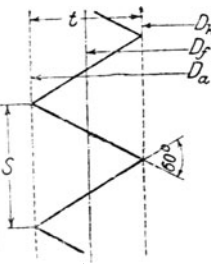
Außendurchmesser engl. Zoll	0,060	0,073	0,086	0,099	0,112	0,125	0,138
mm	1,524	1,854	2,184	2,515	2,845	3,175	3,505
Gänge auf 1 engl. Zoll . . .	80	72	64	56	48	44	40
Kerndurchmesser . . . mm	1,112	1,397	1,669	1,925	2,156	2,426	2,680
<hr/>							
Außendurchmesser engl. Zoll	0,151	0,164	0,177	0,190	0,216	0,242	0,268
mm	3,835	4,166	4,496	4,826	5,486	6,147	6,807
Gänge auf 1 engl. Zoll . . .	36	36	32	30	28	24	22
Kerndurchmesser . . . mm	2,918	3,249	3,464	3,726	4,308	4,773	5,308
<hr/>							
Außendurchmesser engl. Zoll	0,294	0,320	0,346	0,372	0,398	0,424	0,450
mm	7,467	8,128	8,788	9,449	10,109	10,769	11,430
Gänge auf 1 engl. Zoll . . .	20	20	18	16	16	14	14
Kerndurchmesser . . . mm	5,816	6,477	6,954	7,386	8,047	8,412	9,073

Engl. „C. E. I.“-Gewinde.

(Cycle Engineers Institute Thread.)

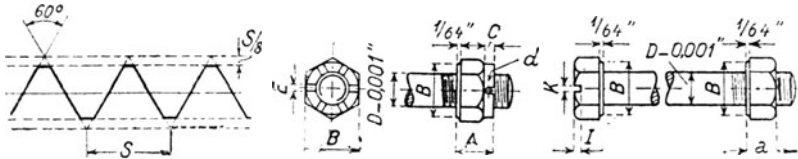
	Außendurchm.	D_a					
	Kerndurchm. .	D_k	$D_a - 2t$				
	Flankendurchm.	D_f	$\frac{1}{2}(D_a + D_k); D_a - t$				
	Steigung. mm	S	$25,4 : G$				
	Gewindetiefe .	t	$0,5327 \cdot S$				
	Gangzahl auf 1 Zoll engl. .	G					
<hr/>							
D_a . { engl. Zoll	0,056	0,064	0,072	0,080	0,092	0,104	0,125
mm	1,422	1,626	1,829	2,032	2,337	2,642	3,175
D_k . { engl. Zoll	0,388	0,044	0,055	0,063	0,073	0,080	0,098
mm	0,986	1,190	1,393	1,596	1,854	2,028	2,499
G	62	62	62	62	56	44	40
S mm	0,409	0,409	0,409	0,409	0,453	0,577	0,635
<hr/>							
D_a . { engl. Zoll	0,154	0,175	0,1875	0,250	0,266	0,281	0,3125
mm	3,912	4,445	4,762	6,35	6,756	7,137	7,937
D_k . { engl. Zoll	0,127	0,142	0,154	0,209	0,225	0,240	0,271
mm	3,236	3,600	3,917	5,309	5,715	6,096	6,896
G	40	32	32	26	26	26	26
S mm	0,635	0,794	0,794	0,977	0,977	0,977	0,977
<hr/>							
D_a . { engl. Zoll	0,375	0,5625	1,000	1,290	1,370	1,4375	1,5
mm	9,525	14,287	25,4	32,766	34,797	36,512	38,10
D_k . { engl. Zoll	0,334	0,509	0,959	1,245	1,325	1,393	1,455
mm	8,484	12,934	24,359	31,639	33,670	35,385	36,973
G	26	20	26	24	24	24	24
S mm	0,977	1,27	0,977	1,058	1,058	1,058	1,058

Amerikanisches scharfes „V“-Gewinde.

		Außendurchm.	D_a				
		Kerndurchm.	D_k	$D_a - 2t; D_a - 1,73206 \cdot S$			
		Flankendurchm.	D_f	$D_a - t; D_u + t; D_a - 0,86603 \cdot S$			
		Steigung	S				
		Gewindetiefe	t	$S \cdot 0,86603$			
		Gangzahl auf 1 Zoll engl.	G				
Außendurchmesser	Gangzahl auf 1 Zoll engl.	Steigung	Gewindetiefe	Kerndurchmesser	Flanschendurchmesser		
engl. Zoll		mm	mm	mm	mm	mm	
1/4	20	6,35	1,27	1,10	4,15	5,25	
5/16	18	7,94	1,41	1,22	5,50	6,72	
3/8	16	9,52	1,59	1,37	6,78	8,15	
7/16	14	11,11	1,81	1,57	7,97	9,54	
1/2	12	12,70	2,12	1,83	9,04	10,87	
9/16	12	14,29	2,12	1,83	10,63	12,46	
5/8	11	15,87	2,31	2,00	11,87	13,87	
11/16	11	17,46	2,31	2,00	13,46	15,46	
3/4	10	19,05	2,54	2,20	14,65	16,85	
13/16	10	20,64	2,54	2,20	16,24	18,44	
7/8	9	22,22	2,82	2,44	17,34	19,78	
15/16	9	23,81	2,82	2,44	18,93	21,37	
1	8	25,40	3,17	2,75	19,90	22,65	
1 1/8	7	28,57	3,63	3,14	22,29	25,43	
1 1/4	7	31,75	3,63	3,14	25,47	28,61	
1 3/8	6	34,92	4,23	3,67	27,58	31,25	
1 1/2	6	38,10	4,23	3,67	30,76	34,43	
1 5/8	5	41,27	5,08	4,40	32,47	36,87	
1 3/4	5	44,45	5,08	4,40	35,65	40,05	
1 7/8	4 1/2	47,62	5,64	4,89	37,84	42,73	
2	4 1/2	50,80	5,64	4,89	41,02	45,91	
2 1/8	4 1/2	53,97	5,64	4,89	44,19	49,08	
2 1/4	4 1/2	57,15	5,64	4,89	47,37	52,25	
2 3/8	4 1/2	60,32	5,64	4,89	50,54	55,43	
2 1/2	4	63,50	6,35	5,50	52,50	58,00	
2 5/8	4	66,67	6,35	5,50	55,67	61,17	
2 3/4	4	69,85	6,35	5,50	58,85	64,35	
2 7/8	4	73,02	6,35	5,50	62,04	67,52	
3	3 1/2	76,20	7,26	6,28	63,64	69,92	
3 1/8	3 1/2	79,37	7,26	6,28	66,81	73,09	
3 1/4	3 1/2	82,55	7,26	6,28	69,99	76,27	
3 3/8	3 1/4	85,72	7,82	6,77	72,18	78,95	
3 1/2	3 1/4	88,90	7,82	6,77	75,36	82,13	
3 5/8	3 1/4	92,07	7,82	6,77	78,53	85,30	
3 3/4	3	95,25	8,47	7,33	80,59	87,92	
3 7/8	3	98,42	8,47	7,33	83,76	91,09	
4	3	101,60	8,47	7,33	86,94	94,27	

Amerikanische Automobil-Schrauben.

(S. A. E.-Gewinde, aufgestellt von The Society of Automobile Engineers, U.S.A., Juni 1911)



Gewindelänge = 1,5fache des Durchmesser.

Abflachung = $\frac{1}{8}$ der Gewindeganghöhe = $\frac{S}{8}$.

<i>D</i> = Durchmesser . engl. Zoll	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16
<i>P</i> = Gangzahl auf 1 engl. Zoll	28	24	24	20	20	18	18	16
<i>A</i> = Kronmutterhöhe " "	9/32	21/64	13/32	29/64	9/16	39/64	23/32	49/64
<i>a</i> = Mutterhöhe . . . "	7/32	17/64	21/64	3/8	7/16	31/64	35/64	19/32
<i>B</i> = Schlüsselweite . . . "	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	15/16	1
<i>C</i> = Kronhöhe . . . "	3/32	3/32	1/8	1/8	3/16	3/16	1/4	1/4
<i>E</i> = Kronschlitzbreite " "	5/64	5/64	1/8	1/8	1/8	5/32	5/32	5/32
<i>H</i> = Kopfhöhe "	3/16	15/64	9/32	21/64	3/8	27/64	15/32	33/64
<i>I</i> = Schlitztiefe i. Kopf, "	3/32	7/64	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
<i>K</i> = Schlitzbreite . . . "	1/16	1/16	3/32	3/32	3/32	3/32	3/32	3/32
<i>d</i> = Splintstärke . . . "	1/16	1/16	3/32	3/32	3/32	1/8	1/8	1/8

<i>D</i> = Durchmesser . engl. Zoll	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	
<i>P</i> = Gangzahl auf 1 engl. Zoll	16	14	14	12	12	12	12	
<i>A</i> = Kronmutterhöhe " "	13/16	29/32	1	15/32	1/4	113/32	1 1/2	
<i>a</i> = Mutterhöhe "	21/32	49/64	7/8	63/64	13/32	113/64	15/16	
<i>B</i> = Schlüsselweite . . . "	1 1/16	1 1/4	1 7/16	1 5/8	1 13/16	2	2 3/16	
<i>C</i> = Kronhöhe "	1/4	1/4	1/4	5/16	5/16	3/8	3/8	
<i>E</i> = Kronschlitzbreite " "	5/32	5/32	5/32	7/32	7/32	1/4	1/4	
<i>H</i> = Kopfhöhe "	9/16	21/32	3/4	27/32	15/16	11/32	1 1/8	
<i>I</i> = Schlitztiefe i. Kopf, "	1/8	1/8	1/8	7/32	7/32	1/4	1/4	
<i>K</i> = Schlitzbreite . . . "	3/32	3/32	3/32	5/32	5/32	3/16	3/16	
<i>d</i> = Splintstärke . . . "	1/8	1/8	1/8	11/64	11/64	13/64	13/64	

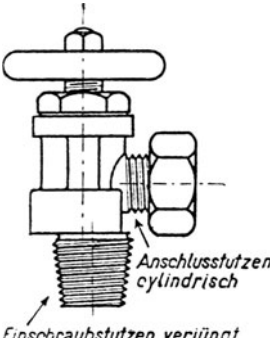
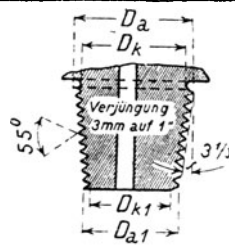
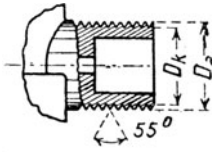
Alle Köpfe und Muttern blank.

Für alle Schrauben und Muttern ist Stahl von mindestens 80 kg Bruchfestigkeit und einer zulässigen Beanspruchung auf Zug mit 50 kg zu verwenden.

Schaft, Kopf und Mutter bleiben weich, nur Kronmuttern werden gehärtet.

In Gußeisen, Bronze und Aluminium wird das U. S. - Gewinde verwendet.

Gewinde der Absperrventile für Stahlflaschen.

Absperrventil 	Gewindeform wie Whitworth 14 Gang auf 1", $\sphericalangle 55^\circ$, $\frac{1}{6}$ Abflachung $D_k = D_a - 2,3$	
	Einschraubstutzen  Rechtsgewinde	Anschlußstutzen  Rechts- u. Linksgewinde

Bezüglich des Gewindes der zum Füllen und Entleeren dienenden Anschlußstutzen trifft die Polizeiverordnung betr. den Verkehr mit verflüssigten und verdichteten Gasen (erlassen von der Königl. Regierung zu Potsdam am 14. August 1914) in § 5 Abs. II folgende Bestimmung:

„Das Anschlußgewinde für brennbare Gase, wie Wasserstoff, Leuchtgas, Grubengas, Azetylen usw., ist als Linksgewinde des für Kohlensäure eingeführten Rechtsgewindes auszuführen. Das Anschlußgewinde für alle übrigen Gase muß Rechtsgewinde, und zwar darf es — Chlor und Stickstoff ausgenommen — das für Kohlensäureflaschen übliche Normalgewinde sein. Chlor- und Stickstoffflaschen müssen einen anderen und voneinander abweichenden Gewindedurchmesser erhalten, und zwar Stickstoff mit einem Kerndurchmesser von 22 mm.“

Gewinde für den Einschraubstutzen.

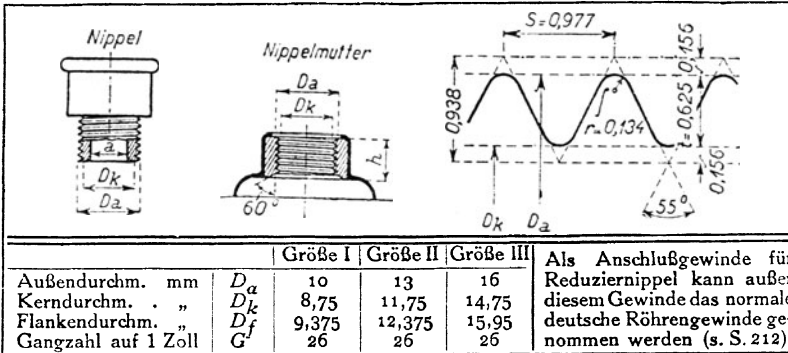
Große Ausführung				Kleine Ausführung			
D_a	D_k	D_{a1}	D_{k1}	D_a	D_k	D_{a1}	D_{k1}
28,8	26,5	25,8	23,5	19,8	17,5	16,8	14,5
Für Acetylen - Dissousgas							
37,6	35,3	34,6	32,3	31,3	29	28,3	26

Gewinde für den Anschlußstutzen.

Flaschenfüllung	D_a	D_k	Schraubenrichtung
Hochgespannte, verflüssigte und verdichtete Gase, wie Kohlensäure, Sauerstoff, Ammoniak, Stickoxydul, Stickstofftetroxyd, Luft	21,8	19,5	Rechtsgewinde
Brennbare Gase, wie Wasserstoff, Kohlenoxyd, Leuchtgas, Grubengas, Fettgas, Äthan, Chlormethyl, Chloräthyl, Methyläther	21,8	19,5	Linksgewinde
Flüssiges Chlor, Chlorkohlenoxyd	19	16,7	Rechtsgewinde
Stickstoff	24,3	22	Rechtsgewinde
Flüssige schwefelige Säure	16,5	14,2	Rechtsgewinde
Preßluft	20,97	18,65	Rechtsgewinde

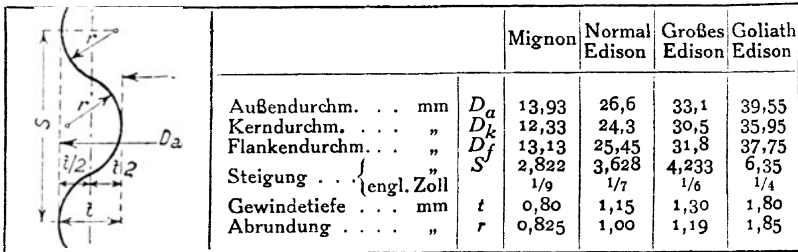
Nippelgewinde

nach den Normalien des Verbandes deutscher Elektrotechniker (E. T. Z. 7. 5. 14).

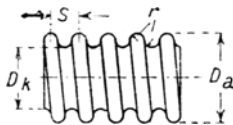


Edison-Gewinde für Glühlampenfüße

nach den Normalien des Verbandes deutscher Elektrotechniker (E. T. Z. 7. 5. 14).



Kordelgewinde.

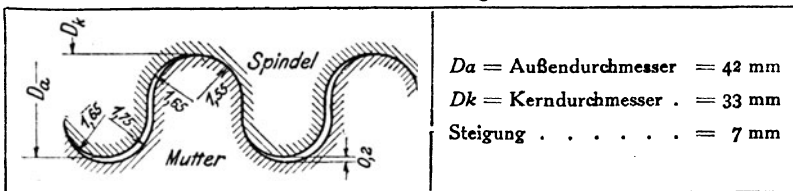


r = Halbmesser der Abrundung.
 S = Steigung;
 $r = \frac{S}{4}$

Außendurchm. mm	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Steigung . . . mm	2	2,5	3	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5	5,5
Kerndurchm. . . "	8	9,5	11	12,5	13,5	15,5	17	19	20	22	23,5
Außendurchm. mm	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
Steigung . . . mm	5,5	6	6	6,5	6,5	7	7	7,5	7,5	8	
Kerndurchm. . . "	25,5	26,5	28,5	30	32	33	35	36,5	38,5	40	

Eisenbahn-Kupplungs-Gewinde

des Deutschen Staatsbahnwagenverbandes.



Eisengewindeschrauben.

(Gewindeform wie Whitworth.)

Abmessungen der Karl Bauer G. m. b. H., Cronenberg.

Nr.	3	4	5	6	7	8	9
Durchmesser mm	2,65	2,9	3,15	3,45	3,85	4,20	4,60
Französische Drahtlehre . Nr.	17	—	18	19	—	20	21
Anzahl der Gänge auf 1 engl. Zoll	40	40	40	28,5	28,5	28,5	26,75
Nr.	10	11	12	13	14	15	16
Durchmesser mm	4,90	5,20	5,60	5,90	6,30	6,70	7,05
Französische Drahtlehre . Nr.	—	22	—	23	—	24	25
Anzahl der Gänge auf 1 engl. Zoll	26,75	26,75	26,75	19,5	19,5	19,5	17,5
Nr.	17	18	19	20	21	22	23
Durchmesser mm	7,50	7,90	8,30	8,70	9,00	9,50	10
Französische Drahtlehre . Nr.	—	26	—	27	—	28	29
Anzahl der Gänge auf 1 engl. Zoll	17,5	17,5	17,5	16	16	16	16

Eisengewindeschrauben.

Die unterstrichenen Gangzahlen sind die gebräuchlichsten.

Nr. der Eisengewinde-Schraubenlehre	1	1½	2	3	4	5	6	7	8	9	
Durchm. { etwa engl. Zoll	mm	1,70	1,97	2,14	2,47	2,81	3,14	3,52	3,81	4,14	4,48
		1/16	5/64	5/64	3/32	7/64	1/8	9/64	5/32	5/32	11/64
Gänge auf 1 engl. Zoll		56	60	56	40	44	32	36	32	36	32
		64	72	64	48	56	40	42	40	36	38
Nr. der Eisengewinde-Schraubenlehre	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Durchm. { etwa engl. Zoll	mm	4,81	5,15	5,48	5,81	6,15	6,48	6,82	7,15	7,48	7,82
		3/16	13/64	7/32	15/64	15/64	1/4	17/64	9/32	19/64	5/16
Gänge auf 1 engl. Zoll		24	28	24	28	20	22	18	20	16	18
		30	32	30	32	24	32	24	24	20	20
Nr. der Eisengewinde-Schraubenlehre	20	21	22	23	24	25	26	28	30		
Durchm. { etwa engl. Zoll	mm	8,15	8,50	8,82	9,15	9,49	9,80	10,16	10,83	11,5	
		21/64	11/32	11/32	23/64	3/8	23/64	1/4	2/5	0,424	0,45
Gänge auf 1 engl. Zoll		16	18	16	18	16	16	16	14	16	
		18	18	18	16	14	16	18	14	16	

Gewinde

nach der Birmingham-Drahtlehre.

Nr. der Birmingham-Drahtlehre . .	17	16	15	14	13	12
Durchmesser mm	1,47	1,65	1,83	2,11	2,41	2,77
Gänge auf 1 engl. Zoll	56	60	54	56	48	40
	72	64	60	64	56	42
Nr. der Birmingham-Drahtlehre . .	11	10	9	8	7	
Durchmesser mm	3,05	3,40	3,76	4,19	4,57	
Gänge auf 1 engl. Zoll	38	38	38	38	38	
	40	40	42	40	38	

Bohrertafel über Eisengewindeschrauben.

Nr. des Gewindebohrers	2				4				5								
Gänge auf 1 engl. Zoll .	48	56	64	30	32	36	40	42	44	48	30	32	36	40	42	44	48
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	50	49	48	46	44	43	43	42	41	38							
Nr. des Gewindebohrers	6						7										
Gänge auf 1 engl. Zoll .	28	30	32	36	38	40	44	58	24	28	30	32	36	40			
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	38	37	36	35	34	33	32										
Nr. des Gewindebohrers	8						9										
Gänge auf 1 engl. Zoll .	24	28	30	32	36	40	44	24	27	28	30	32					
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	31	30	30	29	28												
Nr. des Gewindebohrers	10						11										
Gänge auf 1 engl. Zoll .	20	22	24	26	27	28	30	32	36	22	24	27	28	30			
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	26	25	24	21	20	19											
Nr. des Gewindebohrers	12						13										
Gänge auf 1 engl. Zoll .	20	22	24	26	27	28	30	32	34	36	20	22	24	26	32		
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	24	20	19	18	17	15											
Nr. des Gewindebohrers	14						15				16						
Gänge auf 1 engl. Zoll .	16	18	19	20	22	24	26	18	20	22	24	16	18	20	22	24	26
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	15	11	10	12	10	8	7	12	8	7							
Nr. des Gewindebohrers	17			18						19							
Gänge auf 1 engl. Zoll .	16	18	20	16	18	20	22	24	26	16	18	20	22	24			
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	8	4	3	2	1	1	B	C									
Nr. des Gewindebohrers	20				21	22	23	24									
Gänge auf 1 engl. Zoll .	16	18	20	22	24	18	16	18	16	14	16	18	20	22	24		
Es passen hierzu Spiralbohrer . . Nr.	C	E	F	G	H	I	K	L	M	N							

Röhrengewinde nach Whitworth.

(Gewindeform Seite 190.)

Diese Tafel ist in England allgemein, in Deutschland überwiegend und namentlich bei Werften, Eisenbahnen und anderen Behörden eingeführt.

Lichter Rohrdurchmesser	{ engl. Zoll = mm	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4
		3,175	6,350	9,525	12,700	15,875	19,050
Anzahl der Gewindegänge auf 1 engl. Zoll		28	19	19	14	14	14
Äußerer Gewinde- durchmesser	{ engl. Zoll = mm	0,3825	0,5180	0,6563	0,8257	0,9022	1,0410
		9,715	13,157	16,670	20,972	22,915	26,441
Kerndurchmesser	{ engl. Zoll = mm	0,3367	0,4506	0,5889	0,7342	0,8107	0,9495
		8,552	11,445	14,958	18,648	20,591	24,117
Flankenmaß	"	9,13	12,3	15,8	19,8	21,75	25,28
Lichter Rohrdurchmesser	{ engl. Zoll = mm	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2
		22,225	25,400	28,574	31,749	34,924	38,099
Anzahl der Gewindegänge auf 1 engl. Zoll		14	11	11	11	11	11
Äußerer Gewinde- durchmesser	{ engl. Zoll = mm	1,1890	1,3090	1,4920	1,6500	1,7450	1,8825
		30,200	33,248	37,896	41,909	44,322	47,815
Kerndurchmesser	{ engl. Zoll = mm	1,0975	1,1925	1,3755	1,5335	1,6285	1,7660
		27,876	30,289	34,937	38,950	41,363	44,856
Flankenmaß	"	29,04	31,77	36,47	40,43	42,85	46,35
Lichter Rohrdurchmesser	{ engl. Zoll = mm	1 5/8	1 3/4	1 7/8	2	2 1/4	2 1/2
		41,274	44,449	47,624	50,799	57,149	63,499
Anzahl der Gewindegänge auf 1 engl. Zoll		11	11	11	11	11	11
Äußerer Gewinde- durchmesser	{ engl. Zoll = mm	2,0210	2,0470	2,245	2,3470	2,5875	3,0013
		51,332	51,993	57,023	59,613	65,721	76,232
Kerndurchmesser	{ engl. Zoll = mm	1,9045	1,9305	2,1285	2,2305	2,4710	2,8848
		48,373	49,034	54,064	56,654	62,762	73,273
Flankenmaß	"	49,85	50,51	55,542	58,13	64,24	74,75
Lichter Rohrdurchmesser	{ engl. Zoll = mm	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4
		69,849	76,199	82,549	88,898	95,248	101,60
Anzahl der Gewindegänge auf 1 engl. Zoll		11	11	11	11	11	11
Äußerer Gewinde- durchmesser	{ engl. Zoll = mm	3,2470	3,4850	3,659	3,912	4,125	4,339
		82,472	88,517	93,942	99,365	104,788	110,211
Kerndurchmesser	{ engl. Zoll = mm	3,1305	3,3685	3,581	3,796	4,009	4,222
		79,513	85,558	90,985	96,408	101,831	107,254
Flankenmaß	"	80,99	87,03	92,463	97,886	103,309	108,732

Deutsche Röhrengewinde.

Angenommen im Jahre 1903 vom Verein Deutscher Ingenieure, vom Verein deutscher Gas- und Wasserfachmänner, vom Verein deutscher Zentralheizungsindustrieller, vom Verband deutscher Röhrenwerke.

(Whitworth's Gewindeform.)

Lichter Rohrdurchmesser engl. Zoll	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4
" " mm	3,175	6,35	9,525	12,7	15,875	19,05
Anzahl der Gänge auf 1 engl. Zoll	26	19	19	14	14	14
Auß. Rohr- u. Gewindedurchm. mm	10	13	16,5	20,5	23	26,5
Kerndurchmesser "	8,75	11,29	14,79	18,18	20,68	24,18
Flankenmaß "	9,37	12,145	15,645	19,34	11,84	25,34
Lichter Rohrdurchmesser engl. Zoll	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4
" " mm	25,4	31,749	38,099	44,449	50,799	57,149
Anzahl der Gänge auf 1 engl. Zoll	11	11	11	11	11	11
Auß. Rohr- u. Gewindedurchm. mm	33	42	48	52	59	70
Kerndurchmesser "	30,04	39,04	45,04	49,04	56,04	67,04
Flankenmaß "	31,52	40,52	46,52	50,52	57,52	68,52
Lichter Rohrdurchmesser engl. Zoll	2 1/8	3	3 1/8	4		
" " mm	63,499	76,199	88,898	101,6		
Anzahl der Gänge auf 1 engl. Zoll	11	11	11	11		
Auß. Rohr- u. Gewindedurchm. mm	76	89	101,5	114		
Kerndurchmesser "	73,04	86,04	98,54	111,04		
Flankenmaß "	74,52	87,52	100,02	112,52		

Anmerkung: Das unabänderliche Maß des Rohres ist sein äußerer Durchmesser. Verschiedenheiten der Wandstärken werden durch Änderungen des inneren Durchmessers herbeigeführt. Die Bezeichnung nach der lichten Weite in engl. Zoll ist nur Handelsbezeichnung einer Rohrsorte. Das äußere Maß des Gewindes ist gleich dem äußeren Rohrdurchmesser.

Röhrengewinde nach Sellers.

Flankenwinkel = 60°.

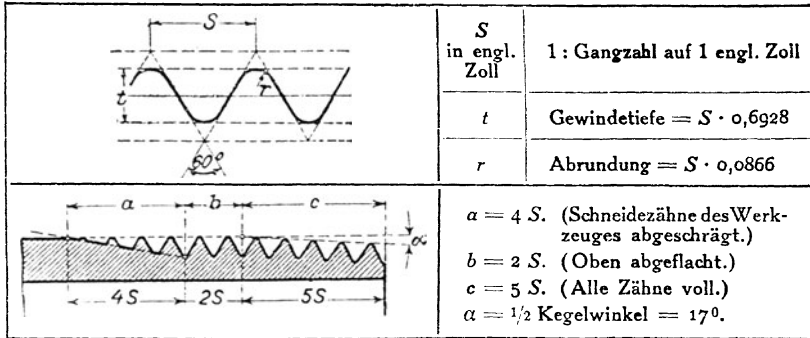
Diese Sellers-Tafel wird sehr häufig mit der Whitworth-Tafel verschmolzen, indem man die Außendurchmesser nach Sellers, die Gewindeform nach Whitworth ausführt.

Lichte Rohrweite . . . engl. Zoll	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
" " mm	3,17	6,35	9,52	12,7	15,87	19,05	22,22
Gangzahl auf 1 engl. Zoll	26	19	19	14	14	14	14
Außendurchmesser mm	10,32	13,49	15,87	20,64	23,02	26,20	30,16
Kerndurchmesser "	9,14	11,76	14,14	18,29	20,67	23,84	27,81
Lichte Rohrweite . . . engl. Zoll	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 5/8	1 3/4
" " mm	25,4	28,57	31,75	34,92	38,1	41,27	44,45
Gangzahl auf 1 engl. Zoll	11	11	11	11	11	11	11
Außendurchmesser mm	33,34	37,27	41,27	44,45	47,62	50,80	53,97
Kerndurchmesser "	30,34	34,27	38,27	41,45	44,62	47,80	50,97
Lichte Rohrweite . . . engl. Zoll	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4
" " mm	50,8	57,15	63,5	69,85	76,2	88,9	101,6
Gangzahl auf 1 engl. Zoll	11	11	11	11	11	11	11
Außendurchmesser mm	60,32	66,67	76,20	79,37	88,90	100,01	112,71
Kerndurchmesser "	57,32	63,67	73,20	76,37	85,90	97,00	109,71

Röhrgewinde nach Briggs.

(United States Standard.)

(Die Gewinde sind mit einer Verjüngung von 1:16 geschnitten. In Deutschland ist dieses Gewinde nicht üblich).



Rohrweite im Lichten engl. Zoll	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
Äußerer Gewindedurchmesser . . . engl. Zoll	0,405	0,540	0,675	0,840	1,05	1,315	1,66	1,9	2,375	2,875
Gangzahl auf 1 „ „	27	18	18	14	14	11 1/2	11 1/2	11 1/2	11 1/2	8

Rohrweite im Lichten engl. Zoll	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7	8	9	10
Äußerer Gewindedurchmesser . . . engl. Zoll	3,5	4	4,5	5	5,563	6,625	7,625	8,625	9,688	10,750
Gangzahl auf 1 „ „	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Röhrgewinde.

Aufgestellt vom XVI. Deutschen Mechanikertag 1905.

Wandstärke mm	Ganghöhe mm	Gangtiefe mm	Wandstärke mm	Ganghöhe mm	Gangtiefe mm
0,50	0,4	0,300	1,00	0,7	0,525
0,75	0,5	0,375	1,25	0,8	0,600

Als Ganghöhe des auf ein Rohr zu schneidenden Gewindes ist diejenige Ganghöhe gewählt worden, welche in der Tafel über die Befestigungsschrauben (Löwenherz-Gewinde, Seite 199) für denjenigen Durchmesser vorgeschrieben ist, der das Vierfache der Wandstärke des betreffenden Rohres beträgt.

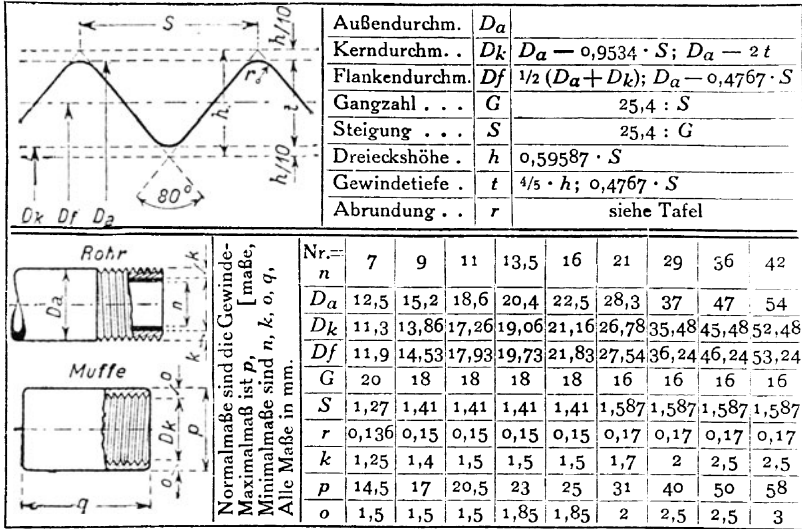
Messingrohrgewinde.

Messingrohre von $3/8$, $1/2$, $5/8$ und $3/4$ engl. Zoll lichter Weite werden mit Gewinde, das 26 Umgänge auf 1 engl. Zoll besitzt, geschnitten; die Steigung beträgt demnach 0,98 mm. Der Flankenwinkel beträgt bei spitzem Gewinde $62 1/2^\circ$ und die Gewindetiefe 0,8 mm. Meistens werden die Gewinde mit 60° Flankenwinkel geschnitten.

Dampfarmaturen und Stehbolzen erhalten gewöhnlich ein Gewinde von 10 Gängen auf 1 Zoll, wenn der Gewindedurchmesser ≥ 20 mm.

Gewinde für ausgekleidete Metallrohre (Panzerrohrgewinde)

nach den Normalien des Verbandes deutscher Elektrotechniker (E.T.Z. 7. 5. 14).



Holzschrauben.

Siehe auch A. E. G., Normalien, Verlag der Allg. Elektr.-Ges., Berlin.

Schaftstärke mm	1,35	1,5	1,65	1,85	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
Deutsche Lehre, alte Nr.	000	00	0	1	2	3	4	5	6	7
Deutsche Lehre, neue "	13	15	16	18	21	24	27	30	33	36
Englische "	000	00	0	1	2	3	4	5	6	7
Französische Lehre	11	12	13	14	15	16	17	18	—	19
Spanische Lehre	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Österreichische Lehre	14	16	18	20	22	25	28	31	34	38
Steigung der Gewinde mm	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Schlitzweite mm	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0

Schaftstärke mm	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0
Deutsche Lehre, alte Nr.	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Deutsche Lehre, neue "	39	42	46	50	54	58	62	66	70
Englische "	8	9	10	11	12	13	14	15	17
Französische Lehre	20	—	21	22	—	23	—	24	25
Spanische Lehre	20	—	21	22	—	23	—	24	—
Österreichische Lehre	—	42	46	50	55	60	—	65	70
Steigung der Gewinde mm	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0
Schlitzweite mm	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8

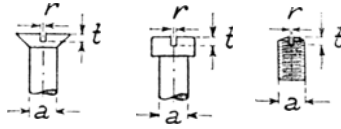
Schaftstärke mm	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0
Deutsche Lehre, alte Nr.	17	18	19	20	21	22	23	24	7,16
Deutsche Lehre, neue "	74	78	82	86	90	95	100	105	110
Englische "	18	20	21	22	23	24	25	—	—
Französische Lehre	—	26	—	27	—	28	29	—	—
Spanische Lehre	25	—	26	27	—	28	29	30	31
Österreichische Lehre	76	—	82	88	—	94	100	—	110
Steigung der Gewinde mm	3,3	3,5	3,7	4,0	4,3	4,5	4,5	4,8	4,8
Schlitzweite mm	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5

Die flachen Schraubenköpfe haben bei der deutschen Lehre einen Durchmesser von $2 \times$ Schaftstärke + 1 mm, bei allen übrigen Lehren sowie bei sämtlichen Rund- und Linsenköpfen $2 \times$ Schaftstärke.

Das Versenk der Flachköpfe bildet einen rechten Winkel.

Gewindetiefe = $\frac{1}{5}$ Schaftstärke. Gangwinkel = 50° .

Schlitzbreiten und -tiefen der Kopfschrauben und Schraubenstifte.



a		r		t	
in mm	engl. Zoll	Kopf- schrauben mm	Schrauben- stifte mm	Kopf- schrauben mm	Schrauben- stifte mm
1,58	1/16	0,50	0,30	1	1
2		0,60	0,40	1	1
2,38	3/32	0,70	0,50	1,20	1
2,5		0,70	0,50	1,20	1,20
3		0,80	0,60	1,50	1,20
3,17	1/8	0,80	0,60	1,50	1,20
3,5		0,80	0,60	1,80	1,50
3,97	5/32	1	0,60	1,80	1,50
4		1	0,60	2	1,50
4,5		1	0,70	2	1,50
4,76	3/16	1,20	0,70	2	1,50
5		1,20	0,80	2,20	2
5,55	7/32	1,20	0,80	2,20	2
6		1,50	1	2,50	2
6,35	1/4	1,50	1	2,50	2
7		1,50	1	3	3
7,94	5/16	2	1,20	3	3
8		2	1,20	3	3
9		2	1,50	3	3
9,52	3/8	2	1,50	3	3
10		2,50	1,50	4	4
11,11	7/16	2,50	2	4	4
12		2,50	2	4	4
12,7	1/2	2,50	2	4	4
14		2,50	2	4	4
15		3,50	2	5	5
15,87	5/8	3,50	2	5	5
16		3,50	2	5	5
18		3,50	2,50	6	6
19,05	3/4	3,50	2,50	6	6
20		3,50	2,50	6	6
22		4	2,50	8	6
22,22	7/8	4	2,50	8	6
24		4	3,50	8	8
25		4	3,50	8	8
25,4	1	4	3,50	8	8

Trapezgewinde: a) metrisches.

Flankenwinkel 29°.

Alle Maße in mm	Spindel		Gewindebohrer	
	Außen- durchmesser	bei Wanderer beliebig	$D_{a'}$	$D_a + 0,5$
Kern- durchmesser	D_k	$D_a - (S + 0,5)$	D_k'	$D_k' = D_a - S$
Flanken- durchmesser	D_f	$D_a - (S/2 + 0,25)$	D_f	$D_a - (S/2 + 0,25)$
Gewindetiefe	t	$S/2 + 0,25$	t	$S/2 + 0,25$
Zahnbreite an der Spitze	b	$0,3706 \cdot S$	z_1	$0,3706 \cdot S - 0,129$
Zahnbreite am Kern	b_1	$0,6293 \cdot S + 0,129$	z	$0,6293 \cdot S$
Lückenbreite an der Spitze	z	$0,6293 \cdot S$	b_1	$0,6293 \cdot S + 0,129$
Lückenbreite am Kern	z_1	$0,3706 \cdot S - 0,129$	b	$0,3706 \cdot S$

1. Trapezgewinde der Wanderer-Werke (Abmessungen 1917). Durchmesser beliebig.

S	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
t	1,75	2,25	2,75	3,25	4,25	5,25	6,25	7,25	8,25	9,25	10,25	12,25	15,25
b	1,11	1,48	1,85	2,22	2,97	3,71	4,45	5,19	5,93	6,67	7,41	9,27	11,12
b_1	2,02	2,65	3,28	3,91	5,16	6,42	7,68	8,94	10,20	11,46	12,72	15,86	19,01
z	1,89	2,52	3,15	3,78	5,03	6,29	7,55	8,81	10,07	11,33	12,59	15,73	18,88
z_1	0,98	1,35	1,72	2,09	2,84	3,58	4,32	5,06	5,80	6,54	7,28	9,14	10,99

2. Trapezgewinde der Ludw. Loewe & Co. A.-G.

D_a													
D_k													
$D_{a'}$													
D_k'													
S	2	2,4	2,8	3,2	3,2	3,6	3,6	4	4	4,4	4,4		
t	1,25	1,45	1,65	1,85	1,85	2,05	2,05	2,25	2,25	2,45	2,45		
b	0,74	0,89	1,04	1,19	1,19	1,33	1,33	1,48	1,48	1,63	1,63		
b_1	1,39	1,64	1,89	2,14	2,14	2,4	2,4	2,65	2,65	2,9	2,9		
z	1,26	1,51	1,76	2,01	2,01	2,27	2,27	2,52	2,52	2,77	2,77		
z_1	0,61	0,76	0,91	1,06	1,06	1,20	1,20	1,35	1,35	1,50	1,50		

D_a	28	30	32	35	38	40							
D_k	22,7	24,7	26,3	28,9	31,5	33,1							
$D_{a'}$	28,5	30,5	32,5	35,5	38,5	40,5							
D_k'	23,2	25,2	26,8	29,4	32	33,6							
S	4,8	4,8	5,2	5,6	6	6,4	7,2	8	8,8	9,6	12		
t	2,65	2,65	2,85	3,05	3,25	3,45	3,85	4,25	4,65	5,05	6,25		
b	1,78	1,78	1,93	2,08	2,22	2,37	2,67	2,97	3,26	3,56	4,45		
b_1	3,15	3,15	3,4	3,65	3,91	4,16	4,66	5,16	5,67	6,17	7,68		
z	3,02	3,02	3,27	3,52	3,78	4,03	4,53	5,03	5,54	6,04	7,55		
z_1	1,65	1,65	1,80	1,95	2,09	2,24	2,54	2,84	3,13	3,43	4,32		

b) Zollgewinde „Acme Standard“.

Form wie beim metrischen Trapezgewinde. Wird angefertigt entweder mit allen Abmessungen in engl. Zoll oder nur mit Steigung im Zollmaß und Durchmesser in Millimetern. Bezeichnungen wie beim metrischen Trapezgewinde.

Da, Dk, Df, t, b, z1 in engl. Zoll							
Spindel			Gewindebohrer				
Da	Da		Da'	Da + 0,02''			
Dk	Da - 2 t		Dk'	Da + 0,02'' - 2 t			
Df	$Da - \frac{1}{2 \cdot \text{Gangzahl auf 1 Zoll}}$		Df'	$Da - \frac{1}{2 \cdot \text{Gangzahl auf 1 Zoll}}$			
t	$\frac{1}{2 \cdot \text{Gangzahl auf 1 Zoll}} + 0,01''$		t	$\frac{1}{2 \cdot \text{Gangzahl auf 1 Zoll}} + 0,01''$			
b	$\frac{0,3707}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}}$		z1	$\frac{0,3707}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}} - 0,0052''$			
z1	$\frac{0,3707}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}} - 0,0052''$		b	$\frac{0,3707}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}}$			
Da, Dk, Df, t, b, z1 in Millimeter							
Spindel			Gewindebohrer				
Da	Da		Da'	Da + 0,508 mm			
Dk	Da - 2 t		Dk'	Da + 0,508 mm - 2 t			
Df	Da - t		Df	Da - t			
t	$\frac{12,7}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}} + 0,254 \text{ mm}$		t	$\frac{12,7}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}} + 0,254 \text{ mm}$			
b	$\frac{9,416}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}}$		z1	$\frac{9,416}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}} - 0,1321 \text{ mm}$			
z1	$\frac{9,416}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}} - 0,1321 \text{ mm}$		b	$\frac{9,416}{\text{Gangzahl auf 1 Zoll}}$			
Gangzahl auf 1'' = $\frac{1''}{S}$							
		1	1 1/3	2	3	4	5
t =	engl. Zoll	0,5100	0,3850	0,2600	0,1767	0,1350	0,1100
	mm	12,954	9,779	6,604	4,488	3,429	2,794
b =	engl. Zoll	0,3707	0,2780	0,1853	0,1235	0,0927	0,0741
	mm	9,416	7,061	4,707	3,137	2,355	1,882
b1 =	engl. Zoll	0,6345	0,4772	0,3199	0,2150	0,1625	0,1311
	mm	16,116	12,121	8,125	5,461	4,127	3,330
z =	engl. Zoll	0,6293	0,4720	0,3147	0,2093	0,1573	0,1259
	mm	15,984	11,989	7,993	5,329	3,995	3,198
z1 =	engl. Zoll	0,3655	0,2728	0,1801	0,1183	0,0875	0,0689
	mm	9,284	6,929	4,575	3,005	2,222	1,750
Gangzahl auf 1'' = $\frac{1''}{S}$							
		6	7	8	9	10	
t =	engl. Zoll	0,0933	0,0814	0,0725	0,0655	0,0600	
	mm	2,370	2,067	1,841	1,664	1,524	
b =	engl. Zoll	0,0618	0,0529	0,0463	0,0413	0,0371	
	mm	1,570	1,344	1,176	1,049	0,942	
b1 =	engl. Zoll	0,1101	0,0951	0,0839	0,0751	0,0681	
	mm	2,797	2,416	2,131	1,908	1,730	
z =	engl. Zoll	0,1049	0,0899	0,0787	0,0699	0,0629	
	mm	2,664	2,283	1,999	1,775	1,598	
z1 =	engl. Zoll	0,0566	0,0478	0,0411	0,0361	0,0319	
	mm	1,438	1,214	1,044	0,916	0,810	

Außen- und Kerndurchmesser des Mutterbohrers sind um 0,02 engl. Zoll (0,508 mm) größer als an der Spindel. Außerdem die Gewindebohrermaße b, z1, z, b1 mit Spindelmaßen z1, b, b1, z vertauscht.

Normaldurchmesser*

nach der vom Normalienausschuß für den deutschen
Maschinenbau 1917 aufgestellten V. d. I.-Norm.

Mit Rücksicht auf normale Schneid- und Lehrwerkzeuge
sind folgende Maße zu verwenden:

bis 20 mm	bis 50 mm	bis 100 mm	bis 150 mm	bis 200 mm	bis 250 mm	bis 300 mm	bis 350 mm	bis 400 mm	bis 450 mm	bis 500 mm
1										
	21	52								
1,5	22									
		55	105	155						
	23									
2										
	24	58								
2,5	25	60	110	160	210	260	310	360	410	460
3	26	62								
3,5	27									
		65	115	165						
4	28									
4,5		68								
5	30	70	120	170	220	270	320	370	420	470
6	32	72								
7	33									
		75	125	175						
8	34									
9	35	78								
10	36	80	130	180	230	280	330	380	430	480
11		82								
12	38									
		85	135	185						
13	40									
14	42	88								
15		90	140	190	240	290	340	390	440	490
16	44	92								
17	45									
		95	145	195						
18	46									
19	48	98								
20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500

* Eine Tafel über die Normaldurchmesser für Kugellager befindet sich in Vorbereitung.

Schraubengewinde und Befestigungszapfen der Ansatzstücke für künstliche Gliedmaßen.

(Aus Merkblatt Nr. 2 der Prüfstelle für Ersatzglieder in Charlottenburg,
„Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ vom 3. VI. 1916, Seite 477.)

A) Schraubengewinde für künstliche Arme und Beine.

Bei den Gewinden werden ganz allgemein die beiden Hauptgruppen unterschieden:

1. Befestigungsgewinde, bei denen der Durchmesser an eine bestimmte Steigung gebunden ist, die sich aus der Schraubentafel des betreffenden Systems ergibt (normale Schrauben);
2. Feingewinde, die zum Einstellen oder besonders festen Anspannen benutzt werden, deren Steigung in beliebig wählbarem Verhältnis zum Durchmesser steht (anormale Schrauben).

Demgemäß wird

1. für die normalen Befestigungsgewinde sämtlicher Ersatzglieder
 - a) bis zu einem Durchmesser von 7 mm das in der deutschen Feinmechanik übliche Löwenherz-Gewinde vorgeschrieben (S. 199);
 - b) für normale Schrauben größerer Durchmesser ist von 8 mm aufwärts das S.I.-Gewinde (System International) zu verwenden (S. 196).
2. Für die anormalen Feingewinde, bei denen also jedem Durchmesser jede beliebige Steigung zugeordnet werden kann, wird als Flankenform wiederum die des Löwenherz-Gewindes vorgeschrieben.

B) Befestigung der Ansatzstücke für Ersatzarme.

1. Aufnahmebohrung.

Jeder Ersatzarm muß eine genau zylindrische Aufnahmebohrung für den Zapfen der Ansatzstücke besitzen. Sie muß einen lichten Durchmesser von mindestens 13,03 mm und höchstens 13,05 mm und eine Tiefe von mindestens 50 mm haben.

2. Zapfen des Ansatzstückes.

Jedes Ansatzstück muß zum Einsetzen in den Ersatzarm mit einem zylindrischen Ansatzzapfen versehen sein (vergl. Bild A1). Der Zapfen muß genau zylindrisch sein und einen Durchmesser von 13 mm mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 0,03$ mm haben.

Der Zapfen muß am oberen Ende zur Befestigung in der Aufnahmebohrung ein Querloch von 3,99 mm Durchmesser mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 0,01$ mm besitzen. In das Querloch kann ein Querstift von $4 \pm 0,01$ mm Durchmesser eingepreßt werden

(Bild A 2), der mindestens 2 bis höchstens 4 mm auf jeder Seite des Zapfens überstehen muß.

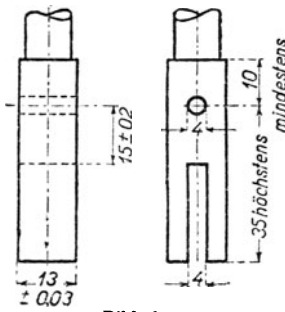


Bild A 1.

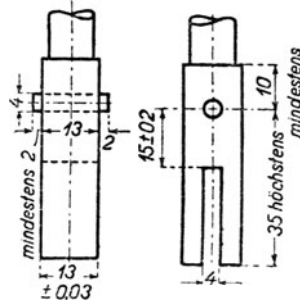


Bild A 2.

Der zylindrische Teil des Zapfens soll wenigstens 42 mm lang sein, und zwar soll der obere Teil nach dem Ansatzstück hin von der Mitte des Querloches oder Querstiftes gemessen mindestens 10 mm lang sein. Eine Höchstgrenze für seine Länge ist nicht festgesetzt. Der untere Teil des Zapfens soll von der Mitte des Querloches oder Querstiftes ab gemessen mindestens 32, höchstens 35 mm lang sein.

Jeder Zapfen muß am unteren Ende einen Einschnitt von $4 \pm 0,1$ mm Breite besitzen, dessen obere Begrenzung von der Mitte des Querloches $15 \pm 0,2$ mm entfernt ist.

Anweisung für die Prüfung der Schrauben der Ersatzglieder und der Befestigung für die Ansatzstücke von Ersatzarmen.

- A) Die Prüfung der Schrauben erfolgt mit den normalen Gewindelehren für Löwenherz-Gewinde und für S. I.-Gewinde.
- B) Prüfung der Befestigung der Ansatzstücke.

1. Aufnahmebohrung.

Bemerkung: Alle nicht eingeklammerten Maße sind genau ($\pm 0,005$) einzuhalten. Alle unterstrichenen Maße werden auf die Lehren aufgezägt. Bei den eingeklammerten Maßen sind Abweichungen von $\pm 0,1$ zulässig.

a) Prüfung der lichten Weite der Aufnahmebohrung.

Die kleine Seite 13,03 (Meßseite) des Lehrdorns (Bild A 3) muß in die Bohrung des Aufnahmegerätes hineinpassen, und zwar so weit, bis sie gegen den Querstift oder, falls ein solcher nicht vorhanden ist, gegen das Ende der Bohrung gelangt. Die große Seite (Ausschußseite) des Lehrdorns 13,05 darf nicht in die Bohrung hineingehen.



Bild A 3.

b) Prüfung der Tiefe der Aufnahmebohrung und der Lage des etwa vorhandenen Querstiftes.

Die Lehre (Bild A 4) muß sich von oben her vollständig in die Aufnahmebohrung bis an den Bund hineinschieben lassen.

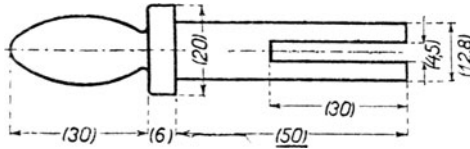


Bild A 4.

2. Zapfen des Ansatzstückes.

a) Prüfung des Zapfens.

Die Rachenlehre (Bild A 5) wird mit dem weiten Rachen 13,03 (Meßseite) über den Zapfen gesteckt und von oben nach unten geführt. Die Meßseite des Rachens muß an allen Stellen über den Zapfen gehen. Der enge Rachen 12,97 (Ausschußseite) darf an keiner Stelle des Zapfens über diesen herüberschoben werden können.

b) Prüfung des Querstiftes im Ansatzstück.

Die Prüfung erfolgt genau so wie die des Zapfens, nur unter Verwendung der Rachenlehre (Bild A 6).

c) Prüfung des Querloches im Ansatzstück.

Die kleine Seite 3,98 (Meßseite) des Lehrdornes (Bild A 7) muß sich durch das Querloch hindurchführen lassen, die große Seite 4,00 (Ausschußseite) darf nicht in das Loch hineingehen.

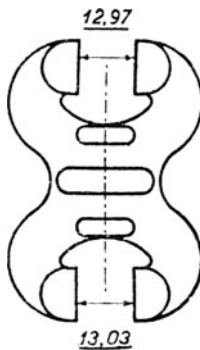


Bild A 5.

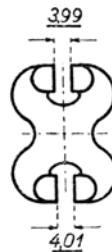


Bild A 6.

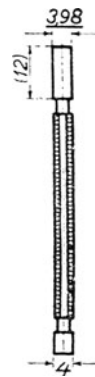


Bild A 7.

d) Prüfung der Lage und Länge des Querstiftes.

Das Ansatzstück mit Querstift wird durch die mittlere Durchbrechung der Lehre (Bild A 8) hindurchgesteckt. Der Querstift muß hierbei auf Umschlag durch die Lehre hindurchgehen. Ferner muß, wenn man den seitlichen Ausschnitt der Lehre über die vorstehenden Enden des Querstiftes steckt und die Grundfläche des Ausschnittes an der Oberkante des Querstiftes dicht anliegt, Spiel zwischen der Seitenfläche der Lehre und dem Zapfen vorhanden sein.

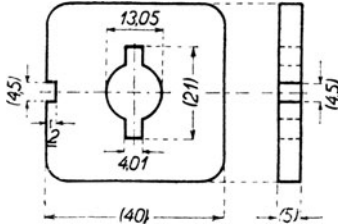


Bild A 8.

e) Prüfung der Lage des Querloches zur Mitte des Zapfens.

Der Zapfen mit Querloch wird in die Rachenlehre (Bild A 9) eingesteckt, hierbei muß der in der Lehre angeordnete Meßstift auf Umschlag in das Querloch einfassen können.

f) Prüfung der Weite des Schlitzes am unteren Ende des Zapfens.

Die Rachenlehre (Bild A 9) wird von unten her über den Zapfen geschoben. Der Zapfen dieser Lehre muß hierbei in dem Schlitz des Ansatzstückes auf Umschlag entlang gleiten können.

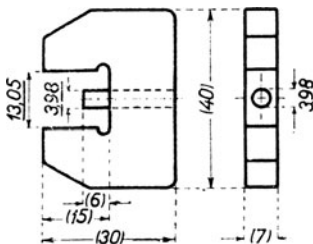


Bild A 9.

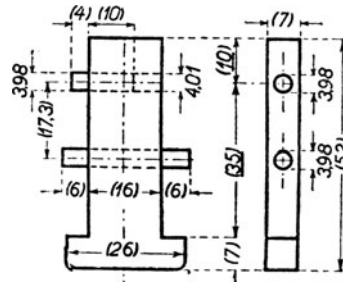


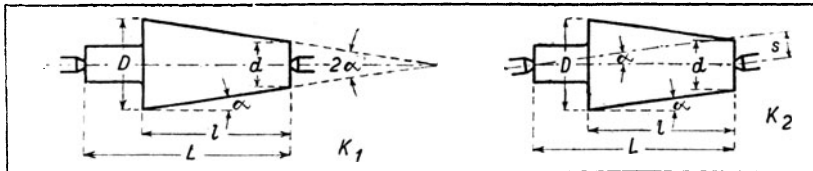
Bild A 10.

g) Prüfung der Länge des Zapfens und der Länge des Schlitzes am Zapfen.

Bei Prüfung von Zapfen mit Querloch wird der obere (3,98) Zapfen der Lehre (Bild A 10) in das Querloch eingesteckt. Der untere Zapfen der Lehre muß dann noch in den Schlitz des Zapfens des Ansatzstückes hineinfassen können, und die zylindrische Seite des Zapfens muß an der Seite der Lehre anliegen. Unten muß der Zapfen oberhalb des Hakenendes der Lehre endigen, oben muß er mindestens so weit zylindrisch sein, wie die Lehre reicht. Bei Prüfung von Ansatzstücken mit Querstift verfährt man genau so, nur wird hier die andre Seite der Lehre benutzt und der Querstift in die 4,01-Bohrung der Lehre eingeführt.

Kegelberechnung.

Zum Drehen eines Kegels ist der Oberteil des Werkzeugschlittens um einen Winkel α zu verstellen, der dem halben Kegelswinkel gleich ist. (Bild K_1 .) Der Vorschub muß hierbei allerdings von Hand erfolgen. Bei Drehbänken mit Leitlineal wird dieses auf den $\sphericalangle \alpha$ eingestellt und der Vorschub durch Leit- oder Zugspindel bewirkt. Bei sehr langen Stücken, für die das Leitlineal nicht mehr ausreicht oder der Kegel nicht mehr durch Verdrehung des Schlittenoberteils erzeugt werden kann, wird das Werkstück durch Verschiebung der Reitstockspitze um einen Betrag s um den $\sphericalangle \alpha$ verdreht. (Bild K_2 .) Da aber dann die Körnerspitzen in den Körnerlöchern nicht mehr voll anliegen, wird der für s errechnete Wert geringe Abweichungen vom genauen Kegel ergeben, die durch Versuchseinstellungen zu beseitigen sind.



Gesucht	Bezeichnung	Berechnung
Größter Kegeldurchmesser in mm	D	$c \cdot l + d; 2 \operatorname{tg} \alpha \cdot l + d$
Kleinster Kegeldurchmesser in mm	d	$D - c \cdot l; D - 2 \operatorname{tg} \alpha \cdot l$
Kegellänge in mm	l	$\frac{D-d}{c}; \frac{D-d}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}$
$\frac{1}{2}$ Kegelwinkel = Verstellw. f. d. Schlitten	α	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2 \cdot l}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{c}{2}$
Verstellung der Körnerspitze in mm	s	$L \cdot \sin \alpha;$ angenähert $= L \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{L \cdot c}{2} = \frac{L \cdot (D-d)}{2 l}$
Kegelverjüngung (Konizität)	c	$1 : \frac{l}{D-d}; \frac{D-d}{l}; 2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
Länge des Werkstückes	L	

Beispiele:

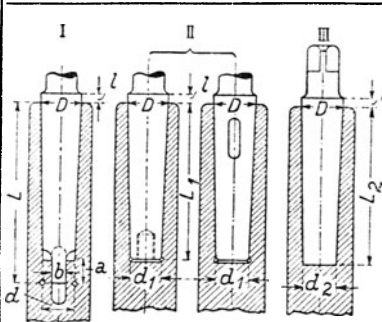
1. Gegeben: $D = 90$ mm; $d = 50$ mm; $l = 80$ mm; gesucht: Einstellwinkel α .
 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2 l} = \frac{90-50}{2 \cdot 80} = 0,25, \alpha \cong 14^\circ$ (s. Tafel S. 32).
2. Gegeben: $D = 60$ mm; $l = 163$ mm; Verjüngung $c = 1 : 20 = 0,05$ (= metr. Kegel Nr. 7); gesucht d . $d = D - c \cdot l = 60 - 163 \cdot 0,05 = 60 - 8,15 = 51,85$ mm.
3. Gegeben: $D = 90$ mm; $d = 50$ mm; $l = 300$ mm; $L = 400$ mm; gesucht: Verschiebung s .
 $s = L \cdot \sin \alpha$ aus $\operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2 l} = \frac{90-50}{2 \cdot 300} = 0,0667;$
 $\alpha \cong 3^\circ 50'$ $s = 400 \cdot \sin 3^\circ 50' \cong 400 \cdot 0,0669 \cong 27$ mm.
 Mit Näherungsformel gerechnet: $s = \frac{L \cdot (D-d)}{2 l} = \frac{400 \cdot 40}{600} = \frac{400 \cdot 40}{600} = \frac{80}{3} \text{ mm} = 27 \text{ mm}.$

Metrische Kegel.

Für Bohrer aller Art, Fräser, Reibahlen usw.

Aufgestellt vom Verein Deutscher Ingenieure in Gemeinschaft mit dem Verein Deutscher Werkzeugmaschinen-Fabriken.

(Zeitschrift des V. D. I., Jahrgang 1900, Seite 1224.)



Werkzeuge mit metrischem Kegel Nr. 1 und 2 und mit Morse-Kegel Nr. 1 und 2 können wechselseitig in Hülisen des anderen Systems verwendet werden.

Durch Aufbohren läßt sich umarbeiten:
 Morse-Kegel Nr. 3 auf metr. Kegel Nr. 3
 " " " 4 " " " " 4
 " " " 5 " " " " 6
 Metr. " " 5 " Morse- " " 5
 " " " 7 " " " " 6

Verjüngung des Kegels I : 20.

Kegel Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

I. Kegelschaft mit Lappen.

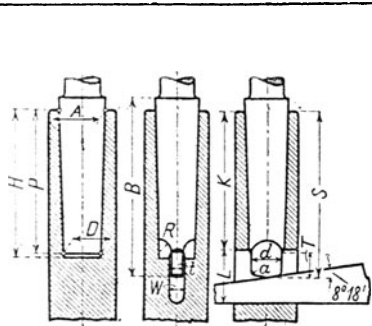
Größt. Durchmesser der Kegelbohrung D	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Kegellänge innerhalb des Sitzes . . . L	12	18	24	32	40	50	60	70	80	90	100
Kegellänge vor dem Sitze . l	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
Kleinst. Durchmesser des Kegels . . . d	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9	10
Länge des Lappens a	9	14	19	26	33	42	51	60	69	78	87
Dicke des Lappens b	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29	32

II. Kegelschaft mit Muttergewinde oder Keilloch.

Größt. Durchmesser der Kegelbohrung D		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Kegellänge innerhalb des Sitzes . . . L_1		24	32	40	50	60	70	80	90	100
Kegellänge vor dem Sitze . l		88	106	124	142	160	178	196	214	232
Kleinst. Durchmesser des Kegels . . . d_1		4	4	4	5	6	7	8	9	10
		19,6	26,7	33,8	42,9	52	61,1	70,2	79,3	88,4

III. Maße des Hohlkegels in der Hülse, zugleich der Reibahle.

Größt. Durchmesser der Kegelbohrung D	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Kegellänge innerhalb des Sitzes . . . L_2	12	18	24	32	40	50	60	70	80	90
Kleinst. Durchmesser der Kegelbohrung d_2	5,4	7,1	8,8	10,8	12,6	14,5	16,3	18,1	20,0	21,8
	9,3	14,45	19,6	26,6	33,7	42,775	51,85	60,925	70	79,075
									88,15	

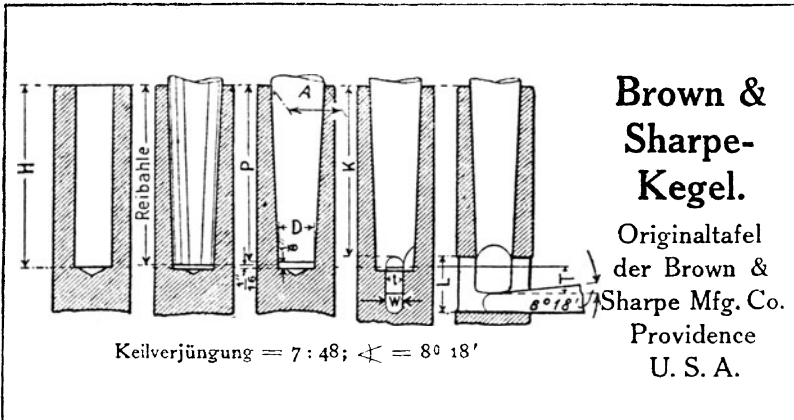


Morse-Kegel.

Originaltafel
der Morse Twist
Drill & Machine Co.
New Bedford Mass. U. S. A.

Kegel Nr.	Durchmesser		Kegelschaft		Tiefe der Bohrung H mm	Einstecktiefe der Kegellehre P mm	Kegelverjüngung
	des Kegels am dünnen Ende D mm	der Bohrung außen A mm	Gesamtlänge B mm	Länge innerhalb des Sitzes S mm			
0	6,40	9,04	59,53	56,36	51,59	50,799	0,05208 = 1:19,20
1	9,37	12,06	65,09	61,91	55,56	53,974	0,05 = 1:20
2	14,52	17,78	79,37	74,61	66,67	65,086	0,05016 = 1:19,93
3	19,76	23,82	98,42	93,66	82,55	80,961	0,05016 = 1:19,93
4	25,91	31,27	123,82	117,47	104,77	103,185	0,05191 = 1:19,26
5	37,48	44,40	155,57	149,22	133,35	131,760	0,0525 = 1:19,05
6	53,74	63,35	217,48	209,55	187,32	184,146	0,05216 = 1:19,17
7	69,83	83,06	295,27	285,74	257,17	253,995	0,05208 = 1:19,20

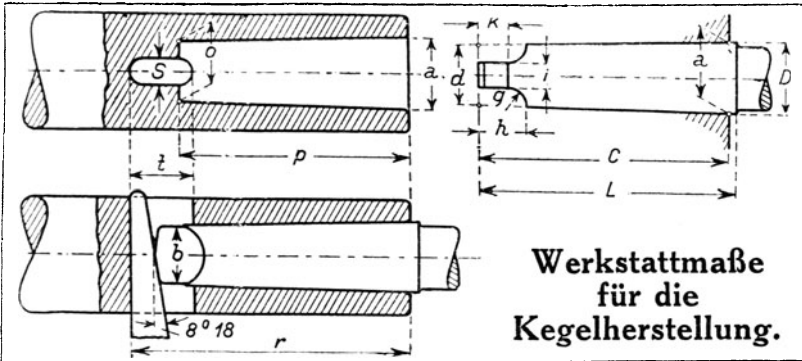
Kegel Nr.	Lappen					Keilloch		
	Dicke t mm	Länge T mm	Halbmesser des Fräasers R mm	Breite d mm	Ab-rundung a mm	Breite W mm	Länge L mm	Abstand bis Spindelende K mm
0	3,97	6,35	3,97	5,97	1,0	4,06	14,29	49,21
1	5,16	9,52	4,76	8,71	1,3	5,41	19,05	52,39
2	6,35	11,11	6,35	13,49	1,5	6,60	22,22	63,50
3	7,94	14,29	7,14	18,26	2,0	8,18	30,16	77,79
4	11,91	15,87	7,94	24,61	2,5	12,14	31,75	98,42
5	15,87	19,05	9,52	35,72	3,0	16,13	38,10	125,41
6	19,05	28,57	12,70	50,80	3,8	19,30	44,45	177,80
7	28,57	34,92	19,05	66,67	4,6	28,83	66,67	241,30



Brown & Sharpe-Kegel.

Originaltafel
der Brown & Sharpe Mfg. Co.
Providence
U. S. A.

Kegel Nr.	Durchmesser		Länge des Kegel- schaftes P mm	Tiefe der Bohrung H mm	Keilloch			Lappen		Kegel- ver- jüngung
	der Bohrung oben A mm	d. Kegels am dünnen Ende D mm			Abstand vom Spindel- ende K mm	Länge L mm	Breite W mm	Länge T mm	Breite t mm	
1	6,07	5,08	23,81	26,99	23,81	9,525	3,43	4,77	3,17	1 : 24
2	7,61	6,35	30,16	33,34	29,765	12,70	4,22	6,35	3,97	1 : 24
3	10,05	7,93	50,80	53,97	50,00	15,875	5,00	7,94	4,76	1 : 24
4	10,21	8,89	31,75	34,92	30,56	17,46	5,79	8,73	5,56	1 : 24
5	13,28	11,43	44,45	47,62	42,86	19,05	6,60	9,52	6,35	1 : 24
6	15,21	12,7	60,32	63,50	58,34	22,225	7,39	11,11	7,14	1 : 24
7	18,42	15,24	76,20	79,37	73,82	23,81	8,18	11,90	7,94	1 : 24
8	22,82	19,05	90,49	93,66	87,71	25,40	8,97	12,7	8,73	1 : 24
9	27,09	22,86	101,60	104,77	98,42	28,57	9,78	14,29	9,525	1 : 24
9a	27,36	22,86	107,95	111,12	104,77	28,57	9,78	14,29	9,525	1 : 24
10	31,99	26,53	127	130,17	123,03	33,34	11,35	16,67	11,11	1 : 23 ^{1/4}
10a	32,74	26,53	144,46	147,63	140,49	33,34	11,35	16,67	11,11	1 : 23 ^{1/4}
11	38,89	31,75	171,45	174,62	167,48	33,34	11,35	16,67	11,11	1 : 24
12	45,64	38,10	180,97	184,15	176,21	38,10	12,95	19,05	12,70	1 : 24
13	52,65	44,45	196,85	200,02	192,08	38,10	12,95	19,05	12,70	1 : 24
14	59,53	50,80	209,55	212,72	203,99	42,86	14,53	21,42	14,29	1 : 24
15	66,41	57,15	222,25	225,42	216,69	42,86	14,53	21,42	14,29	1 : 24
16	73,29	63,50	234,95	238,12	228,60	47,62	16,13	23,81	15,875	1 : 24
17	80,16	69,85	247,65	250,82	—	—	—	—	—	1 : 24
18	87,04	76,20	260,35	263,52	—	—	—	—	—	1 : 24



Metrischer Kegel.

Nr.	D	L	a	b	c	d	g	h	i	k	o	p	r	s	t
1	12,2	64	12	8,5	60	9	5	12	5	12	9,3	54	67,5	5,3	16
2	18,2	84	18	13,5	80	14	6	16	6,5	10	14,45	71	87	6,8	20
3	24,2	104	24	18,5	100	19	7	18	8	12	19,6	89	109	8,3	24
4	32,2	124	32	25,5	120	26	8	22	11	14	26,6	108	131,5	11,3	29
5	40,2	144	40	32,5	140	33	10	26	14	16	33,7	126	153	14,3	34
6	50,25	165	50	41,5	160	42	13	31	17	18	42,77	144,5	176	17,3	40
7	60,30	186	60	50	180	51	16	36	20	20	51,85	163	198	20,3	45
8	70,35	207	70	59	200	60	19	41	23	22	60,92	181,5	220	23,3	50
9	80,40	228	80	68	220	69	22	46	26	24	70	200	242	26,3	55
10	90,45	249	90	77	240	78	25	51	29	26	79,07	218,5	263	29,3	60
11	100,50	270	100	86	260	87	28	56	32	28	88,15	237	286	32,3	65

Morse-Kegel.

0	9,23	60	9,04	6	56,36	6,105	4	10	3,97	6	6,30	52	64	4	14
1	12,21	65	12,06	8,5	61,91	8,96	4,75	13	5,16	9	9,31	55	71	5,5	19
2	18,05	80	17,78	13,5	74,61	14,04	6,25	17	6,35	11	14,42	67	85,5	6,5	22
3	24,14	100	23,82	18,5	93,66	19,12	7	21	7,94	14	19,67	83	107	8,2	28
4	31,61	124	31,27	24,5	117,47	25,17	8	24	11,91	16	25,82	105	131	12,2	32
5	44,74	156	44,40	36	149,22	36,55	10	30	15,87	20	37,42	133	163	16,2	38
6	63,79	218	63,35	52	209,55	52,42	13	41	19,05	28	54,14	188	228,5	19,3	50
7	83,60	296	83,06	67,5	285,74	68,18	19	54	28,57	35	79,68	257	305,5	28,8	67

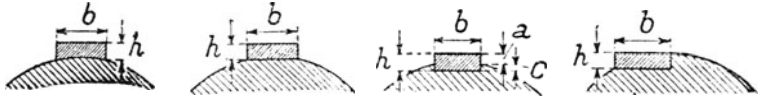
Brown & Sharpe-Kegel.

1	6,13	30	6,07	4,5	28,58	4,88	5	8	3,17	5	4,94	25,5	33,5	3,4	9,5
2	7,67	38	7,61	5,5	36,51	6,09	5	10	3,97	6,5	6,21	32	42,5	4,2	12,5
3	10,14	61	10,05	7,5	58,74	7,60	5	12	4,76	8	7,80	53,5	66	5	16
4	10,31	43	10,21	8	40,48	8,52	8	14	5,56	9	8,75	34	48	5,8	17,5
5	13,41	57	13,28	10,5	53,97	11,03	8	15,5	6,35	9,5	11,30	47	62	6,6	19
6	15,36	75	15,21	11,5	71,43	12,23	8	17	7,14	11	12,56	63	80,5	7,4	22
7	18,58	92	18,42	14	88,10	14,75	9,5	19,5	7,94	12	15,11	79	98	8,2	24
8	23,02	108	22,82	18	103,19	18,52	9,5	21	8,73	12,5	18,92	93	113,5	9	25,5
9	27,30	121	27,09	21,5	115,89	22,26	11	24,5	9,52	14,5	22,71	104	127	9,8	28,5
9a	27,59	128	27,36	21,5	122,24	22,26	11	24,5	9,52	14,5	22,71	111	133,5	9,8	28,5
10	32,26	150	31,99	25	143,67	25,81	12,5	28,5	11,11	16,5	26,40	130	156,5	11,4	33,5
10a	33,04	168	32,74	25	161,13	25,81	12,5	28,5	11,11	16,5	26,40	147,5	174	11,4	33,5
11	39,18	195	38,89	30,5	188,12	31,05	12,5	29	11,11	16,5	31,62	174,5	201	11,4	33,5
12	45,94	207	45,64	37	200,02	37,31	12,5	31,5	12,70	19	37,97	184	214	13	38
13	52,94	223	52,65	43	215,90	43,65	16	35	12,70	19	44,32	200	230	13	38
14	59,83	238	59,53	49,5	230,97	49,91	19	40,5	14,29	21,5	50,65	213	247	14,5	43
15	66,76	252	66,41	55,5	243,67	56,26	22	43,5	14,29	21,5	57,01	225,5	260	14,5	43
16	73,68	268	73,29	62	258,76	62,51	25,5	49	15,87	24	63,37	238	276	16,2	47,5

Verjüngung.

Metrisch	Morse				Brown & Sharpe	
	0	1 : 19,20 = 0,05208	4	1 : 19,26 = 0,05191	1 : 24 = 0,041667	
1 : 20	1	1 : 20 = 0,05	5	1 : 19,05 = 0,0525	nur die Nummern	
= 0,05	2	1 : 19,93 = 0,05016	6	1 : 19,17 = 0,05216	10 und 10a haben	
	3	1 : 19,93 = 0,05016	7	1 : 19,20 = 0,05208	1 : 23 1/4 = 0,043008	

Keile.

Keile.										
										
<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-weight: bold;"> Hohlkeil. Flachkeil. Nutenkeil. Tangentialkeil. </div>										
Wellen- durchmesser mm	Hohlkeil		Flachkeil		Nutenkeil				Tangentialkeil	
	b mm	h mm	b mm	h mm	b mm	h mm	a mm	c mm	b mm	h mm
30—39	12	6	12	6	12	6	4	2	—	—
40—49	14	7	14	7	14	7	4	3	—	—
50—59	16	8	16	8	16	8	5	3	—	—
60—69	18	9	18	9	18	9	5	4	—	—
70—79	20	10	20	10	20	10	6	4	—	—
80—89	22	11	22	11	22	11	6	5	—	—
90—99	24	12	24	12	24	12	7	5	—	—
100—114	28	14	28	14	28	14	8	6	30	10
115—129	—	—	—	—	32	16	9	7	34	11
130—149	—	—	—	—	36	18	11	7	42	13
150—169	—	—	—	—	40	20	12	8	48	16
170—200	—	—	—	—	46	23	14	9	56	18

Woodruff-Keile.

Der Woodruff-Keil hat die Form eines Scheibenabschnittes und wird in die halbkreisförmige, mit dem entsprechenden Fräser hergestellte Nut leicht eingetrieben; Keil und Nutenfräser sind nach Normallehren hergestellt; daher leichte Auswechselbarkeit ohne Nacharbeit. Das zeitraubende Einpassen in die Nuten fällt weg.

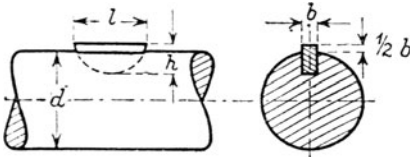
Bei längeren Naben können zwei oder mehrere Keile hintereinander angewendet werden.

Der Woodruff-Keil soll nur bis zur Hälfte seiner Breite aus der Welle hervorragen.

Die Vorteile, die der Woodruff-Keil gegenüber dem gewöhnlichen Federkeil aufweist, sind:

1. Billige, genaue Keilverbindung, die keiner Nacharbeit bedarf und von angelegerten Hilfsarbeitern leicht hergestellt werden kann.
2. Große Sicherheit, da der Woodruff-Keil tiefer in die Welle hineinreicht und nicht herausgerissen werden kann; eine Schwächung der Welle konnte bei eingesetztem Keile bisher noch nie bemerkt werden. Wellenbrüche in der Keilnute sind noch nie vorgekommen.

Woodruff-Keile.



Keillänge = l in mm
 „ breite = b „ „
 „ höhe = h „ „
 Kleinster Wellendurchm. = d in mm
 Scherfestigkeit = K_s in kg

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	
l	12,7	12,7	12,7	15,8	15,8	15,8	19,0	19,0	
h	5,15	5,15	5,15	6,32	6,32	6,32	7,92	7,92	
b	2	2,5	3	2,5	3	4	3	3	
d	10	11	12	14	15	16	17	18	
K_s	110	115	135	145	170	220	210	240	
Nr.	9	10	11	12	13	14	15	16	
l	19,0	22,2	22,2	22,2	25,4	25,4	25,4	25,4	
h	7,92	9,52	9,52	9,52	11,12	11,12	11,12	11,12	
b	5	4	5	6	5	6	7	8	
d	19	20	21	22	24	25	26	27	
K_s	330	325	400	470	470	550	630	710	
Nr.	17	18	19	20	21	22	23	24	
l	28,5	28,5	28,5	28,5	31,7	31,7	31,7	31,7	
h	12,27	12,27	12,27	12,27	13,87	13,87	13,87	13,87	
b	5	6	7	8	5	6	7	8	
d	25	27	28	30	27	28	30	32	
K_s	530	630	720	820	600	700	820	930	
Nr.	25	26	27	28	29	30	31	32	
l	34,9	34,9	34,9	34,9	38,1	38,1	38,1	38,1	
h	15,07	15,07	15,07	15,07	16,28	16,28	16,28	16,28	
b	6	7	8	9	7	8	9	10	
d	30	32	34	37	32	35	38	38	
K_s	780	900	1020	1130	980	1100	1230	1350	
Nr.	33	34	35	36	37	38	39	40	
l	34,9	34,9	34,9	34,9	34,9	43,6	43,6	43,6	
h	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	13,49	
b	6	7	8	9	10	6	7	8	
d	30	32	34	37	38	27	30	32	
K_s	780	900	1020	1130	1350	1140	1290	1420	
Nr.	41	42	43	44	45	46	47	48	
l	43,6	43,6	50,8	50,8	50,8	50,8	50,8	58,7	
h	13,49	13,49	19,05	19,05	19,05	19,05	19,05	19,05	
b	9	10	7	8	9	10	11	7	
d	35	35	38	40	42	45	48	38	
K_s	1560	1700	1540	1760	1970	2200	2400	1740	
Nr.	49	50	51	52	53	54	55	56	57
l	58,7	58,7	58,7	58,7	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
h	19,05	19,05	19,05	19,05	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81
b	8	9	10	11	8	9	10	11	12
d	40	42	45	43	50	50	52	54	55
K_s	1960	2170	2400	2600	2300	2570	2850	3100	3350

Riemen und Rientriebe.

Lederriemen. Die besten Riemen erhält man von Ochsenhäuten, die mit Eichenlohe in Gruben gegerbt sind; sie sind geschmeidig, besitzen große Festigkeit und hohe Elastizität. Wichtig, besonders bei schwierigen Antrieben, stoßweiser Belastung oder Überlastung, ist eine richtige Anfertigung des Riemens. Ein guter Riemen läuft schnurgerade und hat bei richtiger Behandlung eine Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren. Ein etwa 20 cm breiter Streifen längs der Wirbelsäule ist das allerbeste von der ganzen Haut und ist ungefähr 5—8 mm dick. Ochsenhäute sind ziemlich gleichmäßig in der Stärke und zeigen in den verschiedenen Hautteilen weniger Dickenunterschiede als die billigeren Bullenhäute. Die gleichmäßige Stärke der Ochsenhäute schwankt zwischen 4 und 7, vereinzelt 8 mm. Bullenhäute dagegen sind sehr ungleichmäßig in der Stärke. Bei Bullenhäuten kommen bei ein und derselben Haut oft Stellen von 4 mm in der Mitte und 8—10 mm in den Seitenteilen vor. Da die Leistungsfähigkeit eines Ledertreibriemens von der Gleichmäßigkeit des Leders abhängt, so

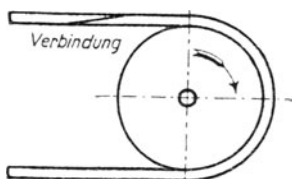


Bild T 1.

sind aus Ochsenhäuten gefertigte Riemen wertvoller als solche aus Bullenhäuten. Die Bauchhaut ist dicker, aber grobfaseriger und poröser, gibt deshalb weniger gute und schlecht laufende Riemen. Doppelriemen übertragen nur etwa das $1\frac{1}{2}$ fache vom einfachen Riemen. Über 100 mm breite Riemen müssen mit Riemenspanner aufgelegt werden, weil sie sonst leicht an den Rändern beschädigt werden (einreißen), sich auch leicht schiefeziehen und dann zum Ablaufen neigen.

Bei geleiteten Riemen ist darauf zu achten, daß durch die gegenseitige Bewegung zwischen Riemen und Scheibe, den Schlupf, die Leimstelle nicht aufgerollt wird. Da der Schlupf auf den beiden Scheiben entgegengesetzt stattfindet, richtet man sich nach der kleineren Scheibe, auf der der Schlupf größer ist. Die innere Verbindung darf nicht gegen diese Scheibe laufen. (Bild T 1.)

Die Riemen sind mit der Fleischseite auf die Scheiben aufzulegen, da die innere Riemenseite beim Lauf über die Scheiben schärfer auf Biegung beansprucht wird als die äußere Seite; die Fleischseite kann dieser Beanspruchung besser folgen.

Sind an einem Riemen Krümmungen aufgetreten, so feuchte man sie auf der kurzen Seite mit warmem Wasser an, sodann klopfe man den Riemen (die kurze Stelle) unter gleichzeitigem Anspannen mit einem Hammer; auf diese Weise kann der Riemen gerichtet werden.

Diese Behandlung kann aber nur als Notbehelf dienen. Wirkliche Abhilfe wird man nur schaffen, wenn der Riemen in einer gut eingerichteten Fabrik auf einer Einlauf- und Streckmaschine unter mehrfacher Betriebsbelastung nachbehandelt wird.

Wichtig ist, beim Einkauf nur Riemen zu wählen, die aus selbsttätig naß gestrecktem Leder hergestellt sind, da diese sich im Gebrauch weniger verändern, insbesondere weniger längen. Auch soll der fertige Riemen unter Streckung eingelaufen sein, ehe er die Fabrik verläßt.

Die Erfahrung ergab, daß ein guter Ledertreibriemen allen anderen Riemenarten und auch dem Seilbetrieb überlegen ist. Soll der Ledertreibriemen aber eine jahrzehntelange Haltbarkeit aufweisen, so muß er gut in Stand gehalten werden. Ist er durch Öl und Staub verkrustet, so soll er hin und wieder mit lauwarmem Seifenwasser kurz abgewaschen und danach sorgfältig abgetrocknet werden. Völliges Durchweichen, also das Eindringen von Wasser in das Innere des Riemens ist möglichst zu vermeiden. Zum Trocknen kann der Riemen auf den Scheiben liegen bleiben; halb getrocknet ist er mit einer harz- und säurefreien Riemenschmiere zu behandeln, wie sie von sachverständigen Riemenfabrikanten geliefert wird. Ist ein Lederriemen stark durchfettet und infolgedessen zu weich geworden, so daß er nicht mehr richtig durchzieht, so entfettet man ihn durch Auftragung eines Breies, den man aus gepulvertem Ton (Pfeifererde) mit Benzin dick anrührt. Nachdem dieser Brei angetrocknet ist, wird das aufsitzende, trockene Pulver abgebürstet. Im Bedarfsfalle muß dieses Verfahren einige Male wiederholt werden. Falls dabei der Oberfläche des Lederriemens zu viel Fett entzogen wurde, so muß man mit frischem Tran leicht nachfetten. Zu vermeiden sind insbesondere alle klebenden, harzhaltigen Anhaftungsmittel, welche den Schlupf verhindern. Ein gewisser Schlupf ist erwünscht. Gerade Ledertreibriemen wirken um so besser, je leichter sie laufen, und übertragen nach den Untersuchungen Prof. Kammerers bis 97 v. Hundert der Kraft ohne Anwendung von klebenden Anhaftungsmitteln. Hat man aber solche Mittel angewendet, und hat sich auf der Laufseite eine Kruste von harzigen Bestandteilen, Staub usw. gebildet, so schabe man diese mittels eines zugespitzten weichen Holzspatels oder eines Messerrückens herunter. Nach Entfernung der Schmutzschicht wird der Riemen wie oben angegeben entfettet.

Baumwollriemen sind billiger und weicher, aber weniger haltbar als Lederriemen und gegen Feuchtigkeit sehr empfindlich. Sie werden deshalb mit Leinölfirnis getränkt, wobei aber die Fasern verkrusten und die Elastizität verloren geht. Kamelhaarriemen sind, wenn sie aus reiner Kamelwolle hergestellt sind, durchaus nicht billiger als Lederriemen, denen sie in der Lebensdauer nachstehen. Mit Baumwolle oder aus anderen Haaren hergestellte sogenannte Kamelhaarriemen haben gegenüber den billigeren Baumwollriemen keinerlei Vorteile. Durch Tränkung mit Firnis usw. leidet ihre Elastizität ebenfalls. Aus diesem Geflecht von Baumwolle und Jute werden Treibbänder hergestellt bis zu einer Breite von 1 m und einer Stärke von 1 cm.

Kunstriemen (Gummi- und Balata-Riemen) werden aus mehreren Lagen Baumwollstoff hergestellt, die mit Gummi oder Balata durchtränkt und untereinander verleimt und vernäht sind. Für besondere Beanspruchung werden sie ein- oder zweiseitig mit einer Gummi- oder ähnlichen Decke versehen. In Anbetracht ihrer kürzeren Lebensdauer stellen sich Kunstriemen wesentlich teurer als Ledertreibriemen. Man verwendet sie in Räumen, wo sie mit Laugen, Säuren usw. sowie deren Dämpfen in Berührung kommen. Balata ist gegen Hitze sehr empfindlich.

Für Riemen, die in Gabeln und auf Stufenscheiben laufen, hat sich Leder am besten bewährt.

Zellstoffriemen. Die während des Krieges eingetretene große Knappheit an Leder und Textilstoffen aller Art hat zur Verwendung von Papier für Treibriemen geführt.

Es werden Riemen hergestellt aus Papiergarn durch Weben und Nähen oder Flechten, aus Papiergarn und Draht, aus Papier und Leim usw. Vielfach werden diese Riemen mit Schmierstoffen durchtränkt oder mit Riemenfett benetzt; sie übertragen dann bei gleicher Spannung ungefähr ebensoviel wie Lederriemen, längen sich aber erheblich mehr, so daß es zu empfehlen ist, sie geringer zu belasten. Der Gabellauf schadet den besseren Zellstoffriemen nicht erheblich, und manche vertragen sogar einen kräftigen Kantenanlauf. Vorsicht verlangt bei fast allen Zellstoffriemen dagegen die Verbindung. Ein recht leistungsfähiger Riemen wird aus Textilose (Papierstoff mit 25 v. H. Textilfaser) durch Flechten hergestellt, und ein für alle nicht senkrechten Antriebe sehr geeigneter Riemen aus Drahtspiralen mit Papierunterlage.

Über die Festigkeit verschiedener Riemenarten geben nachstehende Ergebnisse der vom Kaiserl. Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde in den Betriebsjahren 1914/15/16 veranstalteten Prüfungen Aufschluß:

Riemenart	Bruchspannungen kg/cm ²	Reißlängen m
Balata-Riemen	360—668 im Mittel 570	3950—6750 im Mittel 5900
3 Arten Textilriemen	310, 230, 200	2760, 2110, 1920
Baumwollriemen	339	3170
3facher Hanftuchriemen mit 2 eisernen Längsdrahteinlagen von 7 mm Durchmesser . .	310	2720
Lederriemen von gleicher Ab- messung und Gewicht, wie der Hanftuchriemen	455	3920
Haarriemen	im Mittel 200	2000
Papierriemen, gewebt und genäht	100—180	1230—2340
Papierriemen, geflochten, mit 25 v. H. Baumwollzusatz . .	275	3000

Riemenverbindung: Man unterscheidet feste und lösbare Riemenverbindungen. Zu den ersteren gehören die Verbindungen durch Leimen, Nähen, Nieten und dgl.; die lösbaren werden durch Riemen-schlösser sowie durch Drahthaken hergestellt.

Eine gute Verbindung weist keine Verdickungen oder Knüppel an der Verbindungsstelle auf, sie verbindet die Riemenenden zu einem ununterbrochenen, gleichmäßigen Bande. Die Verbindung darf den Riemen nicht schwächen und keine hervorstehenden Teile besitzen. Dicke Ansätze oder schwere Schlösser wirken sehr schädlich durch Stöße

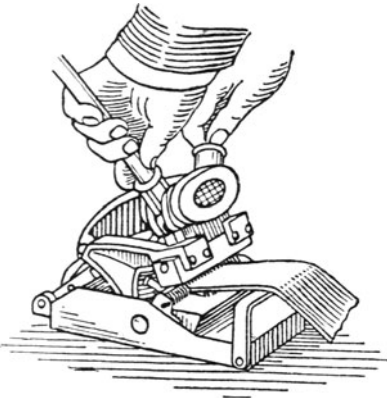


Bild T2.
Riemenverbindevorrichtung.

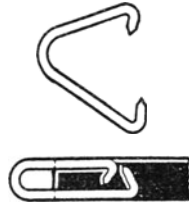


Bild T3.
Drahthaken, lose und eingedrückt

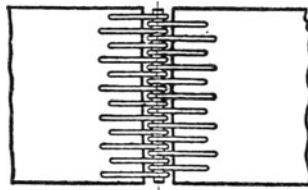


Bild T4.
Fertige Drahthakenverbindung.

gegen die Scheiben und ruckweises Spannen des Riemens, wodurch der Riemen in kurzer Zeit zerreißt. Wenn Dynamomaschinen durch schlecht verbundene Riemen angetrieben werden, gibt es immer Zuckungen im elektrischen Strom, was sich bei Lichtleitungen sehr unangenehm bemerkbar macht. Schlechte Riemenverbindung verursacht Stöße in den Arbeitsspindeln schnellaufender Maschinen und beeinträchtigt dadurch deren Leistung, besonders wenn solche einen gleichmäßigen Antrieb verlangen, wie dies z. B. bei Rundschleif- und Holzbearbeitungsmaschinen der Fall ist.

Spannen des Riemens, wodurch der Riemen in kurzer Zeit zerreißt. Wenn Dynamomaschinen durch schlecht verbundene Riemen angetrieben werden, gibt es immer Zuckungen im elektrischen Strom, was sich bei Lichtleitungen sehr unangenehm bemerkbar macht. Schlechte Riemenverbindung verursacht Stöße in den Arbeitsspindeln schnellaufender Maschinen und beeinträchtigt dadurch deren Leistung, besonders wenn solche einen gleichmäßigen Antrieb verlangen, wie dies z. B. bei Rundschleif- und Holzbearbeitungsmaschinen der Fall ist.

Mit der oben abgebildeten Riemenverbindevorrichtung Bild T2, T3, T4 verbundene Riemen unterscheiden sich kaum von endlos gekitteten Ledertreibriemen, bei denen die abgeschrägten Enden so mit einander verleimt werden, daß keinerlei vorstehende Teile entstehen.

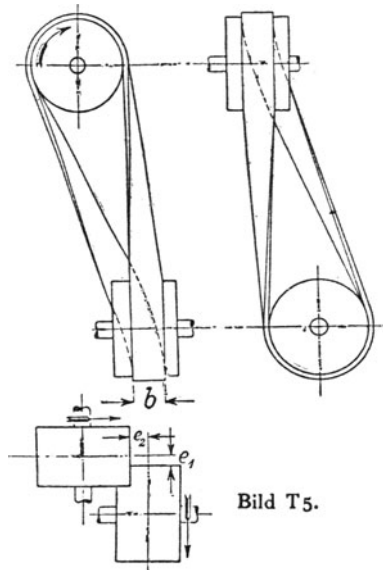


Bild T5.

Übersetzungsverhältnis: Es empfiehlt sich, kein größeres Verhältnis als 1:5 zu wählen, werden aber Spannrollen verwendet, so kann mit einem beliebig großen Verhältnis gearbeitet werden.

Der **Riemenschlupf** schwankt zwischen 0,5—15 v. H., ohne daß der Lederriemen abfällt, und wächst mit dem Übersetzungsverhältnis, der Beanspruchung, dem Wechsel der Belastung und mit der Geschwindigkeit; letztere verursacht viel Schlupf, wenn der Riemetrieb steil und lang ist. Mit Rücksicht auf die Lebensdauer soll der Schlupf nicht mehr als 2 v. H. betragen.

Gekreuzte Riementriebe: Der Achsenabstand muß möglichst groß sein, weil sonst der Verdrehungswinkel zu schädlich wirkt, unter 10 mal Riemenbreite vom Kreuzungspunkte bis zur nächsten Scheibe soll man nicht gehen. Die Riemenverbindung darf keine Verdickungen oder Ansätze aufweisen, sondern muß glatt sein.

Halbkreuz-Riementriebe: Anordnung der genau zylindrisch gedrehten Scheiben nach Bach gemäß Bild T 5; darin ist die treibende Scheibe um etwa $e_1 = 0,1$ bis $0,2 b$, die getriebene um $e_2 = 0,5$ bis $0,6 b$ gegen das gezeichnete Mittelkreuz verschoben.

Die genaue Stellung der Scheiben erreicht man am besten, indem man die Scheiben unaufgekeilt durch den Riemen antreibt, dadurch stellen sie sich selbsttätig ein. Die getriebene Scheibe muß sehr breit sein, weil der Riemen mit wechselnder Belastung wandert.

Die Kräfte am Riementriebe zeigen 3 Besonderheiten:

1. Die von einem Riemen höchstens übertragene Umfangskraft (= Unterschied der beiden Trumkräfte) wächst mit der Vorspannung, mit der der Riemen aufgelegt wird, mit dem Scheibendurchmesser und mit der Riemengeschwindigkeit. Letzteres erklärt sich durch den mit der Geschwindigkeit wachsenden Schlupf, wodurch die Reibungszahl zwischen Riemen und Scheibe zunimmt (siehe darüber die Tafel auf S. 236; diese berücksichtigt allerdings nicht die Vorspannung).

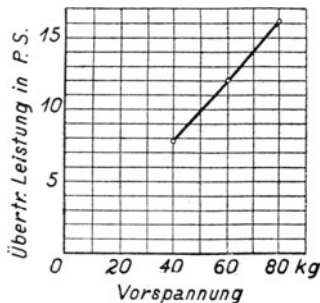


Bild T 6.

Bild T 6 zeigt die Zunahme der übertragenen Leistung mit der Vorspannung für einen Lederriemen, 200 mm breit, bei 15 m/sek. Geschwindigkeit und 300 mm Scheibendurchmesser.

2. Im Laufen wird durch Fliehkraft die Vorspannung vermindert, und zwar um so mehr, je größer die Geschwindigkeit und die Vorspannung selbst sind; jedoch kann die Vorspannung niemals 0 werden.

3. Die Summe der beiden Trumkräfte, der durch die Lagerung der Wellen das Gleichgewicht gehalten wird, wächst mit der übertragenen Umfangskraft. Die Ursache liegt darin, daß besonders das lose Trum in Gestalt einer Kettenlinie hängt.

Berechnung der durch Lederriemen übertragbaren Anzahl PS.

Für die Bestimmung der übertragbaren Anzahl PS ist in den meisten Fällen der Riemenscheibendurchmesser und die minutliche Umlaufzahl der Scheibe gegeben. Die Berechnung kann nach dem Schaubilde T 8 erfolgen. Es sei der Riemenscheibendurchmesser = 500 mm und die minutliche Umlaufzahl = 390. In dem rechtsseitigen Teile des Bildes sucht man den Kreuzungspunkt von den zum entsprechenden Scheibendurchmesser und zur Umlaufzahl gehörigen Linien auf. Im vorliegenden Falle treffen sich die beiden Linien auf derjenigen Linie, die eine Umfangsgeschwindigkeit von 10 m in der Sekunde ergibt. Fährt man nun auf dieser wagerechten Linie nach links, bis man die zum Riemenscheibendurchmesser 500 gehörige Kurvenlinie schneidet und sodann von diesem Schnittpunkte senkrecht abwärts, so ist unten die für 1 cm Riemenbreite übertragbare Anzahl Pferdestärken mit 1,1 PS angegeben.

Befestigung von Deckenvorgelegen an I- und U-Schienen.

Die im Bilde gebrachte Ausführung gestattet ein rasches und bequemes Anbringen und Ausrichten der Lager, da sie ein Bohren von Schraubenlöchern an Decke und Gebälk unnötig machen. Es empfiehlt sich, bei Neuentwürfen von Werkstätten diese Anordnung der Vorgelege in Erwägung zu ziehen.

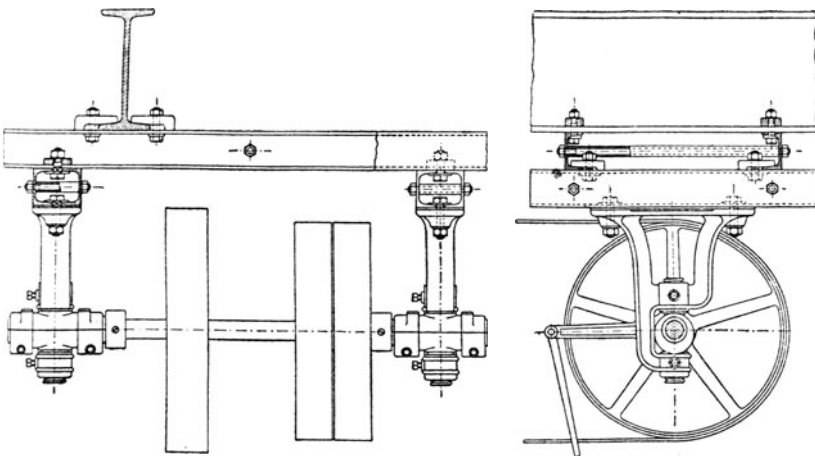


Bild T 7.

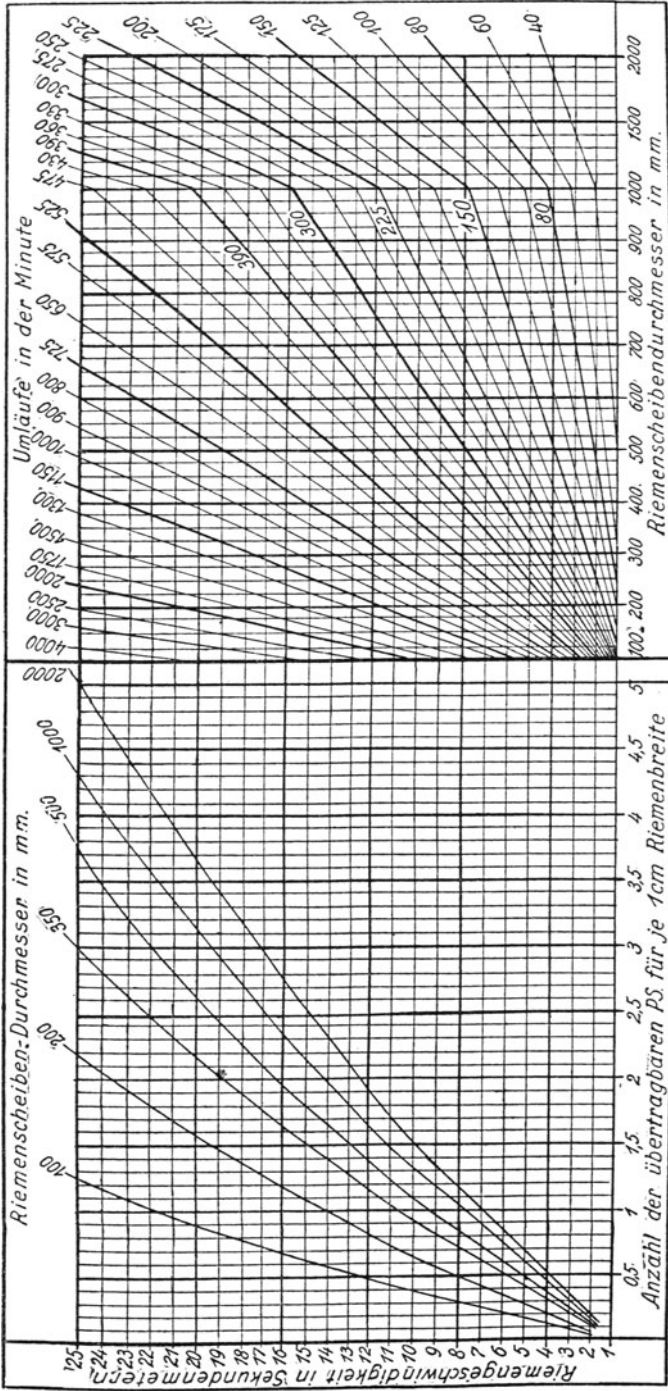


Bild T 8.

Scheibendurchmesser, Umdrehungszahl, Übersetzung.

$\frac{\text{Umdrehungen der getriebenen Scheiben}}{\text{Umdrehungen der treibenden Scheiben}} = \frac{\text{Durchmesser der treibenden Scheiben}}{\text{Durchmesser der getriebenen Scheiben}} = J$			
Benennung		Zeichen	
Übersetzung des Hauptantriebs zur Maschine		J	
Übersetzung zwischen einem Scheibenpaar		i	
Umdrehungen der Wellen (Scheiben) in der Minute		n	
Durchmesser der treibenden Scheiben		D	
Durchmesser der getriebenen Scheiben		d	
Über- setzung	Anordnung der Scheiben	Zeichen	Berechnung
Einfach		J	$\frac{nm}{n_1}; \frac{D_1}{dm} \leq 5$
		n_1	$\frac{dm \cdot nm}{D_1}$
		D_1	$\frac{dm \cdot nm}{n_1}$
Zweifach		J	$\frac{nm}{n_1}; \frac{D_1 \cdot D_2}{d_2 \cdot dm}; i_1 \cdot i_2$
		i_1	$\frac{n_2}{n_1}; \frac{D_1}{d_2} \quad n_2 = i_1 \cdot n_1$
		i_2	$\frac{nm}{n_2}; \frac{D_2}{dm} \quad D_2 = i_2 \cdot dm$
Dreifach		J	$\frac{nm}{n_1}; \frac{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}{d_2 \cdot d_3 \cdot dm}; i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$
		i_1	$\frac{n_2}{n_1}; \frac{D_1}{d_2} \quad n_2 = i_1 \cdot n_1$
		i_2	$\frac{n_3}{n_2}; \frac{D_2}{d_3} \quad D_2 = i_2 \cdot d_3$
		i_3	$\frac{nm}{n_3}; \frac{D_3}{dm} \quad D_3 = i_3 \cdot dm$

Beispiel: $dm = 18 \text{ cm}$; $nm = 1200$; $n_1 = 200$.

$J = nm : n_1 = 1200 : 200 = 6$; da $J > 5$, ist zweifache Übersetzung zu nehmen;
 $J = i_1 \cdot i_2 = 2 \cdot 3 = 6$; $i_1 = D_1 : d_2 = 2$; D_1 gewählt zu 80 cm ; $d_2 = D_1 : 2 = 40 \text{ cm}$;
 $D_2 = i_2 \cdot dm = 3 \cdot 18 \text{ cm} = 54 \text{ cm}$.

$$\text{Probe: } J = \frac{D_1 \cdot D_2}{d_2 \cdot dm} = \frac{80 \cdot 54}{40 \cdot 18} = 6.$$

Beispiele:

I. Gegeben höchste Drehzahl $n_r = 500$, kleinste $n_1 = 50$. Es sind 5 Stufen zu bilden, also $r = 5$.

$$\varphi = \sqrt[5]{\frac{500}{50}} = \sqrt[5]{10} = 1,7783; n_2 = n_1 \cdot \varphi = 50 \cdot 1,7783 = 89; n_3 = n_2 \cdot \varphi = 89 \cdot 1,7783 = 158;$$

$$n_4 = n_3 \cdot \varphi = 158 \cdot 1,7783 = 281; n_5 = n_4 \cdot \varphi = 281 \cdot 1,7783 = 500.$$

II. Gegeben Stufenscheibe $D_1 = 300$ mm; $D_2 = 240$ mm; $D_3 = 180$ mm; Achsenentfernung $E = 1000$ mm; gewählt $d_1 = 220$ mm. (Offener Riemen.)

$$\text{Riemenlänge } L = \pi \cdot \frac{520}{2} + \frac{1}{1000} \cdot \left(\frac{300 - 220}{2} \right)^2 + 2 \cdot 1000 = \pi \cdot 260 + \frac{1}{1000} \cdot \frac{6400}{4} + 2000 \\ = 816,8 + 1,6 + 2000 = 2818,4 \text{ mm.}$$

Durchmesserunterschied des zweiten Scheibenpaares

$$a = -\pi \cdot 1000 + \sqrt{1000 \cdot (1,8696 \cdot 1000 + 4 \cdot 2818,4 - 12,566 \cdot 220)} = -3141,6 + \sqrt{10127360} \\ = -3141,6 + 3182,3 = 40,7 \text{ mm; } d_2 = D_2 + a = 240 + 40,7 = 280,7 \text{ mm.}$$

Durchmesserunterschied des dritten Scheibenpaares

$$a = -\pi \cdot 1000 + \sqrt{1000 \cdot (1,8696 \cdot 1000 + 4 \cdot 2818,4 - 12,566 \cdot 180)} = -3141,6 + \sqrt{10881320} \\ = -3141,6 + 3298,7 = 157,1 \text{ mm; } d_3 = D_3 + a = 180 + 157,1 = 337,1 \text{ mm.}$$

Probe:

$$\text{Riemenlänge für das 2. Paar } L = \pi \cdot \frac{240 + 280,7}{2} + \frac{1}{1000} \cdot \left(\frac{280,7 - 240}{2} \right)^2 + 2000 = 2818,3 \text{ mm}$$

$$\text{„ „ „ 3. „ } L = \pi \cdot \frac{180 + 337,1}{2} + \frac{1}{1000} \cdot \left(\frac{337,1 - 180}{2} \right)^2 + 2000 = 2818,5 \text{ mm}$$

III. Gegeben ein Scheibenpaar $D_1 = 300$ mm; $d_1 = 220$ mm; $E = 1000$ mm. Zu berechnen sind die Durchmesser eines anderen Paares unter Zugrundelegung der gleichen Riemenlänge, wenn die verlangte Übersetzung 3:1 ist.

$$L = 2818 \text{ mm (Berechnung siehe Beispiel II); } i = 3.$$

$$d_2 = \frac{1}{i_2 - 1} \cdot \left(\sqrt{k_2^2 + 4 E (L - 2 E)} - k_2 \right); k_2 = 1000 \cdot \pi \cdot \frac{3 + 1}{3 - 1} = 6283,2$$

$$d_2 = \frac{1}{3 - 1} \cdot \left(\sqrt{39478602 + 4000 \cdot (2818 - 2000)} - 6283,2 \right) = \frac{1}{2} (6538,4 - 6283,2) = 127,6 \text{ mm}$$

$$D_2 = i \cdot d_2 = 3 \cdot 127,6 \text{ mm} = 382,8 \text{ mm}$$

$$\text{Probe: } L = \pi \cdot \frac{382,2 + 127,6}{2} + \left(\frac{382 - 127,6}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{1000} + 2000 = 2818 \text{ mm.}$$

Gruppenantrieb.

Der Gruppenantrieb bedeutet eine Kraftersparnis und erhöht die Leistungsfähigkeit des ganzen Betriebes in sehr beträchtlichem Maße. Da die gleichartigen Maschinen meistens nebeneinandergestellt werden, so können diese in vielen Fällen von einem Gruppentriebwerk aus angetrieben werden; letzteres kann daher die geeigneten Umlaufzahlen erhalten und die einzelnen Deckenvorgelege mit ihren vielen Lagern und Riemen ausschalten. Wo elektrische Kraft zur Verfügung steht, sollte man auf die großen, schweren Triebwerke ganz verzichten; denn muß aus irgendeinem Grunde der Betrieb abgestellt werden, so steht beim Gruppenantriebe nur ein Teil des Betriebes still.

Außerdem benötigt man keine so schweren Wellen und Lager, und man kann die Räumlichkeiten besser ausnutzen.

Die geteilten Stahlblech-Riemenscheiben (Bild T 9) eignen sich sehr gut für den Gruppenantrieb.

Draht- und Hanfseile.

Im Triebwerksbau kommen diese Maschinenteile immer mehr außer Gebrauch, denn nach den Untersuchungen Prof. Kammerers ist der Riementrieb dem Seiltrieb insofern überlegen, als er weniger Kraftverluste verursacht. Vielfach werden Seiltriebe in Riementriebe umgeändert, wobei sich sehr große Kraftersparnisse (bis etwa 20 v. H.) feststellen ließen. Die Umänderung der Seilscheiben in Riemen-scheiben ist sehr einfach und geschieht lediglich durch Auflegen eines Blechreifens. Zur Erhöhung der Riemen-geschwindigkeit, die beim Riemenbetrieb besondere Wirtschaftlichkeit auslöst, vergrößert man den Durchmesser der Scheiben durch Auflegen von Holzkränzen. Im Hebezeugbau sowie bei den Schwebbahnen finden die Seile aber noch ein großes Verwendungsgebiet.

Werden Drahtseile verwendet, so wähle man den Seilscheiben-durchmesser mindestens 150 mal den Seildurchmesser. Die Seilscheiben sollen nicht aufgekeilt, sondern aufgeklemt werden, und die Bohrung muß sehr genau zur Welle passen, denn sonst fangen die Seile sofort an zu schlingern. Die Rille soll doppelt so tief sein wie das Seil dick ist, und der Halbmesser des Rillenbodens nur ein klein wenig größer als der halbe Seildurchmesser. Ausfüttern der Rille mit Leder oder Holz ist sehr zweckdienlich.

Die Seilverbindung wird am besten durch Verspleißen hergestellt, was aber nur von sachkundigen Leuten ausgeführt werden soll. Seilschlösser sind in vielen Fällen ganz unbrauchbar.

Leistung in PS von Drahtseilen.

Drahtseil Beanspruchung: dünne Seile etwa 75 kg/cm ² , dicke etwa 55 kg/cm ²											
Seil-durchm. mm	Geschwindigkeit in m/sek.					Seil-durchm. mm	Geschwindigkeit in m/sek.				
	7,5	10	15	20	25		7,5	10	15	20	25
10	6	8	12	15	20	22	24	30	44	60	80
12	8	11	16	20	27	24	27	35	54	70	90
14	12	16	24	30	40	26	30	40	60	80	100
16	16	21	32	40	50	28	33	44	65	90	110
18	18	24	36	45	60	30	36	48	70	95	120
20	21	28	40	55	70						

Leistung in PS von Hanfseilen.

Hanfseil Beanspruchung: 8 kg/cm ²									
Seil-durchm. mm	Geschwindigkeit in m/sek.				Seil-durchm. mm	Geschwindigkeit in m/sek.			
	10	15	20	25		10	15	20	25
25	5	8	10	13	45	17	25	34	40
30	7 ¹ / ₂	11	15	19	50	21	30	42	50
35	10	15	20	25	55	25	37	50	62
40	13	20	27	32	60	30	45	60	75

Stahlbandantrieb.

Neuerdings werden auch Stahlbänder zur Kraftübertragung verwendet. Diese erfordern genau parallele Wellen.

Riemenscheiben.

Auf die Güte eines Riementriebes übt die Beschaffenheit der ganzen Kraftübertragungsanlage einen entscheidenden Einfluß aus. Beim Anlaufenlassen eines Triebwerks oder Maschine soll die aufzuwendende Antriebskraft nicht zu groß sein im Verhältnis zu dem für die Berechnung der Kraftübertragungsorgane zugrunde gelegten Kraftbedarf. Ein Verbiegen der Triebwerkswelle und der Vorgelege, sowie ein Abgleiten und frühes Verschleißen der Riemen ist die Folge solch unrichtiger Anlagen. An schnellaufenden Maschinen, z. B. Schleifmaschinen, trifft man hin und wieder auf Riemenscheiben, die dem durchschnittlichen Kraftbedarf entsprechend gehalten sind, aber nicht demjenigen für das Anlaufen.

Als Regel gilt: Je größer die Riemenscheibe, um so besser für den Betrieb, denn der Riemen wird auf einer großen Scheibe nicht so stark beansprucht wie auf einer kleinen. Große Riemenscheiben sind zwar etwas teurer als kleine, verbrauchen aber viel weniger Riemen.

Die Wölbung der Riemenscheiben darf nicht zu stark sein, weil der Riemen dadurch unsicher läuft und in der Mitte zu stark gestreckt wird. Pumpen und Holzbearbeitungsmaschinen weisen oftmals diesen Fehler auf. Am besten bewährt sich die Wölbungshöhe, wenn sie $= \frac{1}{4}\sqrt{B}$ bis $\frac{1}{3}\sqrt{B}$ ($B =$ Scheibenbreite) gehalten wird. Kleiner Achsenabstand und große Riemenbreite erfordern keine starke Wölbung.

Die treibenden Scheiben sollen nie gewölbt sein, bei Kreuztrieben sogar die getriebene nicht. Die Scheiben müssen glatt sein,

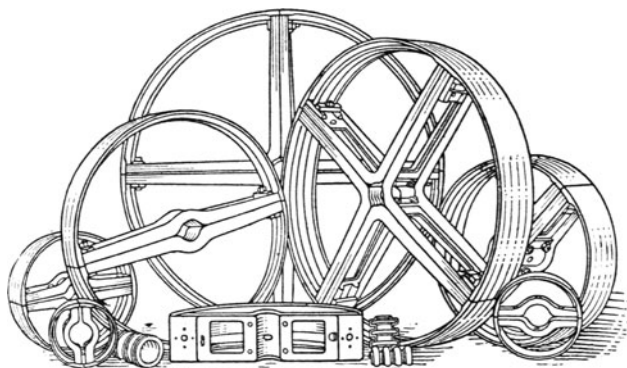


Bild T 9.

weil zwischen Riemen und Scheiben stets ein kleiner Geschwindigkeitsunterschied besteht, der bei rauhen Scheiben (schlecht überdrehte Gußeisen- oder Holzriemenscheiben) zu starker Riemenabnutzung führt.

Geteilte Riemenscheiben finden immer mehr Anklang, denn man vermeidet gern, die in Ringschmier- oder Kugellagern laufenden Wellen aus den Lagern herauszunehmen. Geteilte Riemenscheiben bis etwa 20 PS Kraftübertragung bedürfen keinerlei Keile, wenn die Welle nicht zu geringen Durchmesser hat, und man kann gepreßte Wellen verwenden, die, wenn genutet, sich sonst leicht verziehen.

Sehr gute Erfolge erzielt man mit den Stahlblech-Riemenscheiben. Diese haben eine glatte Riemenlauffläche und werden zylindrisch oder mit der zweckentsprechenden Wölbung geliefert. Sie sind leichter als gußeiserne, dabei unempfindlich gegen Wärme und Feuchtigkeit, was bei Holzscheiben nicht der Fall ist.

Übertragbare Kraft in PS der Stahlblechriemenscheibe.

Riemen- geschwindigkeit in m/sek.	Breite der Scheiben				Riemen- geschwindigkeit in m/sek.	Breite der Scheiben			
	75 mm	100 mm	125 mm	150 mm		75 mm	100 mm	125 mm	150 mm
1	0,9	1,1	1,4	1,7	9	8,0	10,0	13,0	15,5
2	1,7	2,2	2,8	3,4	10	9,0	11,0	14,5	17,0
3	2,6	3,5	4,5	5,0	12	10,0	13,0	17,0	20,0
4	3,4	4,5	5,5	7,0	14	12,0	16,0	20,0	24,0
5	4,2	5,5	7,0	8,5	16	13,0	18,0	22,0	27,0
6	5,0	6,5	8,5	10,0	18	15,0	21,0	26,0	31,0
7	6,0	8,0	10,0	12,0	20	17,0	23,0	29,0	34,0
8	7,0	9,0	11,0	13,5					

Die Dicke des Riemens wurde mit 7 mm angenommen und die Beanspruchung mit 0,125 kg für 1 mm².

Spannrollen.

Spannrollen werden angewendet, wenn große Übersetzungen (z. B. von Elektromotoren aus) oder kurze Achsenabstände vorhanden sind und man Zwischenübersetzungen vermeiden will. Sie vermindern den Kraftverbrauch, den Riemenverschleiß und erhöhen die Betriebssicherheit.

Wichtig ist für Spannrollenbetrieb die fachtechnisch richtige Herstellung des Riemens, der aus bestem Kernleder gefertigt und beiderseitig glatt sein muß. Da der Riemen auf doppelte, gegeneinander wirkende Biegung beansprucht wird, müssen besonders elastisch-schmiegsame Ledersorten Verwendung finden. Der höhere Preis dieser Sondersorten wird durch deren längere Lebensdauer sowie durch Ersparnis an Betriebskosten reichlich ausgeglichen.

Wellen.

Die Durchbiegung einer Welle (zwischen zwei Lagern) soll 0,3 mm auf 1 m Länge als höchstzulässiges Maß nicht überschreiten.

Länge: Wellen bis 45 mm Durchmesser sollen nicht über 5 m, bis 55 mm nicht über 6 m und stärkere Wellen nicht über 6950 mm lang sein, weil sie sich sonst auf dem Versand und während des Einbaues leicht verbiegen, und weil Wellen mit über 7 m und unter 2 m Länge Mehrpreise bedingen; außerdem wird für über 7 m lange Wellen ein Mindestfrachtsatz für 1500 kg erhoben. Bevor man die Wellenlänge bestimmt, sollen die Lagerstellen bestimmt werden. Jedes Wellenstück muß in mindestens 2 Lagern ruhen. Die Kupplungen müssen dicht an den Lagern sitzen, und zwar hinter den Lagern, wenn man vom Antriebe ausgeht, damit die Anschlußwellen ohne Betriebsstörung ausgekuppelt werden können.

Umlaufzahl: Je höher die Umlaufzahl, um so kleiner die Abmessungen und um so billiger die Anlage, doch darf die Umlaufzahl nicht zu hoch sein, weil sonst die Riemenscheiben zu klein werden. Man wähle für schwere Triebwerke und für Wellen, die langsam laufende Maschinen antreiben, 100 bis 150 Umläufe minutlich. Die Wellenumlaufzahl für leichte Werkzeugmaschinen soll etwa 150 bis 250, für Holzbearbeitungs- und Textilmaschinen etwa 250 bis 400 minutlich sein.

Lagerabstände: Wenn die Antriebscheibe oder das Antriebsrad sowie die stark belasteten Treibscheiben nahe an den Lagern sitzen und nicht mehr als drei Scheiben zwischen zwei Lagern sind, so halte man sich an folgende Abstände:

Wellendurchmesser mm	30-40	45-60	65-80	85-100	110-150
Lagerentfernung . . . m	1,75	2	2,50	3	3,50

Stellringe werden angebracht, um ein Verschieben der Welle in axialer Richtung zu verhüten. Es ist am besten, man ordnet die Stellringe an der Antriebstelle an. Lange Wellen, die zudem noch großen Temperaturschwankungen unterworfen sind, werden mit Ausdehnungskupplungen versehen. (Siehe Bild W 1.)

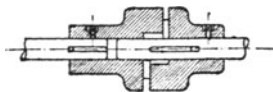


Bild W 1.

Die erforderlichen Wellendurchmesser sind aus den Tabellen zu ersehen, doch ist es von Vorteil, einheitliche Wellen zu besitzen, damit die Anzahl der erforderlichen Ersatzteile möglichst klein ist und die Riemenscheiben vertauscht werden können.

Kraftübertragung durch Wellen (Durchmesser in mm).

PS	Minutliche Umlaufzahl														
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	225	250	275	300	350	400
1	50	45	45	40	40	35	35	35	35	35	35	30	30	30	30
2	60	55	50	50	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	35
3	65	60	55	50	50	50	45	45	45	45	40	40	40	40	40
4	70	65	60	55	55	50	50	50	50	45	45	45	40	40	40
5	75	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45
6	75	70	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	50	45	45
8	85	75	70	65	65	60	60	55	55	55	55	50	50	50	50
10	85	80	75	70	65	65	60	60	55	55	55	55	50	50	50
12	90	85	75	75	70	65	65	65	60	60	60	55	55	55	50
14	95	85	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60	60	55	55
15	95	85	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60	60	55	55
16	100	90	85	80	75	70	70	70	65	65	65	60	60	60	55
18	100	90	85	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60	60	60
20	105	95	85	85	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60
25	110	100	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65	60
30	115	105	95	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65
35	120	105	100	95	90	85	85	80	80	80	75	75	75	70	70
40	120	110	105	100	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70	70
45	125	115	105	100	95	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70
50	130	115	110	105	100	95	90	90	85	85	85	80	80	75	75
55	130	120	110	105	100	95	95	90	85	85	85	80	80	75	75
60	135	120	115	110	105	100	95	95	90	85	85	85	80	80	75
65	140	125	115	110	105	100	100	95	95	90	85	85	80	80	80
70	140	125	120	110	105	105	100	95	95	90	90	90	85	85	80
75	145	130	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85	80
80	145	130	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85	85
85	145	135	125	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85
90	150	135	125	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85
95	150	135	130	120	115	110	110	105	100	100	95	95	90	90	85
100	155	140	130	120	115	115	110	105	105	100	95	95	95	90	85

Kraftleistung der biegsamen Wellen.

Leistung in PS	Umdrehungen i. d. Minute									
	200	300	400	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
	Durchmesser der biegsamen Wellen in mm									
1/20	10	8	8	7	7	5	5	5	5	5
1/10	15	15	12,5	10	10	10	10	8	8	8
1/6	20	20	20	15	12,5	12,5	12,5	10	10	8
1/4	25	25	25	20	15	15	15	12,5	12,5	10
1/2	30	30	30	25	20	20	20	15	15	12,5
3/4	35	35	35	30	25	20	20	15	15	12,5
1	40	40	35	30	30	25	25	20	20	15
1,5	45	45	40	35	30	30	25	25	20	20
2	50	50	45	40	35	30	30	25	25	20
2,5	55	55	50	45	40	35	35	30	30	25
3	60	60	55	45	45	40	35	35	30	30
4		65	60	50	45	45	40	40	35	35
5		70	65	60	50	50	40	40	35	35
6			70	65	55	50	45	45	40	40
8				70	60	55	50	45	45	40
10					65	60	55	50	50	45
12					70	65	60	55	50	50
15						70	65	60	55	50

Die biegsamen Wellen werden bis zu einem Durchmesser von etwa 100 mm angefertigt. Bei Bestellung ist Angabe der Drehrichtung erforderlich.

Der zulässige Krümmungshalbmesser, in dem die Wellen normal arbeiten können, ist mindestens 6 mal größer als der Wellendurchmesser.

Grenzlehren.

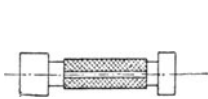
(Vgl. auch S. 219 u. f.)

Die Herstellung von Maschinenteilen usw. mit Hilfe von Grenzlehren geht von dem Grundsatz aus, daß für jeden Teil einer Maschine bestimmte Maßabweichungen zulässig sind. Im Gegensatz zu dem Einpassen der Teile beim Zusammensetzen der Maschinen, das meist mit erheblichen Nacharbeiten verknüpft ist, werden die Unter- und Übermaße zusammengehöriger Teile von vornherein so festgelegt, daß ein Nacharbeiten beim Zusammensetzen wegfällt. In diese Grenzwerte wird auch ein erforderliches Spiel bei gleitenden Teilen, z. B. Wellen und Lagern, mit eingeschlossen und ein für allemal festgelegt.

Über die zweckmäßigsten Grenzwerte sind von Prof. Dr.-Ing. Schlesinger eingehende Versuche angestellt und in Heft 18 der Forschungsarbeiten des „Vereins deutscher Ingenieure“ veröffentlicht worden.

Grenzlehren haben zwei Maßstellen, von denen die eine das Unter- und die andere das Übermaß angibt.

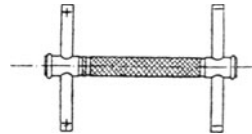
Zum Messen von Bohrungen dienen:



Grenzlehrbolzen

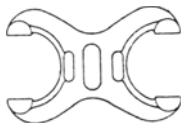


Grenzlochlehren

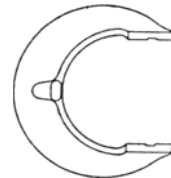


Grenz-Endmaße

Zum Messen von Wellen dienen:



Grenzrachenlehren

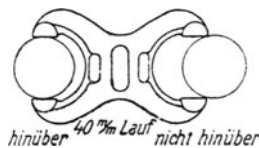
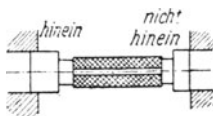


Die Anwendung der Grenzlehren ist folgende:

Eine Bohrung hat den richtigen Durchmesser, wenn die das Untermaß angegebende Seite des Grenzlehrbolzens eingeführt werden kann, die das Übermaß angegebende Seite jedoch nicht.

Eine Welle hat den richtigen Durchmesser, wenn sich die Übermaßseite der Grenzrachenlehre überschieben läßt, die Untermaßseite aber nicht.

Eine Bohrung oder Welle, die diesen Anforderungen nicht genügt, ist Ausschuß.



Passungen.

Je nach der Art des zulässigen bzw. erforderlichen Spieles zwischen zusammengehörigen Maschinenteilen werden verschiedene Passungen unterschieden.

Im allgemeinen Maschinenbau kommen hauptsächlich 4 Passungen in Frage, und zwar:

Laufsitz für Lager und Wellen,

Schiebesitz für Teile, die sich von Hand ohne Schlottern verschieben lassen,

fester Sitz für Teile, die sich durch einfache Pressen und leichte Hammerschläge vereinigen und ebenso wieder trennen lassen,

Preßsitz für Teile, bei denen eine feste Verbindung verlangt wird und die Vereinigung unter großem Druck stattfinden kann.

Normale Welle oder normale Bohrung.

Bei Anwendung von Grenzlehren wird entweder von der normalen Welle oder der normalen Bohrung ausgegangen.

Bei einem von der normalen Welle ausgehenden Grenzlehrsystem erhält die Welle ein gleichbleibendes Unter- und Übermaß, während die Abmessungen der dazugehörigen Bohrungen wechseln, je nachdem es sich um Laufsitz, Schiebesitz, festen oder Preßsitz handelt.

Bei der normalen Bohrung bleibt diese unverändert, während für die Wellen und Zapfen die Unter- und Übermaße sich nach den in Betracht kommenden Passungen ändern.

Fast allgemein wird bei Verwendung von Grenzlehren die **normale Bohrung** zugrunde gelegt. Dies hat den Vorzug, daß zur Bearbeitung der Lagerstellen und Bohrungen nur ein Satz Bohr- und Aufreibwerkzeuge erforderlich ist. Allerdings ist hierbei in Betracht zu ziehen, daß sich durch die erforderlich werdenden Durchmesserunterschiede der Wellen die Herstellungskosten für letztere erhöhen. Praktisch ist dies aber nebensächlich, da es selten vorkommt, daß bei einer Welle mit mehreren Passungen zu rechnen ist.

Die **normale Welle** kommt nur selten zur Anwendung, in der Hauptsache wohl nur im Triebwerksbau.

In besonderen Fällen, u. a. im Textilmaschinenbau, wird bei Festlegung der Grenzwerte für eine Maschine normale Bohrung und normale Welle gleichzeitig angewendet. In diesem Falle werden für lange durchlaufende Wellen die Grenzwerte unveränderlich gewählt und Lagerstellen, Riemenscheiben, Wellringe usw. mit verschiedenen Passungen ausgeführt. Für die übrigen von den langen Wellen unabhängigen Teile wird jedoch das System der normalen Bohrung vorgesehen.

Diese Vereinigung beider Systeme kann unter Umständen die Wirtschaftlichkeit der Herstellung erhöhen, birgt aber die Gefahr von Lehrenverwechslungen in sich. Jedenfalls ist sie mit wirtschaftlichem Vorteil nur in Einzelfällen anwendbar.

Zahnräder.

I. Stirnräder.

Als grundlegende Form für die Verzahnung wird jetzt fast allgemein die Evolvente angenommen, deren erzeugende Gerade unter einem Winkel von 15° zur Tangente an den Teilkreis geneigt ist. Die von den Werkzeugfabriken vorrätig gehaltenen Werkzeuge sind wohl ausnahmslos für diese Kurvenform bestimmt. Mit der Zeit nehmen die Evolventenzähne, infolge der Abnutzung, eine andere, der Zykloidenkurve ähnliche und sich nur noch langsam abnutzende Zahnform an.

Räder mit einem Eingriffswinkel von 15° bekommen unterschrittene Zähne, also geschwächte Füße, sobald die Zähnezahl geringer als 30 ist, und zwar ist der Unterschnitt um so größer, je kleiner die Zähnezahl. Dieser Mangel, der Räder mit geringer Zähnezahl zur Kraftübertragung untauglich machen würde, kann behoben werden einmal durch Vergrößerung des Eingriffswinkels, wodurch die Unterschneidung nahezu vermieden wird. Für die Wahl des Winkels gibt nachfolgende Tafel Aufschluß.

Rad mit Zähnezahl	8	10	15	20
Eingriffswinkel	25°	$22^{\circ} 30'$	20°	$17^{\circ} 30'$

Es muß somit bei einem Rädersatz der Eingriffswinkel für das Rad mit der kleinsten Zähnezahl gewählt werden. Dieses Hilfsmittel bedingt eigene für den vergrößerten Eingriffswinkel gebaute Werkzeuge.

Bei Anwendung von Räderfräsmaschinen nach dem Abwälzverfahren kann man das Unterschneiden auch umgehen, indem man unter Beibehaltung des Eingriffswinkels von 15° den Außendurchmesser um den Betrag der Höhe des Unterschnittes am Zahnfuß (in radialer Richtung gemessen) vergrößert, wie Bild Z 1 und Z 2 zeigen.



Bild Z 1.

Normaler Durchmesser.



Bild Z 2.

Vergrößerter Durchmesser.

Der Berechnung lege man in diesem Falle folgende Werte zugrunde (vgl. Tafel S. 252):

$$h_2 = 1,5 \cdot M; h = 0,666 \cdot M; D_a = D_t + 3 M = (Z + 3) \cdot M.$$

Bei gleichbleibender Zahnhöhe erreicht man dadurch eine Verstärkung des Zahnes im Teilkreis. Wohl zu beachten ist, daß auch der Achsenabstand E sich ändert. Es wird

$$E = \left(\frac{Z_1 + Z_2}{2} + 0,5 \right) \cdot M = \frac{D_{t1} + D_{t2}}{2} + 0,5 \cdot M.$$

Ist die sich ergebende Vergrößerung des Achsenabstandes nicht zulässig, so wird einfach ein kleinerer Modul und ein breiter Zahn gewählt, oder man verkleinert das große Rad, wenn es über 40 Zähne hat, um den am kleinen Rade vergrößerten Betrag.

Grundbedingung für einen ruhigen Lauf der Räder ist ein spielfreier Gang, d. h. eine einwandfreie Verzahnung. Diese ist aber trotz größter Aufmerksamkeit bei der Bearbeitung kaum zu erreichen, da es eben nicht möglich ist, die vielen in der Herstellungsart liegenden Fehlerquellen (nicht schlagfreier Aufnahmehorn, falscher Achsenabstand, Teilungsfehler usw.) vollständig auszuschalten. Um die Leistungsfähigkeit zu erhöhen, unterwirft man die Räder neuerdings mit bestem Erfolg einer Nachbehandlung durch Schleifen oder Einsmirkeln. Das Einsmirkeln geschieht am besten auf maschinellem Wege.

1. **Zähnezahl.** Die Zähnezahlen der Räder eines zusammgehörigen Räderpaares verhalten sich umgekehrt wie die Umlaufzahlen, folglich:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1}; \quad Z_1 = \frac{Z_2 \cdot n_2}{n_1};$$

$$n_1 = \frac{Z_2 \cdot n_2}{Z_1}.$$

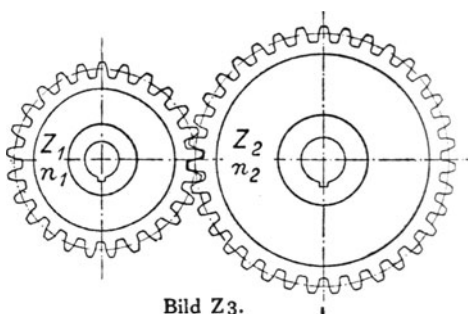


Bild Z3.

Weniger als 24 Zähne sind bei Rädern, die ruhig laufen sollen, nicht anzuwenden. Bei Krafträdern und Winden geht man oft bis auf 11 Zähne herab, unter 11 Zähne aber nur in besonderen Fällen.

Für Zahnräder, die mit gleichmäßigem Druck arbeiten, sind, wenn irgend möglich, einfache Verhältnisse zu wählen wie 1 : 2, 1 : 3 usw., dadurch kämmen immer wieder die gleichen Zähne miteinander und laufen gut ein.

Ist aber stark wechselnder Druck vorhanden, so wähle man ungleiche Verhältnisse, wie z. B. 29 : 53, 19 : 37 usw., damit nicht immer der gleiche Zahn die plötzliche Drucksteigerung aufnehmen muß.

Die Zähnezahl soll so groß als möglich genommen werden; bei ihrer Berechnung ist stets die erforderliche Zahnstärke zu berücksichtigen. Aus dieser und aus dem Teilkreise ergibt sich die Zähnezahl.

2. Die höchste zulässige **Umlaufgeschwindigkeit** wird meist durch das auftretende Geräusch begrenzt und ist daher von der Genauigkeit der Zahnformen, von der Eingriffsdauer und vom Material abhängig.

Oberer Werte für die Umlaufgeschwindigkeit sind:

3	m	in	der	Sekunde	für	gegossene	Räder,
8	"	"	"	"	"	gewöhnliche	Zahnräder,
10—15	"	"	"	"	"	sehr genau	gearbeitete Räder.

Für letztere Geschwindigkeiten sind Räder zu empfehlen, bei denen das eine Rad aus Vulkanfiber oder Rohhaut besteht.

Innenverzahnungen verursachen wegen der günstigeren Abwälzverhältnisse weniger Geräusch als Außenverzahnungen.

3. Die Berechnung der Teilung oder des Moduls sowie der Zahnbreite richtet sich nach dem Zahndruck, das heißt, nach der zu übertragenden Umfangskraft. Letztere läßt sich nicht immer zuverlässig berechnen, denn gerade die größten Zahndrücke werden von den in manchen Maschinen auftretenden Stößen, deren Kraftgröße schwer zu bestimmen ist, hervorgerufen.

Bei Berechnung des Zahndruckes P ist der Sicherheit wegen anzunehmen, daß der Druck von einem einzigen Zahne aufgenommen wird, wie in Bild Z 4 dargestellt ist. Ergibt sich aber, daß stets mindestens 2 Zähne kämten, so kann dieses berücksichtigt werden.

Innenverzahnung.

Diese Getriebeart besteht aus 2 ungleich großen Stirnrädern, wovon das kleine als gewöhnliches Zahnrad mit Außenverzahnung ausgebildet ist und innerhalb des mit Innenverzahnung versehenen großen Rades sich abrollt. Die Teilkreise berühren sich innen; die Wellenachsen haben gleichen Drehsinn.

Die Zahnflanken derartiger Getriebe bekommen vorwiegend Evolventenform. Beim größeren Rade sind sie hohlgeformt und werden durch Abrollen auf dem größeren Grundkreis erhalten.

Wenn das große Rad mit einer dazugehörigen Nabe aus einem Stück hergestellt werden soll, so muß der Radkörper zwischen der Verzahnung und dem Boden in einer Breite von 10 bis 20 mm bis auf Zahntiefe unterstoßen werden, um ein Auslaufen des Werkzeuges zu ermöglichen.

Innenverzahnungen können mit einem Trieb ausgeführt werden, das nur 2 Zähne weniger hat als das Außenrad. Soll jedoch Rad und Trieb in radialer Richtung in und außer Eingriff gebracht werden können, so muß das Rad mindestens 15 Zähne mehr haben als das Trieb. Ist der Unterschied geringer, so ist nur noch eine axiale Verschiebung möglich.

Infolge des längeren Zahneingriffes zeichnet sich die Innenverzahnung gegenüber der Außenverzahnung durch ruhigen Gang aus. Weitere Vorteile sind: Raumersparnis, die geschützte Lage des Getriebes, die Möglichkeit, das Außenrad als Riemenscheibe oder als Stirnrad auszubilden.

Berechnung der Stirnräder.

Gesucht	Bezeichnung	Ausrechnung	
Modul	M	$\frac{t}{\pi}; \frac{D_a}{Z+2}; \frac{D_t}{Z}; \frac{D_a - D_t}{2}$	
Teilung mm	t	$M \cdot \pi; \frac{D_t \cdot \pi}{Z}; \frac{D_a \cdot \pi}{Z+2}; \frac{P}{b \cdot c}; \frac{75 \cdot N}{b \cdot v \cdot c}; l + a$	
Zähnezahl	Z	$\frac{D_t}{M}; \frac{D_a - 2M}{M}; \frac{D_t \cdot \pi}{t}$	
Außendurchmesser mm	D_a	$M(Z+2); D_t + 2 \cdot M; \frac{t}{\pi} \cdot (Z+2)$	
Teilkreisdurchmesser mm	D_t	$D_a - 2 \cdot M; Z \cdot M; \frac{t}{\pi} \cdot Z$	
Zahnbreite . . . mm	b	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <div style="text-align: center;">für Krafräder $\frac{2t}{6M}$</div> <div style="text-align: center;">für gewöhnl. Arbeitsräder bei hohen Umlaufzahlen $\frac{2 \text{ bis } 3t}{6 \text{ bis } 10M}$</div> <div style="text-align: center;">f. größere Kraftübertrg. bei hohen Umlaufzahlen $\frac{3 \text{ bis } 5t}{10 \text{ bis } 15M}$</div> </div>	
Zahnhöhe . . . mm	h	$2,1666M; 2,1666 \frac{t}{\pi}$	
Fußhöhe mm	h_1	$1,1666M; 1,1666 \frac{t}{\pi}$	
Kopfhöhe . . . mm	h_2	$M; \frac{t}{\pi}$	
Auf dem Teilkreis gemessen	Zahnstärke mm	a	$\frac{M \cdot \pi}{2}; \frac{t}{2};$ für unbearbeitete Räder $\frac{19}{40}$ bis $\frac{39}{80} t$
	Lückenweite mm	l	$\frac{M \cdot \pi}{2}; \frac{t}{2}$
Kranzstärke . . mm	k	etwa $0,5 t$	
Übertragene Pferdestärken	N		
Zahndruck kg	P	$\frac{N \cdot 75}{v} \cong \frac{N \cdot 143 \cdot 200}{n \cdot D_t \text{ (in cm)}}; c \cdot b \cdot t$ (siehe Tafel S. 254)	
Umlaufzahl minutlich	n		
Umfangsgeschwindigkeit des Teilkreises in m/sek.	v	$\frac{n \cdot D_t \cdot \pi}{60 \cdot 100}$ (D_t in cm)	
Koeffizient für die Materialbeanspruchung	c	Siehe Tafel S. 253	
Achsenentfernung	E	$\frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot M; \frac{D_{t1} + D_{t2}}{2}$	

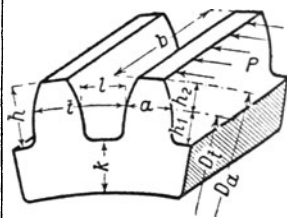


Bild Z4.

Für elektromotorische Antriebe verwendet man mit Vorliebe für das auf der Ankerwelle sitzende Ritzel elastisches Material, wie Rohhaut, Vulkanfiber u. dgl., und gibt ihnen folgende Verzahnungen:

Motorstärke PS.	Minutliche Umläufe etwa	Modul	Radbreite etwa mm	Ritzelbreite etwa mm
0,5	1400	3	30	40
1	1400	3	30	40
1,5	1400	3,5	35	45
2	1400	4	40	50
2,5	1400	4	45	55
3	1400	5	50	60
4	1400	5	50	60
6	950 oder 1400	7 oder 6	70 oder 60	80 oder 70
8	950 " 1400	7 " 6	75 " 65	85 " 75
10	950 " 1400	7 " 6	75 " 65	85 " 75
12	950 " 1400	8 " 7	80 " 70	90 " 80
15	950 " 1400	8 " 7	80 " 70	90 " 80
20	950 " 1400	9 " 8	90 " 80	100 " 90
25	950 " 1400	10 " 8	100 " 80	110 " 90
30	950 " 1400	11 " 9	110 " 90	125 " 105
35	950 " 1400	11 " 9	110 " 90	125 " 105
40	950 " 1400	12 " 10	120 " 100	135 " 115
50	950 " 1400	12 " 10	130 " 110	145 " 125

Werte von c für Stirn- und Kegelräder.
(Zähne bearbeitet.)

Werkstoff	Umfangsgeschwindigkeit v in m/sek.													
	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12-15
Gußeisen	28	27	26	23	21	19	18	17	16	14	13	12	11	10
Stahlguß	56	54	52	46	42	38	36	34	32	28	26	24	22	20
Bessemer- und geschm. S. M. Stahl	84	81	78	69	63	57	54	51	48	42	39	36	33	30
Phosphorbronze	48	46	44	39	36	32	31	29	27	24	22	20	19	17
Rotguß	36	35	34	30	27	25	23	22	21	18	17	16	14	13
Nickelstahl, naturhart	168	162	156	138	126	114	108	102	96	84	78	72	66	60
Chromnickelstahl Räder in Öl gehärtet	224	216	208	184	168	152	144	136	128	112	104	96	88	80
Deltametall	73	70	68	60	55	49	47	44	42	36	34	31	29	26
Rohhaut u. Buchenholz	17	16	16	14	13	11	11	10	10	8	8	7	7	6

Zulässiger Zahndruck P in kg auf den cm^2 für Gußeisenräder mit bearbeiteten Zähnen von der normalen Breite $b=10 \times \text{Modul}$.

v in m	Modul =													
	1	1,25	1,50	1,75	2	2,25	2,50	2,75	3	3,25	3,50	3,75	4	4,25
0,25	9	14	20	27	35	45	55	66	79	95	108	124	141	159
0,50	8	13	19	26	34	43	54	64	76	89	104	119	136	153
1	8	13	18	25	33	41	51	61	74	86	100	115	131	147
2	7	11	16	22	29	37	45	54	65	76	88	102	116	130
3	7	10	15	20	26	33	41	50	59	69	81	93	106	119
4	6	9	13	18	24	30	37	45	54	63	73	84	96	108
5	6	9	13	17	23	29	35	43	51	60	69	80	91	102
6	5	8	12	15	21	27	33	40	48	56	65	75	86	96
7	5	8	11	14	20	25	31	38	45	53	61	70	80	91
8	4	7	10	13	18	22	27	35	40	46	54	62	70	79
9	4	6	9	12	16	21	25	33	37	43	50	57	65	74
10	4	6	8	11	15	19	24	28	34	40	46	53	60	68
11	3	5	8	10	14	17	22	26	31	36	42	49	53	62
12	3	5	7	10	13	16	20	24	28	33	38	44	50	57

v in m	Modul =													
	4,50	4,75	5	5,25	5,50	5,75	6	6,5	7	7,5	8	9	10	11
0,25	178	198	220	241	266	291	317	371	431	495	563	713	880	1065
0,50	172	191	212	234	256	280	305	358	416	477	543	687	848	1026
1	165	184	204	225	247	270	294	345	400	459	523	662	817	988
2	146	163	181	199	218	239	260	305	354	406	462	585	723	874
3	134	149	165	182	199	218	238	279	323	371	422	534	660	798
4	121	135	149	164	180	197	215	252	292	336	382	483	597	722
5	114	128	141	156	171	187	204	239	277	318	362	458	565	684
6	108	120	134	147	161	176	192	226	262	300	342	433	534	646
7	102	113	126	138	151	166	181	212	246	283	321	407	502	608
8	89	99	110	121	133	145	158	186	215	247	281	356	440	521
9	83	92	102	113	123	135	147	172	200	230	261	331	408	494
10	76	85	94	104	114	125	136	159	185	212	241	305	377	456
11	70	78	86	95	104	114	124	146	169	194	221	280	346	418
12	64	71	79	87	95	104	113	133	154	177	201	254	314	380

v in m	Modul =													
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30
0,25	1267	1487	1724	1980	2252	2542	2850	3175	3520	4259	5064	5947	6896	7920
0,50	1221	1433	1663	1909	2172	2451	2748	3062	3394	4107	4887	5735	6650	7633
1	1176	1380	1601	1838	2091	2360	2647	2948	3268	3955	4706	5522	6404	7350
2	1041	1221	1416	1626	1850	2088	2341	2601	2891	3498	4163	4885	5665	6502
3	950	1115	1293	1484	1689	1907	2138	2381	2640	3194	3801	4460	5172	5937
4	860	1009	1170	1343	1528	1725	1934	2155	2388	2890	3439	4036	4680	5371
5	814	956	1108	1272	1448	1634	1832	2041	2263	2738	3258	3823	4433	5089
6	769	903	1047	1202	1367	1543	1730	1928	2137	2586	3077	3611	4187	4806
7	724	849	985	1131	1287	1453	1629	1814	2011	2434	2896	3398	3941	4523
8	633	743	862	990	1126	1271	1425	1588	1760	2129	2534	2974	3448	3958
9	588	690	800	919	1046	1180	1323	1474	1634	1977	2353	2761	3202	3675
10	543	637	739	848	965	1089	1221	1361	1508	1825	2172	2549	2956	3392
11	498	584	677	776	885	999	1120	1247	1383	1673	1991	2336	2709	3110
12	452	531	616	707	804	908	1018	1134	1257	1521	1810	2124	2463	2827

Vorstehende Tafelwerte sind zu vermehren bei Rädern aus
 Stahlguß mit 2 Nickelstahl, naturhart, mit 6
 Bessemer- u. S.M.-Stahl „ 3 Chromnickelstahl . . . „ 8
 Phosphorbronze „ 1,7 Deltametall „ 2,6
 Rotguß „ 1,3 Rohhaut u. Buchenholz „ 0,6

Für stoßweisen Betrieb hat man mit einem 35 bis 50 v. H. größeren Zahndruck zu rechnen.

Wenn $b = x \cdot \text{Modul}$, so ist der Zahndruck $P' = \frac{10}{x} \cdot P$.

Beispiel: Welcher Modul ist für ein gußeisernes Räderpaar mit gefrästen Zähnen zu wählen, wenn 8 PS zu übertragen sind und das eine Rad etwa 400 mm Durchmesser haben soll und 250 Umläufe in der Minute macht?

1. Für regelmäßigen Betrieb:

$$v = \frac{n \cdot D t \cdot \pi}{60 \cdot 100} = \frac{250 \cdot 40 \cdot 3,14}{60 \cdot 100} \cong 5\frac{1}{4} \text{ m}$$

$$P = \frac{N \cdot 75}{v} = \frac{8 \cdot 75}{5,25} = 114 \text{ kg.}$$

Bei einer Zahnbreite von $b = 10 \cdot M$ kann aus der Tafel auf Seite 254 für $P = 114 \text{ kg}$ und $v \cong 5 \text{ m}$ ohne weiteres der Modul entnommen werden $M = 4,5$.

Der Modul kann auch aus der Gleichung $M = \frac{t}{\pi}$ berechnet werden, wobei sich t aus $P = c \cdot b \cdot t$ ergibt. Für $v = 5 \text{ m}$ ist c nach der Tafel auf Seite 253 gleich 18; wird $b = 3t$ angenommen und werden diese Werte von v und b eingesetzt, so wird $114 = 18 \cdot 3 \cdot t^2$; daraus $t = 1,45$ und $M = \frac{1,45}{3,14} \cong 4,5$.

2. Für unregelmäßigen Betrieb (z. B. Stoßmaschinen):

In diesem Falle ist der Rechnung ein 35 bis 50 v. H. höherer Zahndruck zugrunde zu legen. Bei einem um 40 v. H. erhöhten Zahndrucke wird $P = 114 + \frac{40}{100} \cdot 114 = 160 \text{ kg}$ und $M = 5,25$. (Siehe Tafel auf Seite 254.)

Für $M = 4,5$ wird $Z = \frac{D}{M} = \frac{400}{4,5} = 89$. Weil 89 Primzahl ist, so eignet sich diese Zähnezahl für unregelmäßigen Betrieb, da dann nicht immer der gleiche Zahn die plötzliche Drucksteigerung auszuhalten hat. Für regelmäßigen Betrieb ist zu nehmen $Z = 90$, dann wird $D_t = Z \cdot M = 90 \cdot 4,5 = 405 \text{ mm}$.

Wäre $b = 8M$ gewählt, so würde

$$P' = \frac{10}{8} \cdot P = \frac{10}{8} \cdot 114 = 143 \text{ kg und } M = 5.$$

Wäre $b = 12M$ gewählt, so würde

$$P' = \frac{10}{12} \cdot P = \frac{10}{12} \cdot 114 = 95 \text{ kg und } M = 4.$$

Zahnabmessungen bei Modulteilung.

Modul . . .	M	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
Teilung . . .	t mm	0,785	1,571	2,356	3,142	3,927	4,712	5,498	6,283	7,069	7,854
Zahn­lücke = Zahnstärke	$l=a$ mm	0,393	0,785	1,178	1,571	1,963	2,356	2,749	3,142	3,534	3,927
Fußhöhe . .	h_1 mm	0,292	0,583	0,875	1,167	1,458	1,750	2,042	2,333	2,625	2,917
Kopfhöhe . .	h_2 mm	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
Zahn­höhe = $h_1 + h_2$	h mm	0,542	1,083	1,625	2,167	2,708	3,25	3,792	4,333	4,875	5,417
<hr/>											
Modul . . .	M	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
Teilung . . .	t mm	8,639	9,425	10,210	10,996	11,781	12,566	13,351	14,137	14,923	15,708
Zahn­lücke = Zahnstärke	$l=a$ mm	4,320	4,712	5,105	5,498	5,891	6,283	6,675	7,069	7,462	7,854
Fußhöhe . .	h_1 mm	3,208	3,5	3,791	4,083	4,375	4,666	4,958	5,25	5,541	5,833
Kopfhöhe . .	h_2 mm	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
Zahn­höhe = $h_1 + h_2$	h mm	5,958	6,5	7,041	7,583	8,125	8,666	9,208	9,75	10,291	10,833
<hr/>											
Modul . . .	M	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
Teilung . . .	t mm	17,279	18,850	20,420	21,991	23,562	25,132	26,704	28,274	29,845	31,416
Zahn­lücke = Zahnstärke	$l=a$ mm	8,639	9,425	10,210	10,996	11,781	12,566	13,352	14,137	14,923	15,708
Fußhöhe . .	h_1 mm	6,416	7	7,583	8,166	8,75	9,333	9,916	10,499	11,083	11,666
Kopfhöhe . .	h_2 mm	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
Zahn­höhe = $h_1 + h_2$	h mm	11,916	13	14,083	15,166	16,25	17,333	18,416	19,499	20,583	21,666
<hr/>											
Modul . . .	M	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teilung . . .	t mm	34,558	37,699	40,841	43,982	47,124	50,266	53,407	56,549	59,690	62,832
Zahn­lücke = Zahnstärke	$l=a$ mm	17,279	18,85	20,42	21,991	23,562	25,133	26,704	28,274	29,845	31,416
Fußhöhe . .	h_1 mm	12,833	14	15,166	16,332	17,499	18,666	19,832	21	22,165	23,332
Kopfhöhe . .	h_2 mm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zahn­höhe = $h_1 + h_2$	h mm	23,833	26	28,166	30,332	32,499	34,666	36,832	39	41,165	43,332
<hr/>											
Modul . . .	M	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Teilung . . .	t mm	65,974	69,115	72,257	75,398	78,54	81,682	84,823	87,965	91,106	94,248
Zahn­lücke = Zahnstärke	$l=a$ mm	32,987	34,557	36,128	37,699	39,27	40,841	42,412	43,982	45,553	47,124
Fußhöhe . .	h_1 mm	24,499	25,665	26,832	28	29,165	30,332	31,498	32,665	33,831	35
Kopfhöhe . .	h_2 mm	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Zahn­höhe = $h_1 + h_2$	h mm	45,499	47,665	49,832	52	54,165	56,332	58,498	60,665	62,831	65

Diametral- und Circular-pitch.

In Ländern des englischen Maßsystems werden Zahnräder nach Diametral- oder nach Circular-pitch berechnet.

Mit Diametral-pitch Dp bezeichnet man die Anzahl Zahnteilungen auf 1 Zoll Länge des Durchmessers, mit Circular-pitch dagegen die Länge einer Zahnteilung in Zoll auf dem Teilkreis gemessen.

$$\text{Diametral-pitch } Dp = \frac{3,14}{Cp} = \frac{25,4}{M};$$

$$\text{Circular-pitch } Cp = \frac{3,14}{Dp} = \frac{M}{8,09};$$

$$\text{Modul } M = \frac{25,4}{Dp} = 8,09 \cdot Cp.$$

Diametral-pitch	1	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	1 ³ / ₄	2	2 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂
Modul	25,4	20,32	16,93	14,51	12,7	11,29	10,16
Teilung	79,8	63,84	53,19	45,58	39,9	35,47	31,92
Diametral-pitch	2 ³ / ₄	3	3 ¹ / ₂	4	5	6	7
Modul	9,23	8,47	7,26	6,35	5,08	4,23	3,63
Teilung	29	26,61	22,81	19,95	15,96	13,29	11,40
Diametral-pitch	8	9	10	11	12	14	16
Modul	3,17	2,82	2,54	2,31	2,12	1,81	1,59
Teilung	9,96	8,86	7,98	7,26	6,66	5,69	5
Diametral-pitch	18	20	22	24	26	28	
Modul	1,41	1,27	1,15	1,06	0,98	0,91	
Teilung	4,43	3,99	3,61	3,33	3,08	2,86	

Circular-pitch	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16
Modul	0,505	1,01	1,51	2,02	2,52	3,03	3,53
Teilung	1,586	3,17	4,74	6,35	7,92	9,52	11,09
Circular-pitch	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8
Modul	4,04	4,54	5,05	5,56	6,06	6,57	7,08
Teilung	12,69	14,26	15,87	17,47	19,04	20,63	22,24
Circular-pitch	15/16	1	11/16	11/8	13/16	11/4	15/16
Modul	7,58	8,09	8,59	9,10	9,60	10,11	10,62
Teilung	23,81	25,42	26,99	28,59	30,16	31,76	33,36
Circular-pitch	13/8	17/16	11/2	15/8	13/4	17/8	2
Modul	11,12	11,62	12,13	13,14	14,15	15,17	16,18
Teilung	34,93	36,49	38,11	41,28	44,45	47,66	50,83

Pitch-Formeln.

(Alle Maße in engl. Zoll.)

Gesucht	Bezeichnung	Formel zur Berechnung
Diametral-pitch	D_p	$\frac{Z}{D_t}; \frac{Z+2}{D_a}; \frac{3,1416}{C_p}$
Circular-pitch (in engl. Zoll im Bogen gemessen)	C_p	$\frac{3,1416 \cdot D_t}{Z}; \frac{3,1416 \cdot D_a}{Z+2}; \frac{3,1416}{D_p}$
Außendurchmesser des Rades	D_a	$\frac{Z+2}{D_p}; \frac{(Z+2)C_p}{3,1416}; D_t + 2 \cdot h_2$
Teilkreisdurchmesser	D_t	$\frac{Z}{D_p}; \frac{Z \cdot C_p}{3,1416}$
Zähnezahl	Z	$D_a \cdot D_p - 2; D_t \cdot D_p$
Zahnlücke (im Bogen gemessen)	l	$\frac{1,570}{D_p}; \frac{C_p}{2}$
Zahnstärke (im Bogen gemessen)	a	$\frac{1,570}{D_p}; \frac{C_p}{2}$
Zahnhöhe	h	$\frac{2,167}{D_p}; 0,6897 \cdot C_p$
Zahnkopfhöhe	h_2	$\frac{D_a}{Z+2}; \frac{D_t}{Z}; \frac{1}{D_p}; 0,3183 \cdot C_p$
Zahnfußhöhe	h_1	$\frac{1,167}{D_p}; 0,3714 \cdot C_p$
Achsenabstand zweier Räder mit den Zähnezahlen Z_1 und Z_2	A	$\frac{Z_1 + Z_2}{2 \cdot D_p}; \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot C_p}{6,2832}$

Beispiel: Ein Rad hat 30 Zähne und 5" Teilkreisdurchmesser

$$D_p = \frac{30}{5} = 6''; \quad C_p = \frac{3,14}{6} = 0,523''; \quad D_a = \frac{30 + 2}{6} = 5,333''.$$

Messen der Zahnräder.

Mit Ausnahme der Kettenräder wird das Maß der Teilung (Zahnstärke und Zahnücke) auf den Teilkreis bezogen, also auf eine gekrümmte Linie.

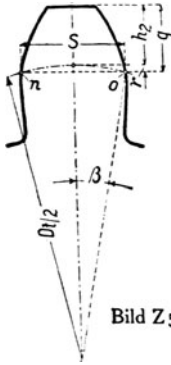


Bild Z 5.

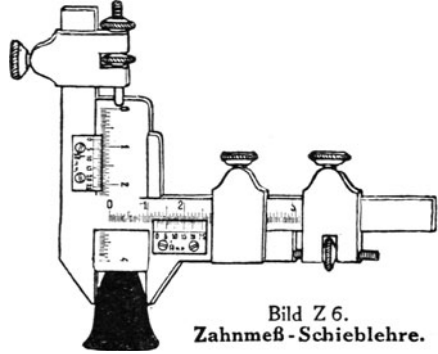


Bild Z 6.
Zahnmeß-Schieblehre.

Da die mit der Zahnmeß-Schieblehre gemessene Strecke s Sehne des Bogens $n-o$ ist, so ergibt sich beim Messen der Zähne von Rädern mit geringen Zähnezahlen eine erhebliche Abweichung von der nach dem Bogenmaß errechneten Zahnstärke.

Die Berechnung der Maße s und q , die auf der Lehre einzustellen sind, geschieht nach folgender Tafel.

Zahnkopfhöhe...	h_2	M
Bogenhöhe	r	$\frac{D_t}{2} (1 - \cos \beta); \frac{Z \cdot M}{2} (1 - \cos \beta)$
Zentrierwinkel ..	β	$\frac{90^\circ}{Z}$
Einstellmaß für die Zahnstärke..	s	$D_t \cdot \sin \beta; M \cdot Z \cdot \sin \beta = M \cdot s'$ $t \cdot \frac{Z}{\pi} \cdot \sin \beta = t \cdot s''$ (s. S. 257)
Einstellmaß für die Zahnkopfhöhe	q	$h_2 + r; M \cdot \left[\frac{Z}{2} (1 - \cos \beta) + 1 \right] = M \cdot q'$ $t \cdot \frac{1}{\pi} \left[\frac{Z}{2} (1 - \cos \beta) + 1 \right] = t \cdot q''$ (s. S. 257)

Beispiel:

Bei einem 12zähligen Rade mit Modul 15 ist die Zahnstärke auf dem Teilkreisbogen gemessen (s. S. 252 u. 256) $= \frac{t}{2} = \frac{D_t \cdot \pi}{24} = \frac{12 \cdot 15 \cdot \pi}{24} = 23,56 \text{ mm}$ $\angle \beta = \frac{90^\circ}{12} = 7^\circ 30'$. Die Länge der Sehne s ist aber $D_t \cdot \sin \beta = 180 \cdot 0,13053 = 23,49$, das ist also 0,07 mm weniger als $\frac{t}{2}$. Das Maß q ist $= h_2 + r = 15 + \frac{180}{2} (1 - 0,99144) = 15,77 \text{ mm}$.

Die Zahnmeß-Schieblehre ist demnach für dieses Zahnrad mit 23,49 mm für die Zahnstärke und mit 15,77 mm für die Höhe q einzustellen.

Eine Erleichterung der Berechnung von q und s bietet folgende Tafel.

- Beispiel:** 1. Gegeben $Z = 12; M = 15;$
 $q = q' \cdot M = 1,0513 \cdot 15 = 15,77; s = s' \cdot M = 1,5663 \cdot 15 = 23,49.$
 2. Gegeben $Z = 12; t = 47,124;$
 $q = q'' \cdot t = 0,3346 \cdot 47,124 = 15,77; s = s'' \cdot t = 0,4985 \cdot 47,124 = 23,49.$

**Tafel zur Ermittlung
der Werte q und s zum Einstellen der Zahnmeß-Schieblehre.**

$$q = q' \cdot M = q'' \cdot t; \quad s = s' \cdot M = s'' \cdot t.$$

Zähnezahl des Stirnrades	Nach Modulsystem		Nach Millimeter-Teilung	
	q'	s'	q''	s''
10	1,0615	1,5643	0,3376	0,4979
11	1,0559	1,5654	0,3360	0,4982
12	1,0513	1,5663	0,3346	0,4985
13	1,0473	1,5669	0,3333	0,4987
14	1,0440	1,5675	0,3323	0,4989
15	1,0410	1,5679	0,3313	0,4990
16	1,0385	1,5682	0,3305	0,4991
17	1,0362	1,5685	0,3298	0,4992
18	1,0342	1,5688	0,3291	0,4993
19	1,0324	1,5690	0,3286	0,4994
20	1,0308	1,5691	0,3281	0,4994
21	1,0293	1,5693	0,3276	0,4994
22	1,0280	1,5694	0,3272	0,4995
23	1,0268	1,5695	0,3268	0,4995
24	1,0256	1,5696	0,3264	0,4996
25	1,0245	1,5697	0,3260	0,4996
26	1,0237	1,5698	0,3258	0,4996
27	1,0228	1,5699	0,3255	0,4996
28	1,0220	1,5699	0,3253	0,4996
29	1,0212	1,5700	0,3250	0,4997
30	1,0206	1,5700	0,3248	0,4997
32	1,0192	1,5701	0,3244	0,4997
34	1,0183	1,5702	0,3241	0,4997
35	1,0176	1,5702	0,3239	0,4997
38	1,0162	1,5703	0,3234	0,4998
40	1,0154	1,5703	0,3232	0,4998
42	1,0146	1,5704	0,3229	0,4998
45	1,0137	1,5704	0,3226	0,4998
48	1,0128	1,5705	0,3223	0,4998
50	1,0123	1,5705	0,3222	0,4998
55	1,0112	1,5705	0,3218	0,4998
80	1,0077	1,5706	0,3209	0,4999
135	1,0045	1,5707	0,3197	0,4999
Zahnstange	1,0000	1,5708	0,3183	0,5000

II. Kegelräder.

Die Grenzfälle für das Kegelrad bilden Stirnrad und Kronrad; beim Stirnrad beträgt der ganze Kegelwinkel 0° , beim Kronrad 180° . (In der folgenden Berechnungstafel ist unter „Winkel des Zahnkegels = γ_2 “ nur der halbe Kegelwinkel zu verstehen, also der von Kegelachse und Kegelmantel eingeschlossene.) Die Herstellung sowie das Einbauen der Kegelräder erfordert große Sorgfalt, denn wenn die Räder nicht sehr genau gearbeitet und nicht so eingebaut sind, daß sich die beiden Kegelspitzen am Kreuzungspunkte der verlängert gedachten Triebachsen treffen und der von den Achsen eingeschlossene Winkel gleich der halben Summe beider Kegelwinkel ist, so erhält man schlechten Zahneingriff. Großer Kraftverlust, starkes Geräusch und rasches Verschleifen der Zähne sind die Folgen solches Baufehlers. Besondere Beachtung ist der Lagerung und den Abmessungen der mit einem Kegelrad ausgerüsteten Welle zu schenken, denn die im Betriebe eintretenden Abnutzungen und Verbiegungen wirken auf den Zahneingriff ungünstig ein.

Die beim Entwurf festgelegten Winkelgrößen und Abmessungen sind mit Rücksicht auf das oben Gesagte bei der Ausführung und beim Einbau streng einzuhalten.

Da sich bei Veränderung des Übersetzungsverhältnisses auch der Winkel der Zähne zur Radachse ändert, so ergibt sich, daß niemals von zwei zusammenarbeitenden Rädern eines Getriebes das eine gegen ein anderes mit veränderter Zähnezahl ausgewechselt werden darf, es sei denn man verstelle die Lage der beiden Achsen.

Als Baustoffe kommen für Kegelräder alle diejenigen in Betracht, die auch für Stirnräder Verwendung finden. Die größten Räder erhalten gußeiserne Kränze mit eingesetzten Stockzähnen. Im Maschinenbau kommen vielfach gußeiserne Kegelräder vor neben solchen aus Stahl. Letztere finden da Verwendung, wo große Zahnbelastungen und Stöße auftreten. Für große Geschwindigkeiten eignen sich ungehärtete Stahlräder jedoch nicht besonders gut, da sie sich rascher abnutzen als gußeiserne. Gehärtete Stahlräder finden im Kraftwagenbau ausgedehnte Anwendung. Die besten Ergebnisse wurden erzielt durch Verwendung von zwei verschiedenen Stoffen für ein zusammenarbeitendes Räderpaar: Holz auf Gußeisen, Gußeisen auf Stahl oder Stahl auf Bronze sind die gebräuchlichsten Zusammenstellungen. Das kleinere Rad wird in der Regel aus dem dauerhafteren Stoffe hergestellt. Sollen sehr rasch umlaufende Räder möglichst wenig Geräusch verursachen, so verwendet man auch für das kleinere Rad entweder Rohhaut oder Fiber; letzteres kommt nur für geringe Zahndrücke in Frage.

Die Aufzeichnung der Zahnform erfolgt annähernd genau auf dem Ergänzungskegel, theoretisch genau aber nur auf einer Kugelfläche, die C zum Mittelpunkte und $C-B$ zum Halbmesser hat.

Der Ergänzungskegel ist durch den Teilkegel gegeben, denn beide Kegel besitzen gemeinschaftliche Achse, und die Mantelflächen stehen senkrecht aufeinander.

Den Unterschnitt des Zahnfußes vermeidet man durch Vergrößern des Raddurchmessers, verfährt also genau, wie bei Stirnrädern beschrieben wurde (siehe Seite 249).

Die Anzahl der PS, der minutlichen Umläufe, die Nabeberechnung und der von den Wellen eingeschlossene Winkel sind gewöhnlich gegeben, der Nabendurchmesser ist in der Regel $= 2 \times$ Bohrung. Die Rückenlänge U bzw. u ist möglichst kurz zu wählen. Je geringer die Rückenlänge, um so weniger wird die Welle auf Biegung beansprucht, und die Zähne tragen viel gleichmäßiger. Günstige Abmessungen ergeben die Formeln der Tafel auf Seite 263.

Im übrigen erfolgt die Berechnung wie bei Stirnrädern. Die Zahnstärke ist jedoch an den verschiedenen Stellen des Zahnes verschieden und zwar verhältnismäßig dem Quadrat des senkrechten Abstandes dieser Stellen von der Radachse.

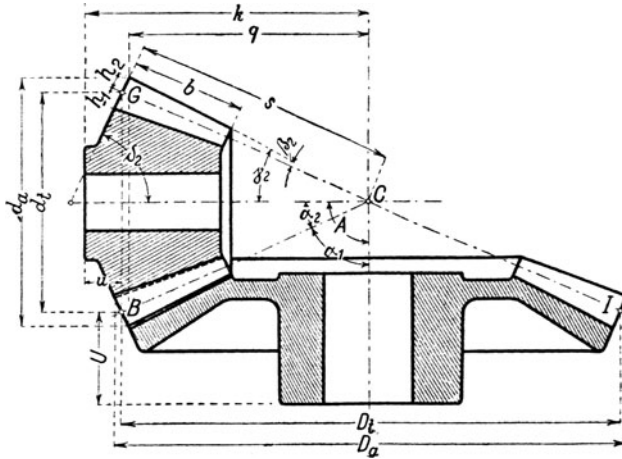


Bild Z 7.

Das zu berechnende Räderpaar entwerfe man nach Bild Z 7. Zuerst werden die Radachsen im gegebenen Winkel A festgelegt. Die Teilkreisdurchmesser D_t bzw. d_t , die sich im Punkte B schneiden, werden auf die Radachsen aufgetragen. Verbindet man den Radachsenschnittpunkt C mit den Endpunkten von D_t und d_t , so sind die Teilkegel, die auch Abwälzkegel genannt werden, aufgezeichnet. Den halben Teilkegelwinkel bezeichnet man als Teilkreiswinkel (α_1 bzw. α_2); $A = \alpha_1 + \alpha_2$. Die Schnittpunkte der Linien von Teilkegel und Teilkreis sind in Bild Z 7 mit G, B, I bezeichnet. In diesen Punkten und im Abstände b (Zahnbreite) davon werden Lotrechte zu den Teilkegellinien gezogen, wodurch die Zahnbreiten dargestellt sind. Auf der äußeren Zahnstirnseite trägt man nach oben die Zahnkopfhöhe $h_2 = \text{Modul}$, nach unten die Zahnfußhöhen $h_1 = 1,166$ Modul ab und zieht dann nach dem Achsenschnittpunkt C die Zahnkopf- und Zahnfußlinien. Die anderen Abmessungen und Formen entwirft man, wie es die vorliegenden Verhältnisse bedingen.

Berechnung der Kegelräder.

a) Achsenwinkel 90°.

Gesucht	Ausrechnung			
	Be- zeich- nung	großes Rad	Be- zeich- nung	kleines Rad
Modul	M	$\frac{t}{\pi}; \frac{D_t}{Z}$	M	$\frac{t}{\pi}; \frac{d_t}{z}$
Teilung	t	$M \cdot \pi; \frac{D_t \cdot \pi}{Z}$	t	$M \cdot \pi; \frac{d_t \cdot \pi}{z}$
Teilkreisdurchmesser	D_t	$Z \cdot M; \frac{t \cdot Z}{\pi}$	d_t	$z \cdot M; \frac{t \cdot z}{\pi}$
Außendurchmesser .	D_a	$D_t + 2 \cdot M \cdot \cos \alpha_1$	d_a	$d_t + 2 \cdot M \cdot \cos \alpha_2$
Zähnezahl	Z	$\frac{D_t}{M}; \frac{D_t \cdot \pi}{t}$	z	$\frac{d_t}{M}; \frac{d_t \cdot \pi}{t}$
Achsenwinkel	A	$90^\circ = \alpha_1 + \alpha_2$		
Teilkreiswinkel	α_1	$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{D_t}{d_t} = \frac{Z}{z}$	α_2	$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_t}{D_t} = \frac{z}{Z}$
Zahnkopfwinkel	β_1	$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\gamma_1 - \alpha_1}{2 \cdot \sin \alpha_1}$	β_2	$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{\gamma_2 - \alpha_2}{2 \cdot \sin \alpha_2}$
Winkel des Zahnkegels	γ_1	$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{\alpha_1 + \beta_1}{Z + 2 \cdot \cos \alpha_1} = \frac{z + 2 \cdot \sin \alpha_1}{z - 2 \cdot \sin \alpha_1}$	γ_2	$\operatorname{tg} \gamma_2 = \frac{\alpha_2 + \beta_2}{z + 2 \cdot \cos \alpha_2} = \frac{Z - 2 \cdot \sin \alpha_2}{Z + 2 \cdot \sin \alpha_2}$
Winkel des Ergänzungskegels	δ_1	$\operatorname{ctg} \delta_1 = \frac{D_t}{d_t} = \frac{Z}{z}$	δ_2	$\operatorname{ctg} \delta_2 = \frac{d_t}{D_t} = \frac{z}{Z}$
Kegellänge	s	$\frac{D_a}{2 \cdot \sin \gamma_1} = \frac{d_a}{2 \cdot \sin \gamma_2}$		
Kegelhöhe	Q	$\frac{1}{2} \cdot D_a \cdot \operatorname{ctg} \gamma_1$	q	$\frac{1}{2} \cdot d_a \cdot \operatorname{ctg} \gamma_2$
Abstand der hinteren Nabenseite von der Kegelspitze	K	$Q + \frac{D_a}{2} \cdot \operatorname{ctg} \delta_1; \frac{D_a}{2} (\operatorname{ctg} \gamma_1 + \operatorname{ctg} \delta_1)$	k	$q + \frac{d_a}{2} \cdot \operatorname{ctg} \delta_2; \frac{d_a}{2} (\operatorname{ctg} \gamma_2 + \operatorname{ctg} \delta_2)$
Rückenlänge	U	$\frac{5 \cdot Z \cdot r}{4z}$	u	$\frac{d_t}{15} + 6$

Die Abmessungen der Zähne, ferner PS, n usw. sind nach den Angaben der Tafel auf Seite 252 zu berechnen.

Berechnung der Kegelräder.

b) Achsenwinkel $\geq 90^\circ$.

Für Kegelräder, deren Achsen nicht unter 90° zueinander liegen (vgl. Bild Z 8—Z 11), gilt

$$\operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{z}{Z \cdot \sin A} + \operatorname{ctg} A; \quad \operatorname{ctg} \alpha_2 = \frac{Z}{z \cdot \sin A} + \operatorname{ctg} A.$$

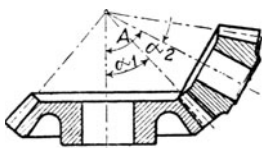


Bild Z 8.

Spitzer Achsenwinkel.

$\sphericalangle A$ kleiner als 90° .

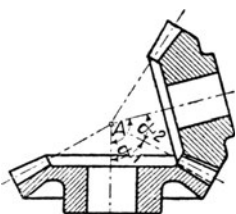


Bild Z 9.

Stumpfer Achsenwinkel.

$\sphericalangle A$ größer als 90° ; Achsenschnittpunkt über der Teilkeisebene des großen Rades.

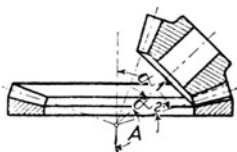


Bild Z 10.

Innenkegelradtrieb.

$\sphericalangle A$ größer als 90° ; Achsenschnittpunkt unter der Teilkeisebene des großen Rades. (Diese Räderart ist wenn irgend möglich zu vermeiden, da schwierig auszuführen.)

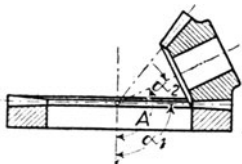


Bild Z 11.

Kronradtrieb.

A größer als 90° ; Achsenschnittpunkt auf der Teilkeisebene des großen Rades.

Es ist hier $\alpha_1 = 90^\circ$; $\alpha_2 = A - 90^\circ$.

Zahnradfräser für Kegelräder.

Kegelräder erhalten nur auf besonderen Kegelrad-, Hobel- oder Fräsmaschinen genaue Verzahnung. Für viele Zwecke ist aber hohe Genauigkeit der Zahnform nicht erforderlich, so daß Kegelräder auch auf Universal-Fräsmaschinen mit scheibenförmigen Zahnradfräsern bearbeitet werden können. Vorausgesetzt ist dabei jedoch, daß die Zähnezahln der Räder nicht unter 25 liegt und die Zahnlänge nicht größer als ein Drittel der Kegelseite ist.

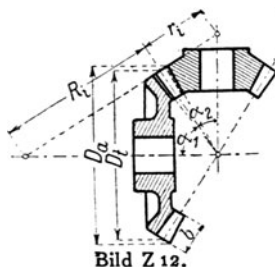


Bild Z 12.

Die Fräserform entspricht der Zahnkurve an der Außenseite. Da sich die Teilung der Kegelräder nach der Mitte des Rades verjüngt, darf die Fräserform nicht breiter als die Zahnücke an der Innenseite des Kegelrades sein. Bei kleiner Teilung und weichem Material genügt zweimaliges Durchfräsen, so daß erst die eine, dann die andere Flanke fertiggestellt wird. Bei größeren Teilungen wird zweckmäßig erst die Lücke, dann jede Flanke gefräst. Die Lückenform an der Innenseite wird um so fehlerhafter, je größer die Zahnlänge ist, so daß unter Umständen ein geringes mit der Feile nachgeholfen werden muß. Die Fräserform für eine bestimmte Teilung wird nicht nach der Zähnezahln des zu verzahnenden Kegelrades gefunden, sondern nach der Zähnezahln Z_i eines Stirnrades, das die Seiten R_i des Ergänzungskegels als Halbmesser hat.

Die Zähnezahln zur Ermittlung der Fräserform für Kegelräder, deren Achsen einen rechten Winkel bilden, wird wie folgt bestimmt.

Gesucht	Berechnung			
	Bezeichnung	großes Rad	Bezeichnung	kleines Rad
Modul der äußeren Zahnteilung ...	M	$\frac{D_t}{Z}$		$\frac{d_t}{z}$
Modul der inneren Zahnteilung ...	m	$\frac{D_t - b \cdot \sin \alpha_1}{Z}$		$\frac{d_t - b \cdot \sin \alpha_2}{z}$
Teilkreiswinkel ..	α_1	$\frac{D_t}{d_t}; \frac{Z}{z}$	α_2	$\frac{d_t}{D_t}; \frac{z}{Z}$
Ideeller Halbmesser	R_i	$\frac{D_t}{2 \cdot \cos \alpha_1}; \frac{M \cdot Z}{2 \cdot \cos \alpha_1}$	r_i	$\frac{d_t}{2 \cdot \cos \alpha_2}; \frac{M \cdot z}{2 \cdot \cos \alpha_2}$
Ideelle Zähnezahln	Z_i	$\frac{2 R_i}{M}; \frac{Z}{\cos \alpha_1}$	z_i	$\frac{2 r_i}{M}; \frac{z}{\cos \alpha_2}$
Zahnbreite .. mm	b	höchstens $\frac{M \cdot Z}{6 \cdot \sin \alpha} = \frac{1}{3}$ Kegelseite		
Zahnücke der inneren Teilung mm	l	höchstens $\frac{m \cdot \pi}{2} = \frac{(M \cdot Z - 2 \cdot \sin \alpha \cdot b) \cdot \pi}{2 z}$		

Der Wert l gibt die größte zulässige Breite des Fräasers in der Teilkreislinie an. Z und z sind die Zähnezahln, D_t und d_t die Teilkreisdurchm. des großen bzw. kleinen Kegelrades.

Beispiel:

Welche Flankenform und welche Breite in der Teilkreislinie erhalten die Zahnradfräser zur Verzahnung von 2, einem Kegelradgetriebe angehörigen Kegelrädern, die eine Zähnezahzahl von 60 resp. 40 Zähne und eine Zahnbreite von 50 mm haben?

Die Achsen der Räder bilden 90° , der Modul M ist gleich 6.

$$\operatorname{tg} a_1 = \frac{Z}{z} = \frac{60}{40} = 1,5;$$

$$a_1 = 56^\circ 20' \quad a_2 = 33^\circ 40';$$

$$\cos a_1 = 0,554; \quad \cos a_2 = 0,832;$$

$$Z_i = \frac{60}{0,554} = \sim 108 \text{ Zähne}; \quad z_i = \frac{40}{0,832} = \sim 48 \text{ Zähne.}$$

Prüfung der zulässigen Breite der Zähne: $b = \frac{40}{0,554} \cong 72 \text{ mm}$

oder $b = \frac{60}{0,832} = \sim 72 \text{ mm}$, wogegen die zu verzahnenden Räder eine noch günstigere Breite von nur 50 mm haben.

Zum Fräsen des großen Rades käme demnach ein Zahnradfräser in Betracht, dessen Flankenform gleich dem Fräser des Satzes Nr. 7 für 55—134 Zähne Modul 5 ist: zum Fräsen des kleinen Rades gleich dem des Satzes Nr. 6 für 35—54 Zähne Modul 6.

Die Breite dieser Fräser in der Teilkreislinie darf nicht größer sein als

$$l = \frac{(6 \cdot 60 - 2 \cdot 0,832 \cdot 50) \cdot 3,14}{2 \cdot 60} = \sim 7,25 \text{ mm.}$$

III. Schraubenräder.

Als Schraubenräder werden alle Zahnräder bezeichnet, deren Zähne in Schraubenlinie auf dem zylindrischen Radkörper verlaufen. Man kann sich ein Schraubenrad entstanden denken durch Vereinigung

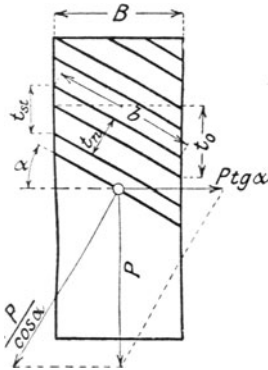


Bild Z 13.

von unendlich dünnen, fächerartig gegeneinander verschobenen Stirnrädern, wodurch rascheste Zahnfolge gegeben ist. Die Schraubenräder haben infolgedessen selbst bei großer Teilung ruhigen, stoßfreien Gang und hohen Wirkungsgrad. Bei gekreuzten Achsen geht man mit der Übersetzung nicht höher als 1:5. Die vorhandenen Werkzeuge müssen der Normalteilung t_n (d. h. der Teilung senkrecht zur Schraubenlinie) und nicht der Stirnteilung t_{st} (gemessen an der Stirnseite des Rades) entsprechen (Bild Z 13). Zu beachten ist ferner die Drehrichtung, da diese bei Schraubenrädern, deren Achsen einen Winkel bilden, von der Richtung der Schraubenlinie abhängig ist. Die Achsen eines Räderpaares können parallel oder gekreuzt sein.

Schraubenräder mit parallelen Achsen führen sich dank der billigen Herstellung durch Abwälzfräser immer mehr ein. Da sie geräuschloser laufen als gewöhnliche Stirnräder, so sind sie für hohe Geschwindigkeiten gut geeignet. Um den von der Zahnschräge herrührenden axialen Druck niedrig zu halten, wird der Zahnwinkel α nicht über 20° genommen. Er soll jedoch wenigstens so groß sein, daß der Zahn in der Radbreite um mindestens eine Teilung steigt; wenn die Radbreite dreimal Normalteilung genommen wird, so ist

$$\frac{t_n}{b} = \frac{t_n}{3 t_n} = \sin \alpha = 0,3333; \alpha = 19^\circ 28'.$$

Beide Räder haben gleichen Zahnwinkel und gleiche Normalteilung. Das eine Rad erhält Rechts-, das andere Linkspirale bei gleichem Steigungswinkel. Die Durchmesser entsprechen dem Übersetzungsverhältnis.

Schraubenräder mit gekreuzten Achsen:

- a) Bei Rädern mit gleichen Durchmessern wird das Übersetzungsverhältnis durch die verschieden großen Zahnwinkel (α_1 und α_2) erzielt. Ist der Kreuzungswinkel der Achsen gleich β , so muß sein $\alpha_1 + \alpha_2 = \beta$.

Das treibende Rad erhält hierbei den größeren Zahnwinkel.

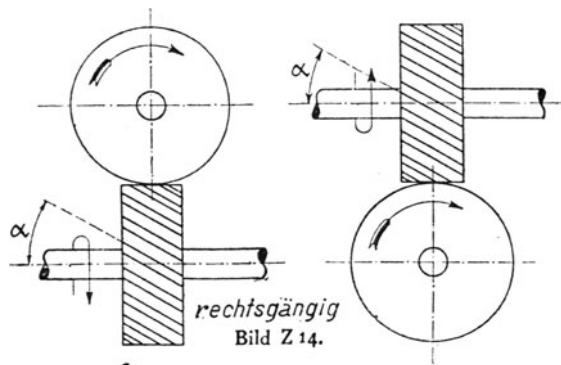


Bild Z 14.

Gangrichtung und Normalteilung beider Räder sind gleich. Zeigen die Drehpfeile zweier zusammenarbeitender Räder nach gleicher Richtung, so haben die Räder Rechtsspirale, zeigen sie nach entgegengesetzter Richtung, Linksspirale (Bild Z 14 und Z 15).

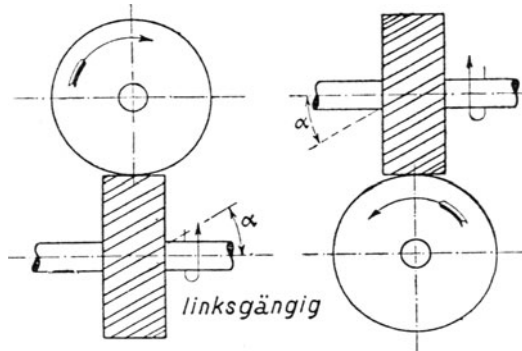


Bild Z 15.

- b) Bei Rädern mit gleichem Zahnwinkel ($\alpha_1 = \alpha_2$) entspricht das Übersetzungsverhältnis den Durchmessern. Gangrichtung, Normalteilung und Stirnteilung sind gleich. Wenn abwechselnd bald das eine, bald das andere Rad treibend sein soll, so bekommen beide einen Zahnwinkel von 45° .
- c) Häufigster Fall: Der Kreuzungswinkel der Achsen ist 90° . In diesem Falle ist $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$.

Wenn beide Räder gleichen Durchmesser erhalten und n_1 bzw. n_2 Umdrehungen machen sollen, so gilt:

$$\operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{n_1}{n_2}; \quad \alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1.$$

Für die gebräuchlichsten Übersetzungsverhältnisse ergeben sich demnach folgende Zahnwinkel:

Übersetzung $n_1 : n_2$	Zahnwinkel	
	des treibenden Rades α_1	des getriebenen Rades α_2
I : I	45°	45°
I : I $\frac{1}{2}$	$56^\circ 19'$	$33^\circ 41'$
I : 2	$63^\circ 26'$	$26^\circ 34'$
I : 2 $\frac{1}{2}$	$68^\circ 12'$	$21^\circ 48'$
I : 3	$71^\circ 34'$	$18^\circ 26'$
I : 3 $\frac{1}{2}$	$74^\circ 3'$	$15^\circ 57'$
I : 4	$75^\circ 58'$	$14^\circ 2'$
I : 4 $\frac{1}{2}$	$77^\circ 36'$	$12^\circ 24'$
I : 5	$78^\circ 41'$	$11^\circ 19'$

Die Berechnung der Schraubenräder, deren Achsen sich kreuzen, muß von Fall zu Fall sorgfältig geprüft werden. Der zulässige Zahndruck verändert sich mit dem Achsenwinkel, dem Raddurchmesser, der Zahnsteigung, der Anzahl der übertragbaren PS, dem Übersetzungsverhältnisse, dem verwendeten Material und der Schmierung. Je nach dem Zahnsteigungs- und Achsenwinkel nähert sich die Berechnung mehr der für Stirnräder gebräuchlichen oder der Schneckengetriebeberechnung. Die Umfangskraft P zerlegt sich nämlich in einen Normaldruck senkrecht zur Zahnrichtung gleich $\frac{P}{\cos \alpha}$ und einen Axialdruck $P \cdot \tan \alpha$ (Bild Z 13). Für kleine

Winkel ist der Cosinus nahezu 1, so daß statt des Wertes $\frac{P}{\cos \alpha}$ der Rechnung einfach der Wert P wie bei Stirnrädern zugrunde gelegt werden kann.

Der Koeffizient der zulässigen Materialbeanspruchung c ist für Schraubenräder mit parallelen Achsen gleich dem für Stirnräder angegebenen (Seite 253). Für gekreuzte Achsen ist die Gleitgeschwindigkeit v_g in Rechnung zu stellen.

$$v_g = \frac{v}{\sin \alpha}.$$

Für Schraubenräder mit sich kreuzenden Achsen nehme man, wenn:

$$\frac{v_g}{c} = \frac{1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8}{22 \ 17 \ 14 \ 12 \ 10 \ 9 \ 8 \ 7} \text{ m in der Sekunde,}$$

Diese Werte gelten nur dann, wenn Treibrad aus Stahl und getriebenes Rad aus Bronze. Wenn beide Räder aus Gußeisen sind, dann ist c nur $\frac{9}{10}$ so groß zu nehmen.

Die Schraubenräder eignen sich nur für große Kraftübertragung, wenn die Radachsen parallel verlaufen. Bei Schraubenrädern mit sich kreuzenden Achsen wird für das treibende Rad meistens Stahl oder Stahlguß verwendet, für das getriebene hingegen Phosphor- oder Sonderbronze. Schraubenräder mit sich kreuzenden Achsen bedürfen, wie die Schneckengetriebe, einer guten Schmierung, nicht nur zeitweise, sondern beständig, weshalb die Anordnung eines Ölbadesehr zu empfehlen ist.

Die Zähne der Schraubenräder besitzen größere Festigkeit als die geraden Stirnzähne der gleichen Radbreite und Normalteilung, denn sie berechnen sich aus der Größe der Normalteilung, vermehrt mit dem Werte Radbreite geteilt durch Cosinus der Zahnsteigung. Dieses gegenüber Stirnrädern mit gerader Verzahnung erhöhte Widerstandsmoment tritt aber nur bei Schrauben- oder Pfeilrädern ein, wenn jeweils mindestens ein Zahn der ganzen Länge nach in Eingriff steht, was aber bei sich kreuzenden Achsen nicht der Fall ist, denn diese Räder berühren sich nur an kleinen Flächenteilen.

Berechnung der Schraubenträder.

Gesucht	Bezeichnung	Berechnung
Modul der Normalteilung	M_n	$\frac{t_n}{\pi}; M_{st} \cdot \cos \alpha$
Modul der Stirnteilung	M_{st}	$\frac{t_{st}}{\pi}; \frac{M_n}{\cos \alpha}$
Normalteilung mm	t_n	$t_{st} \cdot \cos \alpha; M_n \cdot \pi$
Stirnteilung mm	t_{st}	$\frac{t_n}{\cos \alpha}; \frac{M_n \cdot \pi}{\cos \alpha}; \frac{D_t \cdot \pi}{Z}$
Außendurchmesser mm	D_a	$D_t + 2 M_n$
Teilkreisdurchmesser mm	D_t	$Z \cdot M_{st}; \frac{Z \cdot M_n}{\cos \alpha}; \frac{Z \cdot t_n}{\pi \cdot \cos \alpha}$
Sprung mm	t_o	$B \cdot \operatorname{tg} \alpha$
Steigung der Zahnspirale . mm	S_p	$D_t \cdot \pi \cdot \operatorname{ctg} \alpha$
Zahnwinkel	des treibenden Rades	α_1
	des getriebenen Rades	α_2
Achsenwinkel	β	$\alpha_1 + \alpha_2$
Zähnezahl	z	$\frac{D_t}{M_{st}}; \frac{D_t \cdot \pi}{t_{st}}; \frac{D_t \cdot \cos \alpha}{M_n}$
Zahnbreite mm	b	$\frac{B}{\cos \alpha}$
Zahnhöhe mm	h	$2,1666 \cdot M_n$
Fußhöhe mm	h_1	$1,1666 \cdot M_n$
Kopfhöhe mm	h_2	$M_n; \frac{t_n}{\pi}$
Radbreite mm	B	$b \cdot \cos \alpha; \text{etwa } 10 \cdot \text{Möder } 3 \cdot t$
Minutliche Umlaufzahl	n	
Umfangsgeschwindigkeit m/sek.	v	$\frac{n \cdot D \cdot \pi}{6000}$ (D in cm)
Gleitgeschwindigkeit m/sek.	v_g	$\frac{n \cdot D \cdot \pi}{6000 \cdot \sin \alpha}; \frac{v}{\sin \alpha}$
Anzahl der PS	N	
Zahndruck kg	P	etwa $\frac{N \cdot 75}{v}; \frac{N \cdot 143200}{n \cdot D}; c \cdot b \cdot t_n$
Koeffizient der Materialbeanspruchung . . .	c	siehe Seite 253 u. 269

Beispiel für die Berechnung von Schraubenrädern.

a) Achsen parallel.

Übertragungskraft	= 8 PS.
Übersetzung	= 1 : 3
Minutliche Umlaufzahl des treibenden Rades (kleines Rad)	= 150
Durchmesser des Treibrades	= etwa 200 mm

Es ist daher:

$$v = \frac{150 \cdot 20 \cdot \pi}{6000} = 1,57 \text{ m in der Sekunde;}$$

$$P = \frac{8 \cdot 75}{1,57} = 382 \text{ kg.}$$

Nach Tafel auf Seite 253 ist $c = 24$; $B = 3 t_n$.

Diese Werte werden eingesetzt in $P = B \cdot c \cdot t_n$; $382 = 3 t_n \cdot 24 \cdot t_n$; $t_n^2 = \frac{382}{72}$; $t_n = 2,3 \text{ cm}$; $M_n = \frac{t_n}{\pi} = \frac{23}{3,14} = 7,32$, wofür besser Modul 8 gesetzt wird. t_n wird dann $8 \cdot \pi$; $t_n = 25,133$.

Der Steigungswinkel muß mindestens so groß sein, daß der Zahn in der Radbreite um wenigstens eine Teilung steigt. Bei Annahme von $B = 3 t_n$ wird in diesem Falle

$$\frac{t_n}{B} = \frac{t_n}{3 t_n} = \frac{1}{3} = 0,3333 = \sin \alpha; \alpha = 19^\circ 28';$$

$$t_{st} = \frac{t_n}{\cos \alpha} = \frac{25,133}{0,94284} = 26,56 \text{ mm;}$$

$$B = 3 \cdot t_n = 3 \cdot 25,133 \cong 80 \text{ mm;}$$

$$b = \frac{B}{\cos \alpha} = \frac{80}{0,94284} \cong 85 \text{ mm.}$$

$$\text{Zähnezahl des Treibrades } Z = \frac{D_t \cdot \pi}{t_{st}} = \frac{200 \cdot 3,14}{26,56} \cong 24.$$

Genauer Durchmesser des Treibrades

$$D_t = \frac{Z \cdot t_{st}}{\pi} = \frac{24 \cdot 26,56}{3,14} = 203 \text{ mm.}$$

Das große Rad erhält $3 \cdot 24 = 72$ Zähne und einen Teilkreisdurchmesser von $203 \cdot 3 = 609 \text{ mm}$.

b) Berechnung eines Schraubenradpaares mit sich kreuzenden Achsen.

Übertragungskraft	= 3 PS
Übersetzungsverhältnis	= 2 : 1
Durchmesser des kleinen Rades	= 20 cm
Minutliche Umlaufzahl des kleinen Rades	= 350
Kreuzungswinkel β	= 90°

Das Getriebe soll rechts und links laufen, es muß also sein

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ;$$

$$v = \frac{n \cdot D \cdot \pi}{6000} = \frac{350 \cdot 20 \cdot 3,14}{6000} = 3,66 \text{ m/sek};$$

$$P = \frac{N \cdot 75}{v} = \frac{3 \cdot 75}{3,66} = 61,5 \text{ kg};$$

$$vg = \frac{v}{\sin \alpha} = \frac{3,66}{0,70711} = 5,15 \text{ m/sek.}$$

Die Werte $c = 10$ (s. Tafel auf S. 269) und $B = 3 t_n$ eingesetzt in die Gleichung $P = B \cdot c \cdot t_n$ ergeben $61,5 = 3 t_n \cdot 10 \cdot t_n = 30 \cdot t_n^2$;

$$t_n = \sqrt{\frac{61,5}{30}} = 1,43 \text{ cm};$$

$$M_n = \frac{t_n}{\pi} = \frac{1,43}{3,14} = 4,55 \approx 5; \text{ daraus } t_n = M_n \cdot \pi = 5 \cdot \pi = 15,708 \text{ mm};$$

$$t_{st} = \frac{t_n}{\cos \alpha} = \frac{15,708}{0,70711} = 22,21 \text{ mm};$$

$$Z = \frac{D_t \cdot \pi}{t_{st}} = \frac{200 \cdot 3,14}{22,21} \approx 28;$$

$$D_t = \frac{Z \cdot t_{st}}{\pi} = \frac{28 \cdot 22,21}{3,14} = 197,50 \text{ mm};$$

$$D_a = D_t + 2 M_n = 197,50 + 2 \cdot 5 = 207,50 \text{ mm};$$

$$B = 3 \cdot t_n = 3 \cdot 15,7 = 47,1 \approx 48 \text{ mm};$$

$$b = \frac{B}{\cos \alpha} = \frac{48}{0,70711} = 68 \text{ mm.}$$

Normalteilung ($t_n = 15,7$), Modul ($M = 5$), Zahnwinkel ($\alpha = 45^\circ$), Zahnbreite ($b = 68 \text{ mm}$) sind beiden Rädern gemeinsam. Verschieden sind Zähnezahzahl und Durchmesser:

kleines Rad $Z = 28$; $D_t = 197,50 \text{ mm}$;

großes Rad $Z = 2 \cdot 28 = 56$; $D_t = 395 \text{ mm}$.

Würde verlangt, daß beide Räder gleich groß sein sollen, so würden sich die Zahnwinkel ändern. Nach Tafel auf Seite 268 wäre der Zahnwinkel des einen Rades $26^\circ 34'$, der des anderen $63^\circ 26'$. Es könnte dann nur noch das eine Rad als Triebbad wirken.

Verwendung von normalen, hinterdrehten, scheibenförmigen Zahnradfräsern zum Fräsen von Schraubenträdern.

Die Verzahnung von Schraubenträdern erfolgt am vorteilhaftesten mit schneckenförmigen Zahnradfräsern auf Abwälz-Räderfräsmaschinen; sie läßt sich jedoch auch mit scheibenförmigen Zahnradfräsern auf Universal-Fräsmaschinen vornehmen. Vorausgesetzt ist jedoch dabei, daß die Normalteilung t_n der zu verzahnenden Schraubenträder, d. i. die Teilung senkrecht zur Schraubenträhne der Räder (siehe Bild Z 13), einer Modulteilung bzw. Teilung nach Diametral pitch entspricht.

Die Auswahl des Fräfers wird nun nicht nach der Zähnezah Z des zu verzahnenden Schraubentrades vorgenommen, sondern nach der sog. ideellen Zähnezah Z_i , die einem ideellen Rade entspricht, dessen Durchmesser D_i in folgender Weise gefunden wird:

Man denke sich durch einen Zylinder, dessen Durchmesser gleich groß ist wie der Durchmesser D_t des Teilkreises des betreffenden Schraubentrades, senkrecht zur Zahnschräge einen Schnitt gelegt. Dieser Schnitt stellt dann eine Ellipse dar, deren kleine Achse b gleich dem halben Teilkreisdurchmesser D_t und deren große Achse a gleich $\frac{D_t}{2 \cdot \cos \alpha}$ ist. Der Teilkreishalbmesser $\frac{D_i}{2}$ des ideellen Stirnrades ist gleich dem Krümmungshalbmesser, den diese Ellipse in der Richtung ihrer kleinen Achse aufweist.

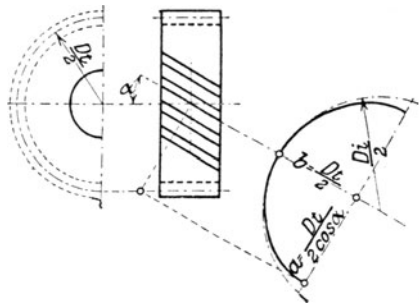


Bild Z 16.

Es ist nun bekanntlich der den Bogen über der kleinen Achse einer Ellipse beschreibende Krümmungshalbmesser gleich dem Quadrat der großen Achse geteilt durch die kleine halbe Achse, oder in Formeln ausgedrückt:

$$\frac{D_i}{2} = \frac{a^2}{b}; \text{ da } a = \frac{D_t}{2 \cdot \cos \alpha} \text{ und } b = \frac{D_t}{2},$$

$$\text{so ist } \frac{D_i}{2} = \frac{\left(\frac{D_t}{2 \cos \alpha}\right)^2}{\frac{D_t}{2}} = \frac{D_t}{2 \cdot \cos^2 \alpha}.$$

Ist M_n der Modul der Normalteilung, so berechnet sich die ideelle Zähnezah $Z_i = \frac{D_t}{M_n} = \frac{D_t}{\cos^2 \alpha \cdot M_n}$.

Nach Tafel auf Seite 270 ist $D_t = \frac{Z \cdot M_n}{\cos \alpha}$. Durch Einsetzen dieses Wertes ergibt sich $Z_i = \frac{Z \cdot M_n}{\cos \alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot M_n}$.

Demnach: $Z_i = \frac{Z}{\cos^3 \alpha}$.

Für die Berechnung der ideellen Zähnezah zur Bestimmung des Zahnradfräasers nach Diametral pitch gilt dieselbe Formel.

Beispiel:

Zu verzahnen ist ein Schraubenrad von 20 Zähnen, der Modul der Normalteilung sei 4, der Steigungswinkel $\alpha = 30^\circ$ Grad. Welcher Modulfräser kommt beim Fräsen des Rades in Betracht?

$$Z_i = \frac{Z}{\cos^3 \alpha} = \frac{20}{0,866^3} = \approx 31 \text{ Zähne;}$$

zu wählen ist also ein Fräser des achteiligen Satzes Nr. 5 für 26 bis 34 Zähne, Modul 4.

IV. Pfeilräder.

Der bei den einfachen Schraubenrädern auftretende Axialdruck, der diese Art von Rädern hauptsächlich nur für leichtere Triebe geeignet erscheinen läßt, wird aufgehoben, indem man 2 derartige Räder mit gleich großer, aber entgegengesetzter Zahn-schräge zu einem einzigen Rade vereinigt. Wegen der dadurch entstehenden Zahnform werden solche Räder als Pfeil- oder Winkelräder bezeichnet.

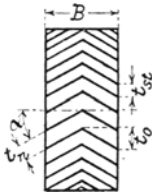


Bild Z 17.

Die Spitze des Winkelzahnes soll nach der Drehrichtung zeigen. Wegen der großen Widerstandskraft sind Pfeilräder für schweren, stoßenden Trieb besonders geeignet.

Die Pfeilräder werden wie Schraubenräder mit parallelen Achsen berechnet. Die Zahnform im Normal-schnitt ist die Evolvente, deren erzeugende Gerade unter einem Winkel von 15° bis 18° bei großen Rädern, von 18° bis 25° bei kleineren Rädern zur Tangente an den Teilkreis geneigt ist. Die Zahnstärke an der Stirnseite im Teilkreis gemessen ist gleich $0,46 t_{st}$. Der Sprung t_0 schwankt je nach der Zähnezah zwischen $0,5$ und $1,4 t_{st}$; es müssen mindestens bei 2 Zähne des einen Rades mit denen des andern kämmen. Der Winkel der Zahn-schräge ist 35° bis 25° (gewöhnlich 35°). Die Radbreite B ist das drei- bis vierfache der Stirnteilung.

V. Schneckengetriebe.

Die Schneckengetriebe dienen vorwiegend nur für große Übersetzungsverhältnisse.

Für die Bestimmung der Zähnezahls des Schneckenrades ist neben dem Übersetzungsverhältnis noch die Zahl der im Eingriff stehenden Zähne, die mehr als 2 sein soll, maßgebend. Durch Erhöhung der Gangzahl an der Schnecke wird der Wirkungsgrad, und durch Vermehrung der Zähnezahls am Schneckenrad die Wärmeabfuhr günstig beeinflusst. Mangelhafte Schmierung vergrößert den Verschleiß und vermindert den Wirkungsgrad.

Ein besonderer Umstand ist bei der Herstellung und dem Einbau von Schneckengetrieben ins Auge zu fassen, nämlich, daß der Achsenabstand unter allen Umständen genau einzuhalten ist. (Siehe C. von Bach: Maschinenelemente 1908; Ernst: Über die Eingriffsverhältnisse der Schneckengetriebe; Verlag von Julius Springer, Berlin. Striebeck: Z. d. V. d. I. 1897, worin das Verstellen der Schnecke in radialer Richtung als eine durchaus falsche Maßnahme klargelegt wird.) Ebenso ist auf genaue Einhaltung der Radmittelebenen zu achten. Schnecke und schneckenförmige Radfräser müssen genau gleiche Radform und genau gleich großen Teilkreisdurchmesser besitzen.

Am vorteilhaftesten fährt man, wenn für den Entwurf eines Schneckengetriebes von dem schneckenförmigen Radfräser ausgegangen wird, um nicht einen neuen Fräser anschaffen zu müssen. Für genaue Getriebe ist hierbei die durch Nachschärfen hervorgerufene Teilkreisverminderung in Betracht zu ziehen. Es sei hier in kurzen Worten versucht, klarzulegen, warum der Achsenabstand nicht verändert werden darf. Der Steigungswinkel eines Schraubenganges einer Schnecke ist naturgemäß auf dem Kern viel größer als am Umfange. Eine Schnecke mit einfachem Gange und 31,416 mm Steigung hat bei einem Außendurchmesser von 90 mm und einem Kerndurchmesser von 52 mm einen äußeren Steigungswinkel von etwa $60^{\circ} 20'$ und einen inneren von $90^{\circ} 54'$; der mittlere Steigungswinkel α beträgt etwa $70^{\circ} 30'$. Entsprechend sind auch die Steigungswinkel an den Zähnen des Schneckenrades. Am Zahnfuß ist ein Steigungswinkel von $60^{\circ} 20'$ und im Teilkreis ein solcher von $70^{\circ} 30'$, während oben am Zahnkopf ein Winkel von $90^{\circ} 54'$ zu finden ist. Bei einer Schnecke gleichen Durchmessers aber mit 4 fachem Gange und Steigung von 127 mm ist der äußere Steigungswinkel $24^{\circ} 13'$, der mittlere $29^{\circ} 41'$ und der innere $37^{\circ} 55'$. Der Unterschied der Steigungswinkel beträgt nahezu 14° .

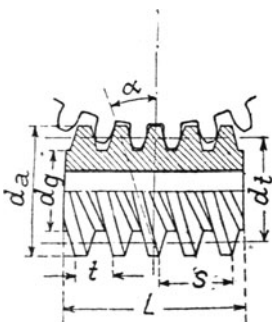


Bild Z 18.

Bild Z 20 stellt einen Schnitt dar, der senkrecht durch die Radachse zur Schneckenachse gedacht ist. Die Linie $g-h$ ist die gemeinsame Teilkreislinie. Der Achsenabstand werde nun um den Betrag x verkleinert, so daß $g-h$ nach $e-f$ verlegt wird. In Bild Z 19 ist der $g-h$ entsprechende Steigungswinkel mit α und derjenige für $e-f$ mit β bezeichnet. Man

ersieht ohne weiteres, daß die Schnecke und das Rad nicht mehr eine gemeinsame Berührungsfläche haben, sondern nur noch 2 Berührungspunkte (eg und hf). Diese beiden Punkte haben nun den ganzen Druck, für den die ursprünglich vorhanden gewesene Berührungsfläche berechnet wurde, aufzunehmen, und durch diese, nun auf 2 Punkte verlegte Belastung wird ein außerordentlich hoher Verschleiß hervorgerufen.

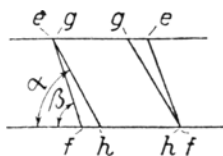


Bild Z 19.

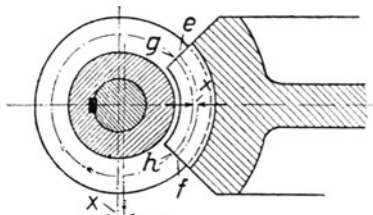


Bild Z 20.

Aber nicht nur die Veränderung des Achsenabstandes verschlechtert den Eingriff, sondern auch derjenige der Radmittelebenen, worauf sowohl beim Entwurf als auch bei der Herstellung und beim Einbau sehr zu achten ist. Damit die Lagerabnutzung, die eine Verschiebung der Radachsen und Radmittelebenen bewirkt, sehr gering ausfalle, müssen die Lager große Abmessungen erhalten, oder noch besser Kugellager verwendet werden.

Wegen der größeren Flankenreibung ist der Kraftverlust beim Schneckengetriebe größer als bei den Stirn- und Kegelrädern. Die durch die Reibung hervorgerufene Erhitzung vermindert die Wirkung der Schmierung. Es empfiehlt sich daher, besonders bei Dauerbetrieb, die Abmessungen des Getriebes möglichst groß zu halten. Bei Hebezeug-Schneckengetrieben ist auch noch die durch die Bremswirkung beim Senken der Last entstehende Wärmeentwicklung, die einen sehr hohen Grad annehmen kann, zu berücksichtigen.

Damit Selbsthemmung eintrete, darf der Steigungswinkel an der Schnecke nicht größer als 5° sein bei Verwendung von Kugellagern und als $6^\circ 45'$ bei Zapfen- und Kammlagern.

Gußeisen wird nur verwendet, wenn der Zahndruck klein ist und die Gleitgeschwindigkeit der Schnecke 3 m in der Sekunde nicht übersteigt. Meist nimmt man Bronze für das Rad und Stahl für die Schnecke.

Bei Schneckenrädern mit weniger als 30 Zähnen ist der Raddurchmesser zu erhöhen, damit man keine unterschrittenen Zähne erhält. Durch diese Maßnahme vergrößert sich der Achsenabstand. Wenn irgend zulässig, so gehe man aber nicht unter 30 Zähne; ist dieses jedoch notwendig, so prüfe man jeweils durch genaues Entwerfen und Berechnen der Radzahnform, ob keine unzulässig hohen Zahndrucke entstehen.

Berechnung des Schneckengetriebes.

Gesucht	Bezeichnung	Schneckenrad	Bezeichnung	Schnecke
Modul	M	$\frac{t}{\pi}$		
Zahnteilung	t	$M \cdot \pi; S, \frac{S}{2}, \frac{S}{3}$, wenn Schnecke 1-, 2-, 3 gängig		
Steigung			S	$t, 2t, 3t$, wenn Schnecke 1-, 2-, 3 gängig
Gangzahl			G	$\frac{S}{t}$
Zähnezahl.....	Z	$\frac{Dt}{M}$		
Teilkreis- durchmesser	D_t	bei 30 und mehr Zähnen: $Z \cdot t \cdot 0,3183; Z \cdot \frac{t}{\pi}; Z \cdot M;$ bei weniger als 30 Zähnen: $Z \cdot t \cdot 0,29823 + 0,6366 \cdot t;$ $Z \cdot M \cdot 0,937 + 2 \cdot M$ (in Mittelebene des Rades)	d_t	$\frac{S}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \pi}; \frac{v_1 \cdot 6000}{\pi \cdot n_1}$
Außendurchmesser	D_a	$\frac{D_t + 2 \cdot M}{\text{(in Mittelebene des Rades)}}$	d_a	$d_t + 2 \cdot M \cdot \cos \alpha$
Durchm. über die scharf- gedrehten Zahnspitzen .	D_s	$D_a + d_a (1 - \cos \delta)$ (= größter Raddurchm.)		
Grunddurchmesser			d_g	$d_t - 2,33 \cdot M$
Breite im Zahngrund	b	$d_a \cdot \sin \delta; 1,5 \text{ bis } 2 t$ (bei kleinem d_a ist $b = t$)		
Gesamtbreite	B	$d_a \cdot \sin \delta + 0,25 \cdot t$		
Gewindelänge			L	$2 \cdot M \cdot \sqrt{Z + 2 \cdot M}$ (Schneckenlänge)
Steigungswinkel ..			α	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{d_t \cdot \pi}$
Halber Zentriwinkel der Radfasen ...	δ	$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 \alpha \cdot t}{d_t + 1,2 \cdot t}$		
Flankenwinkel des Gewindegahnes.....			γ	29°
Konstante für den Radfasenwinkel .	a	$Z = 28 \quad 35 \quad 45 \quad 55 \quad 65 \quad 75 \quad 85$ $a = 1,9 \quad 2,1 \quad 2,3 \quad 2,5 \quad 2,6 \quad 2,8 \quad 2,9$		
Minutliche Umläufe	n	$\frac{n_1 \cdot G}{Z}$	n_1	$\frac{n \cdot Z}{G}$
Umlaufgeschwindigkeit	v	$\frac{n_1 \cdot S}{6000}; \frac{n \cdot D_t \cdot \pi}{6000}$ (S und D_t in cm)	v_1	$\frac{n_1 \cdot d_t \cdot \pi}{6000}$ (d_t in cm)
Gleitgeschwindigkeit	v_2	$\frac{v_1}{\cos \alpha}$, soll 10 m/sek. nicht überschreiten		

Berechnung des Schneckengetriebes.

Gesucht	Bezeichnung	Ausrechnung
Anzahl der zu übertragenden Pferdestärken	N	
Zahndruck.... kg	P	$\frac{N \cdot 75}{v}$; $c \cdot b \cdot t$; (b, t in cm)
Koeffizient für Materialbeanspruchung	c	<p style="text-align: center;">Für Gußeisen:</p> <p>$c = 18 - 28$ kg/cm², wenn nur Festigkeit in Betracht kommt, $c = 8 - 12$ kg/cm², wenn Abnutzung maßgebend ist.</p> <p style="text-align: center;">Für Bronze:</p> <p>beizeitweisem Betriebe $c = 30 - 40$ kg/cm², bei Dauerbetrieb $c = 40 \cdot 30 \cdot 25 \cdot 21 \cdot 18 \cdot 15 \cdot 13$ kg/cm² wenn $v_1 = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7$ m/sek.</p>
Reibungswinkel .. und Wirkungsgrad ...	ϱ η	<p>Soll das Schneckengetriebe selbsthemmend sein, so muß</p> $\operatorname{tg} \varrho = \operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2 \pi \cdot r} \overline{\mu} \overline{\frac{1}{10}}$ <p>sein; bei Fahrstühlen und Hebezeugen, die Erschütterungen unterworfen sind, darf μ nicht größer sein als $\frac{1}{12}$; der Wirkungsgrad solcher Hebezeuge ist schlecht und</p>
Reibungskoeffizient	μ	sinkt auf etwa $\eta \overline{0,4}$, da $\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varrho)}$.
Antriebsmoment .	M_d	<p>Das zum Drehen der Schneckenwelle erforderliche Antriebsmoment M_d beträgt, wenn ein Zuschlag von 10 v. H. für die Lagerreibung in Rechnung gezogen wird, in cm/kg:</p> $M_d = 0,55 \cdot P \cdot d_t \cdot \frac{S + \pi \cdot d_t \cdot \mu}{\pi \cdot d_t - \mu \cdot c}$

Räder, die eine kleine Zähnezahl besitzen und mit Schnecken von großer Steigung arbeiten, werden, wie Bild Z 21 zeigt, geformt, damit die Zahnspitzen nicht zu spitzig werden.

Die Schneckenräder erhalten stets Evolventenverzahnung, doch hat nur die Mittelebene eine reine Evolventenverzahnung, in allen übrigen Eingriffsebenen weicht die Kurve der Zahnflanke des Schneckenrades von der Evolvente ab, und jede Veränderung der Radmittelebenen ist daher ebenso sehr zu vermeiden wie die Veränderung des Achsenabstandes.

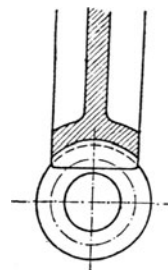


Bild Z 21.

Beispiel für die Berechnung eines Schneckengetriebes.

Es seien 5 PS von der Welle des Schneckenrades, das mit 30 Umläufen minutlich arbeiten soll, abzugeben. Das Getriebe muß selbsthemmend sein, infolgedessen ist der Wirkungsgrad mit etwa 40 v. H. anzunehmen. Die Antriebskraft beträgt $\frac{5}{0,4} = 12,5$ PS. Der antreibende Motor macht 1440 Umläufe minutlich. Die Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke sei mit 4 m in der Sekunde angenommen.

Ihr Teilkreisdurchmesser $d_t = \frac{v_1 \cdot 6000}{\pi \cdot n_1} = \frac{4 \cdot 6000}{3,14 \cdot 1440} \text{ cm} = 5,3 \text{ cm}$.

Bei Annahme von $v_1 = 4$ wird $P = \frac{12,5 \cdot 75}{4} = 235 \text{ kg} = c \cdot t \cdot b$
 c (siehe Tafel S. 278) = 21; b (siehe Tafel S. 277) = 1,5 t.

Diese Werte eingesetzt: $235 \text{ kg} = 21 \cdot t \cdot 1,5 \text{ t}$; $t = \sqrt{\frac{435}{31,5}} = 27,3 \text{ mm}$;

das entspricht dem Modul 9 mit der Teilung $t = 9 \cdot \pi = 28,27 \text{ mm}$.

Die Zähnezahzahl des Schneckenrades $Z = \frac{1440}{30} = 48$ und sein Teilkreisdurchmesser $D_t = Z \cdot M = 48 \cdot 9 = 432 \text{ mm}$;

$$B = d_a \cdot \sin \delta + 0,25 t;$$

dabei ist $d_a = d_t + 2M \cdot \cos \alpha$ und $\text{tg } \alpha = \frac{S}{d_t \cdot \pi} = \frac{t}{d_t \cdot \pi}$ ($S = t$ bei eing. Schnecke);

$$\text{tg } \alpha = \frac{28,27}{53 \cdot 3,14} = 0,1698; \alpha \cong 9^\circ 40'; \cos \alpha = 0,9858;$$

$$d_a = 53 + 2 \cdot 9 \cdot 0,9858 = 70,74 \text{ mm}; \text{tg } \delta = \frac{2a \cdot t}{d_t + 1,2 \cdot t};$$

$$\text{tg } \delta = \frac{2 \cdot 2,37 \cdot 28,27}{53 + 1,2 \cdot 28,27} \cong 1,542; (\alpha \text{ aus Tafel S. 277}); \delta \cong 57^\circ 2';$$

$$B = 70,74 \cdot 0,839 + 0,25 \cdot 28,27 = 66 \text{ mm};$$

$$\text{Achsenabstand} = \frac{432 + 53}{2} = 242,5 \text{ mm}.$$

Die Herstellung der Zahnräder.

Die Herstellung der Zahnräder kann in 4 Hauptgruppen geteilt werden, in

- | | |
|-------------|---------------|
| 1. Gießen, | 4. a) Fräsen, |
| 2. Ziehen, | b) Hobeln und |
| 3. Stanzen, | Stoßen. |

Gegossene Räder werden für landwirtschaftliche Maschinen, billige Hebezeuge, sehr große Zahnräder usw. verwendet, also überall da, wo mehr auf niederen Preis der Verzahnung als auf Genauigkeit Wert gelegt wird.

Gezogene Räder kommen mehr für die Uhren- und Instrumentenmacherei in Betracht, wenn der ausgelegte Preis niedrig sein soll und die Radbreite verhältnismäßig groß ist.

Im Werkzeugmaschinenbau und überall da, wo auf die Güte der Zahnräder geachtet wird, kommen nur Räder in Frage, die nach der vierten Herstellungsart gefertigt wurden.

Das Fräsen der Räder erfolgt entweder nach dem Teilverfahren oder nach dem Abwälzverfahren. Beim Teilverfahren wird ein Zahn nach dem andern durch einen scheibenförmigen Fräser hergestellt, dessen Form der Zahnücke entspricht. Wengleich die Lückenform für jede Zähnezahl eine andere ist, so lassen sich dennoch bei größeren Zähnezahlen infolge der geringen Profilunterschiede Räder verschiedener Zähnezahl aber gleicher Teilung mit einem Fräser herstellen, dessen Form der Zahnücke bei kleinster Zähnezahl entspricht. Auf diese Weise lassen sich alle Zähnezahlen von 12 aufwärts bei den kleinen Teilungen mit einem achteiligen und bei den größeren Teilungen mit einem vierzehn- oder fünfzehnteiligen Fräsersatz herstellen.

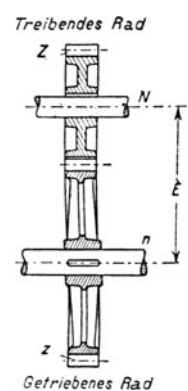
Beim Abwälzverfahren dient als Werkzeug ein schneckenförmiger Zahnradfräser, dessen Zahnform in der Schnittspirale der einer Zahnstange entspricht. Die Erzeugung der richtigen Zahnform (Evolvente) des zu bearbeitenden Rades geschieht durch Abwälzen des Rades in dem Fräser. Alle Zähne werden gleichzeitig bearbeitet; Rad und Fräser sind derart zwangsläufig verbunden, daß die Rundbewegung des Rades während einer Fräserumdrehung der Zahnteilung des Rades entspricht. Nach diesem Verfahren können mit einem Fräser alle Zähnezahlen einer Teilung hergestellt werden. Abwälzfräsmaschinen können sowohl zur Herstellung von Stirn-, Schrauben- und Schneckenrädern als auch für Rundfräsarbeiten verwendet werden. Mit Hilfe besonderer Einrichtungen können auch Zahnradsegmente und Innenverzahnungen nach dem Teilverfahren hergestellt werden.

Die Zahnradbearbeitung durch Stoßen und Hobeln wird für Stirn- und für Kegelräder angewendet. Als Werkzeug dienen hierbei geradflankige Stichel oder zahnradartige Formstähle. Die Bildung der Zahnkurve erfolgt durch Abwälzung oder durch Kopieren nach einer Schablone.

Kegelräder werden außerdem auf besonderen Maschinen durch schwingende, scheibenförmige Fräser bearbeitet, die eine Vorschubbewegung nach der Kegelspitze zu erhalten.

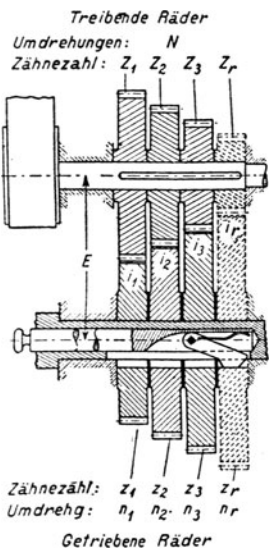
Innenverzahnungen, die den Vorzug eines längeren Zahneingriffes, ruhigen Ganges, geringeren Raumbedarfes und verdeckt liegender Zähne haben, werden sowohl nach dem Teilverfahren als auch durch Abwälzhobelmaschinen hergestellt.

Rädertriebe.

Anordnung der Räder	Gesucht	Zeichen	Berechnung
 <p>Treibendes Rad Z N E n z Getriebenes Rad</p>	Umdrehungen der treibenden Welle in der Minute . . .	N	
	Umdrehungen der getriebenen Welle in der Minute . . .	n	$N \cdot i; \frac{N \cdot Z}{z}$
	Achsenentfernung mm	E	$\frac{Z+z}{2} \cdot \text{Modul}$
	Übersetzungsverhältnis	i	$\frac{Z}{z}; \frac{n}{N}$
	Zähnezahl des treibenden Rades	Z	$i \cdot z; \frac{n \cdot z}{N}$
Zähnezahl des getriebenen Rades .	z	$\frac{Z}{i}; \frac{Z \cdot N}{n}$	

Umdrehungszahlen (Übersetzungsverhältnisse) sollen die Glieder einer geometrischen Reihe bilden;

$$\varphi = \sqrt[r-1]{\frac{n_r}{n_1}} \quad r = \text{Stufenzahl}$$

 <p>Treibende Räder Umdrehungen: N Zähnezahl: Z₁ Z₂ Z₃ Z_r</p> <p>E i₁ i₂ i₃</p> <p>Zähnezahl: Z₁ Z₂ Z₃ Z_r Umdrehg: n₁ n₂ n₃ n_r Getriebene Räder</p>	Umdrehung i. d. Min.	N	Treibende Welle			
		n ₁	$N \cdot i_1; \frac{N \cdot Z_1}{z_1}$	Übersetzung	i ₁	$\frac{n_1}{N}; \frac{Z_1}{z_1}$
		n ₂	$n_1 \cdot \varphi$		i ₂	$i_1 \cdot \varphi$
		n ₃	$n_1 \cdot \varphi^2$		i ₃	$i_1 \cdot \varphi^2$
		n _r	$n_1 \cdot \varphi^{r-1}; n_{r-1} \cdot \varphi$		i _r	$i_1 \cdot \varphi^{r-1}; i_{r-1} \cdot \varphi$
Summe der Zähnezahlen zweier zusammengehöriger Räder		a	$= Z_1 + z_1 = Z_2 + z_2$ $= Z_3 + z_3 = Z_r + z_r$			
Zähnezahl der getriebenen Räder	z ₁	$\frac{Z_1}{i_1}; \frac{Z_1 \cdot N}{n_1}$	Zähnezahl der treibenden Räder	Z ₁	$i_1 \cdot z_1; \frac{n_1 \cdot z_1}{N}$	
	z ₂	$\frac{Z_2}{i_1 \cdot \varphi}; \frac{Z_2 \cdot N}{n_1 \cdot \varphi}$		Z ₂	$i_1 \cdot \varphi; \frac{n_1 \cdot \varphi \cdot z_2}{N}$	
	z ₃	$\frac{Z_3}{i_1 \cdot \varphi^2}; \frac{Z_3 \cdot N}{n_1 \cdot \varphi^2}$		Z ₃	$\frac{i_1 \cdot \varphi^2; n_1 \cdot \varphi^2 \cdot z_3}{N}$	
	z _r	$\frac{Z_r}{i_1 \cdot \varphi^{r-1}}; \frac{Z_r \cdot N}{n_1 \cdot \varphi^{r-1}}$		Z _r	$\frac{i_1 \cdot \varphi^{r-1}; n_1 \cdot \varphi^{r-1} \cdot z_r}{N}$	

Kettengetriebe.

Im Maschinenbau wird für Kettengetriebe vorwiegend die Rollen- und die Zahnkette — auch „geräuschlose Kette“ genannt — verwendet. Die Blockkette kommt fast nur noch für den Fahrradbau in Frage. Die Zahnkette gelangt immer mehr zur Anwendung, besonders zur Übertragung der Kraft vom Elektromotor auf die Maschine oder auf die Transmission.

Die Zahnkette arbeitet bedeutend ruhiger als die Rollenkette. Diese wird, wenn die Teilung infolge Streckens der Kettenglieder größer wurde, sich nur noch an einem einzigen Radzahn anlegen und gleitet daher ruckweise von Zahn zu Zahn ab. Gestreckte Zahnketten hingegen nehmen im Rade nur eine der vergrößerten Teilung entsprechend höhere Lage ein; alle Zähne erhalten gleichmäßigen Druck, und der Verschleiß hat keinen Einfluß auf den Getriebegang. Rollenketten gestatten bis 4 m/sek., Zahnketten bis 6,5 m/sek. Geschwindigkeit. Sind Kraftstöße zu erwarten, so sind entweder unter Federwirkung stehende Spannräder zu verwenden, oder der Zahnkranz eines Rades ist drehbar und durch eine federnde Kupplung verbunden auf der Nabe anzuordnen.

Das Übersetzungsverhältnis soll 1:7 nicht übersteigen, und die Mindestzahl der Zähne bei Rollenketten nicht unter 10, bei Zahnketten nicht unter 17 betragen. Der Wellenabstand soll einstellbar und mindestens das 1¹/₂ fache vom Durchmesser des großen Rades sein, höchstens aber 3—4 m bei Rollenketten und 4—6 m bei Zahnketten. Senkrechte Anordnung der Ketten ist zu vermeiden.

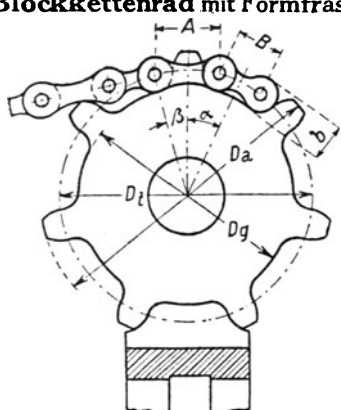
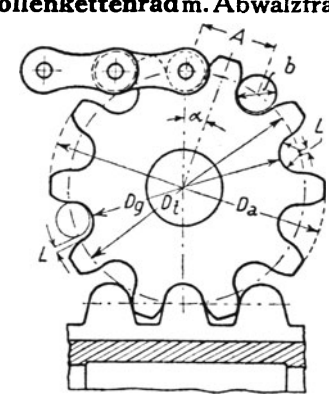
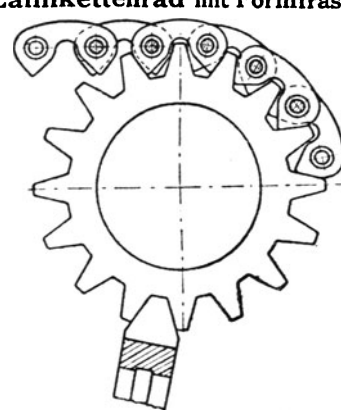
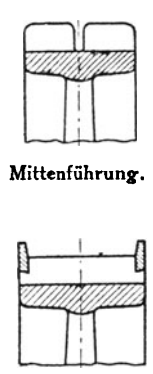
Für gleiche Kraftübertragung ist eine kurze Kette stärker zu wählen als eine lange, da sie sich rascher abnutzt, indem jedes Glied öfter zum Eingriff kommt. Kettengetriebe müssen mit Sorgfalt eingebaut werden, ganz besonders ist auf Gleichfluchtigkeit der Wellen zu achten. Das axiale Spiel des Motorankers muß nach beiden Seiten des Kettenrades gleichmäßig verteilt sein. Schutzgehäuse sind sehr zu empfehlen, sie halten Schmutz und Staub ab, sparen Schmiermaterial, indem sie das abgeschleuderte der Kette wieder zuführen. Kettengetriebe erfordern Schmierung, am besten durch Tropföler alle 2—3 Minuten einen Tropfen.

Im Maschinenbau werden die Kettenräder meistens aus Grauguß gemacht, im Automobilbau hingegen aus Stahl. Die Berechnung der Radabmessungen und der Kette hat unter Berücksichtigung einer Reihe von Betriebsbedingungen zu erfolgen. Plötzliches Einschalten und Kraftstöße, stauberfüllte Luft, ungenauer Einbau, Unvollkommenheiten der Kette und mangelhafte Schmierung setzen die höchstzulässige Beanspruchung ganz bedeutend herab.

Um eine gleichmäßige Kettenabnutzung zu erzielen, erhält das kleine Rad eine ungerade, das große eine gerade Zähnezahl. —

Die Zahnformen und Berechnungen der Räder sind aus folgenden Angaben abzuleiten. Für die Zahnketten gelten die vom Kettenhersteller festgelegten Abmessungen, die keinen allgemein anerkannten Normalien unterworfen sind.

Die Kettenlänge wird, wenn die Durchmesser der Räder und der Achsenabstand gegeben sind, wie die Riemenlänge beim offenen Riementrieb (S. 239) berechnet, wobei aber zu beachten ist, daß an Stelle der Raddurchmesser die Teilkreisdurchmesser der Räder zu setzen sind. Der halbe Teilkreisdurchmesser ist gleich dem Abstände von Mitte des Kettengelenkes bis Radmitte. Die Kettenlänge selbst muß immer ein ganzzahliges Vielfaches der Kettenteilung sein.

<p>Blockkettenrad mit Formfräser</p> 	<p>Rollenkettenrad m. Abwälzfräser</p> 
<p>Außendurchm. $D_a = D_t + b$ Grundkreisdurchm. $D_g = D_t - b$ Teilkreisdurchm. $D_t = A : \sin \beta$ Zähnezahl des Rades z $\alpha = 180^\circ : z$ $\operatorname{tg} \beta = \sin \alpha : \left(\frac{b}{A} + \cos \alpha \right)$</p>	<p>Außendurchm. $D_a = D_t + b$ Grundkreisdurchm. $D_g = D_t - b$ Teilkreisdurchm. $D_t = A : \sin \beta$ Zähnezahl des Rades z $\alpha = 180^\circ : z$ Lückenspiel $L = 0,1$ bis $0,2 b$</p>
<p>Zahnkettenrad mit Formfräser</p>  <p>Die Formen werden nicht einheitlich hergestellt.</p>	<p>Führung der Zahnkette</p>  <p>Mittelführung.</p> <p>Seitenführung.</p>

Bohren und Aufreiben.

Wirtschaftliches Bohren ist bei allen Arten der Spanabnahme nur erreichbar, wenn Maschine und Werkzeug sich in gutem Zustande befinden und die Maschine der Leistungsfähigkeit des Werkzeuges angepaßt ist. Die Vorzüge eines Bohrers aus Schnellstahl, der weniger elastisch ist als ein Bohrer aus Kohlenstoffstahl, kommen nur bei kräftigen, starren Maschinen zur Geltung.

Grundbedingung, um mit einem guten Bohrer eine gute Arbeit zu erzielen, ist richtiges Einspannen. Bohrer und Lochachse müssen in einer mit der Vorschubrichtung gleichlaufenden Linie liegen. Fehlerhafte Bohrung oder starker Werkzeugverbrauch sind andernfalls die unausbleiblichen Folgen.

Die gebräuchlichste Art des Bohrens mit drehendem Bohrer und feststehendem Werkstück hat den Nachteil, daß sich der Bohrer bei tiefen Löchern mehr oder minder stark verläuft. Das Verlaufen des Bohrers wird durch ungleichmäßig geschliffene Schneidkanten, ungenaues Zentrieren beim Anbohren, harte Stellen im Material, ungleichmäßige Spanerzeugung, Durchbiegung des Bohrers, Ungenauigkeiten des Spindellagers verursacht. Um das Verlaufen zu vermeiden, wird der Bohrer beim Anbohren durch Bohrbuchsen geführt. Zur Vermeidung der Abnutzung müssen die Buchsen glashart und innen poliert sein. Ihr Abstand von dem zu bohrenden Stück ist so klein als möglich zu halten, um den Bohrer kürzer zu führen und ein Klemmen der Späne zwischen Werkstück und Buchse zu vermeiden. Vielfach werden die Bohrbuchsen so angeordnet, daß sie nach dem Anbohren entfernt werden können. Hierdurch werden die Buchsen wesentlich geschont, und die Späneabfuhr ist durch das freiliegende Werkstück erleichtert.

Soll das Verlaufen sicherer vermieden werden, so muß sich das Werkstück drehen, der Bohrer dagegen feststehen. Der Bohrer kann dann viel fester gehalten werden und zentriert besser. Auch hier ist beim Anbohren eine Buchse unentbehrlich. Sie wird zweckmäßig so eingebaut, daß sie vor dem Werkstück feststeht und nach dem Anbohren zur Erleichterung der Späneabfuhr entfernt werden kann. Oft ist es praktisch, die Buchse in der Spannvorrichtung in Kugellagern zu lagern, so daß sie sich nicht mit dem Werkstück dreht, sondern mit dem Bohrer feststeht.

Bei der Waffen- und Munitionsherstellung wird häufig mit feststehendem Bohrer und drehendem Werkstück gearbeitet. Vorteilhaft werden dazu Senkrechtbohrmaschinen benutzt. Der Bohrer wird im Tisch der Maschine befestigt und das mit der Bohrmaschinenspindel sich drehende Werkstück gegen den feststehenden Bohrer vorgeschoben. Die Vorteile gegenüber dem Bohren auf Wagrechtbohrmaschinen sind:

Bessere Späneabfuhr, da die Späne durch ihr eigenes Gewicht nach unten herausfallen; Erleichterung der Kühlmittelzuführung und -ableitung. Die Platzersparnis ist erheblich und beträgt gegenüber Wagrechtbohrmaschinen bis zu 50 v. H. Meist werden Bohrer mit

eingelötetem Röhrchen zur Leitung der Kühlflüssigkeit verwendet. Die Zuleitung des Kühlmittels und die Abdichtung des Bohrers bieten keine Schwierigkeiten, da dieser feststeht, während beim drehenden Bohrer hierbei erhebliche Schwierigkeiten entstehen. Die Leistung der Bohrmaschinen beim Bohren „von unten“ ist wegen der besseren Schneidenkühlung und Späneabfuhr höher. Die Umdrehungszahl darf bis auf das Dreifache der gebräuchlichen erhöht werden, wobei jedoch der Vorschub herabzusetzen ist; der Pumpendruck kann um 50 bis 75 v. H. herabgesetzt werden; Bohrerbrüche werden weit seltener beobachtet. Die Bohrer werden mit geringer Spiralsteigung (etwa 20°) oder gerade genutet ausgeführt. Die Späne fallen dann besser heraus. Die Bohrerform ist vom verarbeiteten Material abhängig und wird durch Versuche ermittelt. Für gewöhnlichen Flußstahl können Spiralbohrer mit Röhrchen ohne weiteres verwendet werden. Sehr harten Gußstahl bohrt man vorteilhafter mit einlippigen Bohrern. Besonders bewährt hat sich das Bohren von unten bei Gewehrgehäusen, Kammern, kurzen Gußstahlhäufen, kleineren Granaten, Wurfminenschäften usw., wobei die gewöhnlichen Senkrechtbohrmaschinen verwendet werden können.

Die Vorschubkraft, die nötig ist, um den in Richtung der Bohrerachse wirkenden Widerstand zu überwinden, beträgt nach Fischer*:

$$P = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v \cdot \sin \alpha \cdot a_1 \text{ kg.}$$

d = Bohrerdurchmesser in mm; v = Vorschub in mm bei einer Bohrerumdrehung,

α = Spitzenwinkel des Bohrers; a_1 = vom Material abhängige Wertziffer, bezogen auf kg/mm^2 (siehe auch S. 305 und 325).

a_1 beträgt für:

weichen Grauguß	60—90
harten „	90—130
Flußeisen und weichen Maschinenstahl	100—150
mittleren und harten „	150—240
Bronze.	60—100

Für Spiralbohrer ($\alpha = 116^{\circ}$) ergibt obige Formel

$$P = 0,42 \cdot d \cdot v \cdot a_1 \text{ kg.}$$

Poliakoff** gibt für Spiralbohrer folgende Werte an:

Für Grauguß	$P = 148 \cdot d^{0,7} \cdot v^{0,75} \text{ kg.}$
„ mittelharten Stahl	$P = 247 \cdot d^{0,7} \cdot v^{0,6} \text{ „}$

Beispiel: Mit einem Spiralbohrer $d = 75$ mm soll in mittelharten Stahl mit einem Vorschub $v = 0,5$ mm gebohrt werden.

Nach Fischer

$$P = 0,42 \cdot 75 \cdot 0,5 \cdot 205 \text{ kg (für } a_1 \text{ Mittelwert gewählt)} = 3230 \text{ kg.}$$

$$\text{Nach Poliakoff } P = 247 \cdot 75^{0,7} \cdot 0,5^{0,6} = 247 \cdot 20,54 \cdot 0,66 = 3550 \text{ kg.}$$

* Hermann Fischer: „Die Werkzeugmaschine“, Band I, S. 16.

** Dempster Smith und R. Poliakoff: „Versuch mit Spiralbohrern beim Arbeiten in Gußeisen und Stahl“, *Werkst.-Techn.* 1911, S. 99, 155.

Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe. Angaben über Schnittgeschwindigkeiten beim Bohren finden sich auf Seite 394, mit Hilfe der Tafel 396 lassen sich die entsprechenden Umlaufzahlen ermitteln. Über Vorschübe siehe Seite 393.

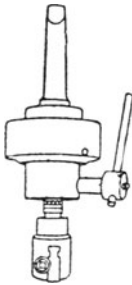


Bild B 1.

Nur bei kleinen Bohrern ist eine ganz erhebliche Steigerung der Schnittgeschwindigkeiten vorteilhaft; bei den kleinsten Durchmessern kann sie das Doppelte bis Dreifache der in der Tafel angegebenen Werte betragen. Diese dünnsten Bohrer sind sehr empfindlich gegen Bruch und gestatten nur geringen Vorschub. Die hohe Umlaufzahl verringert nun bei gleicher Leistung den Spanquerschnitt und vermindert die Bruchgefahr ganz erheblich. So arbeiteten Spiralbohrer von 0,8 mm Durchmesser bei einer Schnittgeschwindigkeit von 27 m befriedigend, während bei einer Schnittgeschwindigkeit von 12 m außergewöhnlich viel Brüche vorkamen.

Wenn auf großen Bohrmaschinen kleine Löcher zu bohren sind, so reichen meist die Umlaufzahlen der Bohrspindel nicht aus. Gute Dienste leistet in solchem Falle eine Schnellbohrvorrichtung nach Bild B 1. Die Bohrvorrichtung wird mit ihrem Kegel in die Bohrspindel eingesetzt, ein langer, an das Maschinengestell anliegender Stift verhindert die Mitdrehung des feststehenden Teiles. Durch ein im Gehäuse eingeschlossenes Getriebe wird die Umlaufzahl des Bohrers gegen die der Bohrspindel im Verhältnis von 3 bis 4 zu 1 erhöht.

Spitzbohrer. Mit dem Spitzbohrer lassen sich befriedigende Leistungen nur bei sorgfältiger Herstellung erzielen. Der Schneidwinkel kann bei sehr hartem, sprödem Material größer, bis 130° , bei weichem, zähem Material (Messing) kleiner, bis 90° sein. In der Regel wird man aber 116° wählen, ein Winkel, der für alle Fälle geeignet ist. Der Hinterschliff beträgt etwa 5 bis 6° . Zu großer Hinterschliff hat rasche Schneidenabnutzung zur Folge und verursacht Hacken des Bohrers, zu kleiner Hinterschliff erhöht die erforderliche Vorschubkraft.

Bild B 2 zeigt einen einfachen Spitzbohrer, Bild B 3 einen Spitzbohrer mit Geradföhrung und Spanbrechernuten. Der erstere

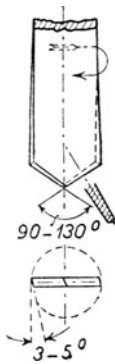


Bild B 2.

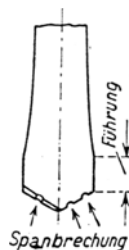


Bild B 3.

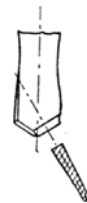


Bild B 4.

ist weniger empfindlich gegen Schiefhalten, wie es z. B. in Brustleiern und Bohrknarren leicht vorkommt, der letztere verläuft sich weniger. Spanbrechernuten sind beim Bohren von großen Löchern aus dem Vollen in sprödes Material (Gußeisen, Bronze usw.) zweckmäßig. Bei zähem Material bewährt sich die Spanbrechung weniger, denn hierbei verschlingen sich die Späne schon im Bohrloche und verstopfen es. In solchen Fällen empfehlen sich Spitzbohrer mit Hohlkehle (Bild B4). Allerdings haben diese den Nachteil, daß sie nach mehrmaligem Nachschleifen neu geschmiedet werden müssen. In allen Fällen ist es zweckmäßig, den Bohrer nach der Querschneide hin zu verjüngen, da er dort nur drückend wirkt und an dieser Stelle die größte Vorschubkraft erfordert.

Die Querschneide muß genau in der Bohrermitte (Achse) liegen; bei der Ausgestaltung der Seitenschnelden (Bild B2) ist darauf zu achten, daß diese gleiche Schneidenlängen besitzen, gleich hoch liegen und mit der Bohrerachse gleiche Winkel einschließen.

Die Urform des Spitzbohrers war der sogenannte „Fiedelbohrer“, heute auch vielfach „Drillbohrer“ genannt. (Bild B5.) Der Antrieb erfolgt mit Hilfe eines Bogens, dessen als Sehne dienende Schnur um den Bohrerhalter geschlungen ist. Heute werden wohl nur noch Drillbohrer verwendet, die in einem schraubenförmig verwundenen Halter befestigt sind, der durch einen hin- und herbewegten Wirbel in Drehung versetzt wird. Der eigentliche Bohrer macht eine Vor- und Rückwärtsbewegung, die Schneiden wirken daher nur reibend. Für manche Zwecke, für das Bohren kleinster Löcher von geringer Tiefe außerhalb der regelrechten Fabrikation werden Drill- oder Fiedelbohrer noch immer verwendet. Sie haben den Vorzug, daß sie beim Austritt aus dem Bohrloche nicht einhacken.

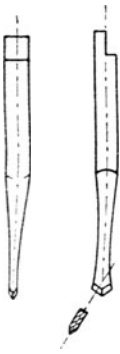


Bild B5.

Spiralbohrer. Dieser wurde im Jahre 1863 von dem Schweizer Johann Martignoni* in Düsseldorf erfunden, jedoch erst viel später allgemein eingeführt. Der Grund für die späte Einführung, die schließlich von Amerika aus erfolgte, dürfte wohl in dem Fehlen einer geeigneten Spiralbohrerschleifmaschine zur Zeit der Erfindung zu suchen sein.

Nutenform. Die Schneidlippen a , b des Spiralbohrers bilden Gerade, die als Berührende zum Durchmesser c der Bohrerseele verlaufen (Bild B6). Bild B7 zeigt eine Fräserform für Spiralbohrer mit geraden Schneidlippen. Der Fräserform ist ein Spiralsteigungswinkel von 30° und ein Spitzenwinkel von 116° bei einer Seelenstärke an der Spitze von $0,13 d$ zugrunde gelegt. Kleinere Abweichungen in Drall, Spitzenwinkel und Seelenstärke sind belanglos und beeinflussen nicht die Verwendung des Fräserprofils. Die in Bild B7 angegebenen Werte sind mit dem Bohrerdurchmesser d zu vervielfachen. Die Fräserform ist in Anlehnung an

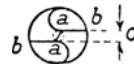


Bild B6.

* Geboren 1830 in Lugano, gestorben 18. 1. 1915 in Frankfurt a. M.

die Angaben der Zeitschrift für Mathematik und Physik, 1909, Heft 3 konstruiert.

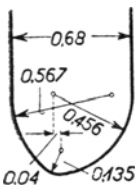


Bild B 7.

Andere Darstellungen von Fräserformen finden sich in verschiedenen Werken und Zeitschriften, die Form nach Bild B 7 dürfte jedoch den Vorzug verdienen, da bei ihr am Schnittpunkt beider Kreisbogen eine scharfe Ecke vermieden ist, die in den Grund der Drallnute eine die Bohrerseele schwächende Spirallinie einfräst.

Der Drall, das ist die Steigung der Spiralnuten, wird so gewählt, daß der Schneidwinkel etwa 60° beträgt, was einem Steigungswinkel α von 30° entspricht. Einzelne Spiralbohrerfabriken ändern den Steigungswinkel je nach der Bohrerstärke; während das eine Werk den Steigungswinkel mit steigendem Durchmesser vergrößert, verfährt das andere umgekehrt. Vorwiegend wird jedoch an 30° festgehalten. Der Steigungswinkel ist am Umfange am größten und nimmt gegen die Bohrerachse zu ab. Da somit der Schneidwinkel gegen die Bohrerseele zu immer ungünstiger und die erforderliche Vorschubkraft größer wird, wäre eine Vergrößerung des Steigungswinkels (kürzerer Drall) gerechtfertigt. Der dadurch erreichte Gewinn an Vorschubkraft tritt jedoch zurück gegenüber dem Verlust an Bruchsicherheit, so daß im allgemeinen von einer Erhöhung des Steigungswinkels über 30° Abstand genommen wird. Mit Rücksicht auf die Erhöhung der Bruchfestigkeit wird häufig sogar ein geringerer Steigungswinkel von 24° und bei sehr langen Bohrern von 20° gewählt und die erhöhte Vorschubkraft mit in Kauf genommen, zumal die Spanentfernung bei tiefen Löchern durch den längeren Drall erleichtert wird.

Die Berechnung der Steigung des Dralles aus dem Steigungswinkel α erfolgt wie bei den Fräsern.

$$\begin{aligned} \text{Spiralsteigung in mm} &= D \text{ (in mm)} \cdot \pi \cdot \text{ctg } \alpha = D \text{ (in mm)} \cdot m \\ \text{„ in engl. Zoll} &= \frac{D \text{ (in mm)} \cdot \pi \cdot \text{ctg } \alpha}{25,4} = D \text{ (in mm)} \cdot m' \end{aligned}$$

Zur raschen Ermittlung dient nachfolgende Tafel. Für einen der dort angegebenen Steigungswinkel ist die Spiralsteigung gleich dem Bohrerdurchmesser vermehrt durch die Zahl m bzw. m' .

Steigungswinkel α	20°	21°	22°	23°	24°	25°
m = Zahl zur Berechnung in mm	8,632	8,184	7,776	7,401	7,056	6,737
m' = „ „ „ in engl. Zoll	0,3398	0,3222	0,3061	0,2914	0,2778	0,2652
Steigungswinkel α	26°	27°	28°	29°	30°	31°
m = Zahl zur Berechnung in mm	6,441	6,166	5,908	5,667	5,442	5,228
m' = „ „ „ in engl. Zoll	0,2536	0,2428	0,2326	0,2231	0,2143	0,2058

Beispiel: Ein Bohrer von 65 mm Durchmesser soll einen Steigungswinkel von 25° erhalten.

Die Spiralsteigung ist

$$65 \cdot 6,737 \text{ mm} = 438 \text{ mm oder } 65 \cdot 0,2652 \text{ Zoll} = 17,238 \text{ Zoll.}$$

Zur Erhöhung der Verdrehungsfestigkeit werden die Bohrer in der Seele gegen den Schaft zu durch allmähliches Zurücknehmen

des Nutenfräsers gleichmäßig verstärkt. Um dabei mit Rücksicht auf leichten Spanabfluß ein Schmälerwerden der Bohrernute zu vermeiden, wird bei gleichbleibender Fräserlage der Drall vergrößert oder bei gleichbleibendem Drall eine Winkelverstellung des Nutenfräsers vorgenommen. Die mit der Drallvergrößerung verbundene Abnahme des Steigungswinkels bzw. die Nutenfräserverstellung beträgt etwa 5° für eine Bohrerumdrehung (Bild B 8).

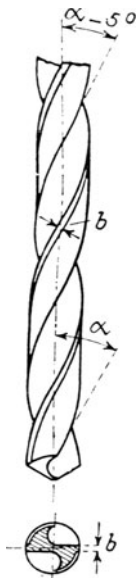


Bild B 8.

Derartige Bohrer werden auf Sondermaschinen hergestellt. Führungsfase. Zur sicheren Führung des Bohrers im Bohrloch bleibt längs der Drallnute eine schmale Fase b stehen, deren annähernde Breite nachstehend gegeben ist:

Bohrerdurchmesser mm	10	20	30	40	50	60	80	100
Breite "	1,3	2,0	2,6	3,0	3,4	3,6	3,8	4

Nach dem Härten wird der Bohrer rund geschliffen und zwar, um schädliche Reibung zu verhindern, gegen den Schaft zu schwach verjüngt. Die Verjüngung beträgt für je 100 mm Länge etwa $0,3-0,5$ mm und hat allerdings den Nachteil, daß die Bohrlöcher mit zunehmendem Spitzenabschliff kleiner werden. Zieht man aber in Betracht, daß genau zylindrisch geschliffene Bohrer, sofern sie tiefere Löcher zu bohren haben, selten eine längere Lebensdauer aufweisen, so wird man diesen Übelstand gern in Kauf nehmen. Die starke Erwärmung und das Knirschen arbeitender Bohrer hat neben unsachgemäßem Spitzenanschliff häufig seine Ursache in fehlender oder zu schwacher Verjüngung des Bohrerdurchmessers. Die Fase b (Bild B 8) wird durch Hinterfräsen erzeugt.

Spitzenwinkel. Für den Anschliff der Spitzen ist überwiegend 116° angenommen (Bild B 9), doch finden sich auch Schleifmaschinen, die einen Spitzenwinkel von 118° anschleifen. 116° ist ein Mittelwert, der sowohl für hartes als auch für weiches Material befriedigende Leistungen ergibt.

Praktisch spielt der geringe Unterschied zwischen 116° und 118° für die Fräserform wie auch für den Geradschliff der Schneidlippen keine Rolle, da die dabei entstehenden Fehler gegenüber den Fehlerquellen bei der Fräserherstellung und Maschineneinstellung verschwinden. Bei hartem, sprödem Material würde ein größerer Winkel bis 130° und bei weichen Stoffen ein kleinerer bis etwa 90° günstiger sein, doch müßte einem veränderten Winkel die Nutenform und damit der Fräser zu deren Herstellung angepaßt sein. Ein Nachschleifen des

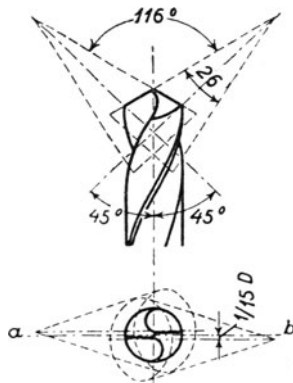


Bild B 9.

* Vgl. Böhm, Reform der mod. Spiralbohrerfabrikation, Werkst.-Techn. 1912, S. 219.

Spitzenwinkels nach Bedarf ist untunlich, da dadurch eine Krümmung der Schneidlippe und damit deren schnellere Abnutzung bei geringerer Leistung des Bohrers hervorgerufen würde. Bei Bohren mit nicht zu starkem Drall kann jedoch der Spitzenwinkel in gewissen Grenzen verändert werden, ohne daß die dadurch hervorgerufene geringe Krümmung der Schneidkanten sich beim Arbeiten schädlich bemerkbar macht. Ein zu großer Schneidenwinkel erfordert übrigens eine größere Vorschubkraft des Bohrers, die sowohl Werkzeug als auch Maschine höher beansprucht. Der Bohrer wird nicht nur auf Verdrehung, sondern auch auf Knickung beansprucht. (Beim Anfang des Bohrens nach dem dritten, bei tiefer gehendem Loch nach dem vierten Euler'schen Belastungsfall, vgl. Seite 102.)

Der Vorschub beansprucht höchstens 1 v. H. des zum Bohren nötigen Gesamtkraftbedarfes.* Um diesen zu verringern, muß das Verdrehungsmoment verkleinert werden, so daß von diesem Standpunkte aus ein Spiralbohrer mit größerem Spitzenwinkel wirtschaftlicher ist. Hierbei ist aber in Betracht zu ziehen, daß die bei größerem Winkel größer werdende Vorschubkraft die einzelnen Teile der Bohrmaschine mehr beansprucht. Wenn die Spitze des Bohrers durch das Metall am Boden des Loches geht, so wird diese Beanspruchung verkleinert, und der Bohrer bekommt dann die Möglichkeit, sich schneller vorschieben zu können, als es vorbestimmt war, und kann leicht brechen. Aus diesem Grunde ist ein größerer Spitzenwinkel gefährlicher.

Die Schneidwirkung wird nun durch entsprechenden Hinterschliff erzielt. In Bild B 10 ist die Linie $A-B$ abgewickelt eingezeichnet. Sie entspricht der Schnittlinie der Hinterschleiffläche

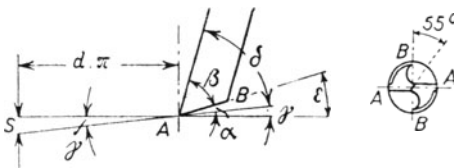


Bild B 10.

mit der eines Zylinders, der den Außendurchmesser des Bohrers hat. Der Winkel β ist dann der Keil-, α der Ansatz-, δ der Schneid-, ε der Hinterschleifwinkel; der Winkel γ ergibt sich aus

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{S}{d \cdot \pi}$$
 Hierin ist S der Bohrevorschub für eine Umdrehung,

d der entsprechende Bohrerdurchmesser. Bei gleichem Vorschub wird dieser Winkel γ nach der Mitte des Bohrers zu immer größer, S ist gleichbleibend, während d immer kleiner wird. Für die Spanabnahme bestehen die gleichen Verhältnisse wie beim Drehstahl.

Die bekannten Spiralbohrerschleifmaschinen erzeugen nun die Hinterschleiffläche in verschiedener Art. Einige schleifen Kegelflächen, andere davon abgeleitete Flächen an.** Die Versuche von Sommerfeld gingen dahin, den Einfluß verschiedenen Hinterschliffes auf den Kraftverbrauch beim Bohren festzustellen, um aus den gefundenen Ergebnissen Rückschlüsse auf die Schneidhaltigkeit der

* Poliakoff, Werkst.-Techn. 1909, S. 575.

** Vgl. Wallichs-Barth: Über Spiralbohrerschleifmaschinen, Werkst.-Techn. 1911, und Sommerfeld: Über den Hinterschliff von Spiralbohrern, Werkst.-Techn. 1914, und Forschungsarbeiten des Vereins deutscher Ingenieure, Heft 161.

einzelnen Anschliffe zu machen. Diese, im Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule in Charlottenburg vorgenommenen Versuche brachten folgende Ergebnisse:

Der Hinterschliff hat beim Bohren in Flußeisen und in Gußeisen keinen Einfluß auf die Größe des Drehmomentes.

Der Hinterschliff kann beim Bohren in Gußeisen einen wesentlichen Einfluß auf die Größe der Vorschubkraft haben. In Flußeisen sind diese Unterschiede innerhalb der für die Versuche angenommenen Grenzen der Hinterschleifwinkel nur gering.

Die Unterschiede in der Größe der Vorschubkraft werden nur durch die verschieden großen Schneidwinkel η (Bild B 11) an der Querschnaide hervorgerufen.

Die Lage der Querschnaide muß mit einer parallel zu den Schneidkanten gezogenen Geraden einen Winkel von etwa 55° bilden (Bild B 10). Jede andere Lage vergrößert die Vorschubkraft, ohne das Drehmoment wesentlich zu beeinflussen.

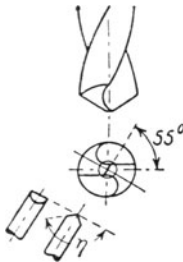


Bild B 11.

Die an den eigentlichen Schneidkanten wirkenden Kräfte sind demnach für jeden Hinterschliff gleich.

Daraus ergibt sich, die Hinterschleifwinkel an den Bohrschneiden nicht übermäßig groß zu machen. Ein Hinterschleifwinkel von 6° am äußeren Umfange, der nach der Mitte zu in Rücksicht auf die Schneidwinkel η der Querschnaide und damit auf die Größe der Vorschubkraft auf 20 bis 24° steigt, wird am zweckmäßigsten sein. Da aber der Winkel η der Querschnaide von der Art des Hinterschliffes abhängig ist und die Art des Hinterschliffes bei den verschiedenen Bauarten von Spiralbohrerschleifmaschinen sich ändert, so ist es wichtig, jeweils den Hinterschleifwinkel so zu wählen, daß die Querschnaide mit der Schneidkante einen Winkel von etwa 55° bildet. Es ist ferner zweckmäßig, den Bohrer beim Bohren in Flußeisen anzuspitzen, da dadurch die Vorschubkraft verringert wird.

Anspitzen. Das Anspitzen erfolgt nach Bild B 12 mit einer schmalen Schleifscheibe und soll möglichst gleichmäßig auf beiden Seiten vorgenommen werden. Sommerfeld nahm Vergleichsversuche mit ungespitzten und gespitzten Bohrern vor; bei Bohrern von $D = 50$ mm, deren Querschnaidenlänge 9 mm und nach der Zuspitzung 5,5 mm betrug, zeigte sich infolge der Zuspitzung eine Abnahme des Axialdruckes beim Bohren in Gußeisen um 4,5 v. H., in Flußeisen dagegen um 15,5 v. H.

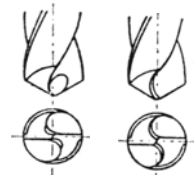


Bild B 12.

Ungespitzte Bohrer brechen bei Bearbeitung von Flußeisen und Stahl leicht an den Schneidlippen in der Nähe der Querschnaide aus; der Bohrer hat also das Bestreben, sich selbst anzuspitzen. Da in den meisten Betrieben Spiralbohrer wechselnd zum Bohren verschiedener Materialien verwendet werden, empfiehlt es sich, alle Bohrer anzuspitzen.

Instandhaltung der Spiralbohrer. Hohe Leistungen werden nur mit einwandfreien Werkzeugen erzielt. Spiralbohrer, die von Hand angeschliffen werden, können nie gute Arbeit leisten, da es unmöglich ist, von Hand beide Schneiden genau gleich zu schleifen.

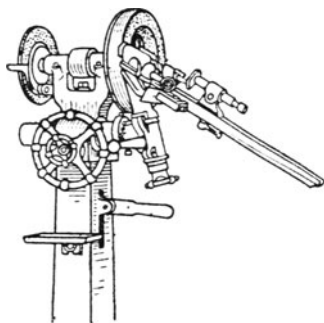


Bild B 13.

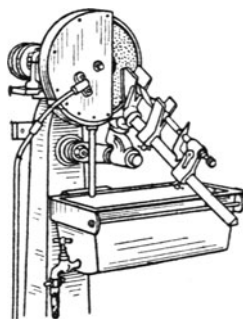


Bild B 14.

Die nachstehend angeführten Fehler (Bild B 15) sind hierbei kaum zu vermeiden, so daß die Verwendung einer guten Spiralbohrer-Schleifmaschine unbedingt erforderlich ist. Bild B 13 zeigt eine solche Maschine für Trocken-, Bild B 14 für Naßschliff. Steht keine Spiralbohrer-Schleifmaschine zur Verfügung, so verwendet man besser Spitzbohrer.

a) Ungleiche Schnittkantenlängen; Mitte der Querschneide außerhalb der Bohrerachse. Die Schneiden sind ungleich belastet; das Bohrloch wird größer als der Bohrerdurchmesser.

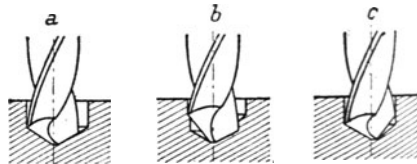


Bild B 15.

- b) Ungleiche Schnittkantenwinkel; Mitte der Querschneide in Bohrerachse. Einseitige Belastung des Bohrers; das Loch wird zu groß.
- c) Gleiche Schneidenlängen, jedoch ungleiche Kantenwinkel. Mitte der Querschneide liegt außerhalb der Bohrerachse. Ungleiche Belastung der Schneiden; Bohrloch meist größer als Bohrerdurchmesser.

Ebenso wichtig wie sachgemäßer Anschliff des Bohrers ist der gute Zustand der Bohrmaschine. Hat die Bohrmaschine in axialer Richtung Spiel, so hakt sich der Bohrer beim Durchkommen aus dem Loch ein und wird der Länge nach aufgespalten. Von den Spiralbohrerfabriken wird daher fast allgemein Ersatzleistung für aufgespaltene und abgebrochene Spiralbohrer verweigert.

Beim Bohren tiefer Löcher muß der Bohrer zur Entfernung der Späne öfter aus dem Bohrloch gezogen werden.

Kühlung. Reichliche Zufuhr eines Kühlmittels ist für Schmiedeeisen und Stahl unumgänglich notwendig und auch für Gußeisen empfehlenswert. Besonders zweckmäßig sind Bohrer mit Schmierröhren



Bild B 16.

(Bild B 16). Die Kühlflüssigkeit wird hierbei unter Druck zugeführt und wirkt gleichzeitig günstig auf die Entfernung der Späne aus dem Bohrloch ein. Allerdings muß bei solchen Bohrern das Arbeitsstück die rundlaufende Bewegung ausführen, während der Bohrer nur in der Vorschubrichtung bewegt wird.

Soll der Bohrer die umlaufende Bewegung ausführen, so muß eine besondere Einspannhülse mit feststehendem Ölzuführungsring verwendet werden, oder die Ölzuführung erfolgt wie bei selbsttätigen Drehbänken durch die durchbohrte Spindel, die hinten einen feststehenden, abgedichteten Verschluss hat. In beiden Fällen begegnet die Abdichtung, besonders bei längerem Dauerbetrieb, Schwierigkeiten.

Gewundene Flachbohrer (Bild B 17). Diese aus Flachstahl gewundenen Bohrer haben infolge des geringen Querschnittes eine



Bild B 17.

größere Durchfederung als die aus dem Vollen gefrästen Spiralbohrer. Aus diesem Grunde verwendet man vielfach anstelle des Flachstahles Formstahl, in dem die Nutenform eingewalzt ist.

Flachbohrer nach Dr. Keßner, D.R.P. 282 639 (Bild B 18) bewähren sich für nicht allzu tiefe Löcher sehr gut und haben den Vorzug einfacher Herstellung aus gewalztem Flachstahl und daher niedriger Preise. Der gewalzte und nachgezogene Flachstahl wird in eine

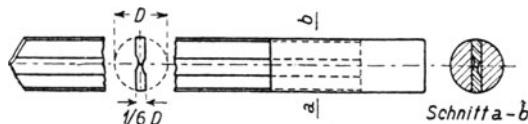


Bild B 18.

kegelige oder zylindrische Hülse gesteckt. Die im Vergleich zum Spitzbohrer größere Schneidfähigkeit wird durch die Kante der Längenaussparung erreicht, die in gewissem Sinne als Spanbrechung wirkt. Die Bohrer können mit jedem beliebigen Schleifwinkel auf jeder gewöhnlichen Schleifmaschine geschliffen werden.

Gerade genutete Bohrer (Bild B 19) werden für zähe Metalle von geringer Festigkeit, wie Kupfer, Aluminium u. dgl., verwendet, bei denen der Steigungswinkel des Spiralbohrers zu groß ist.

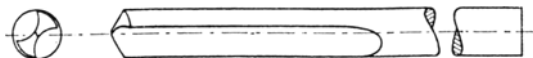


Bild B 19.

Kanonbohrer (Bild B 20) dienen zum Bohren tiefer Löcher; der Hinterschliff beträgt etwa $6-10^\circ$. Je größer der Bohrer, desto kleiner der Vorschub und der Hinterschliffwinkel. Um den Bohrer

rundsleifen zu können, erhält er vorher die in Bild B 21 dargestellte Form. Der Schliff erfolgt schwach kegelig, so daß der Bohrer hinten um einige hundertstel Millimeter dünner wird. Der Ansatz an der Spitze wird nach dem Schleifen abgesprengt und dann die Schneide angeschliffen.

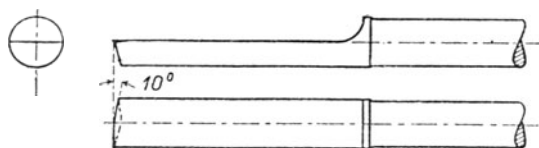


Bild B 20.

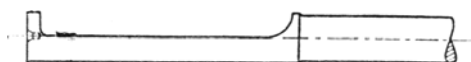


Bild B 21.

Gewehrlaufbohrer (Bild B 22) sind einlippige Bohrer mit einem Bohrstück aus Schnellstahl, das in ein Bohrrohr eingelötet, etwa das sechs- bis achtfache des Durchmessers lang und mit einem Schmierloch versehen ist. Durch dieses wird die Kühlflüssigkeit unter hohem Druck (bis zu 50 Atm.) zugeführt, um ein Verstopfen des Bohrloches durch Späne zu verhüten.

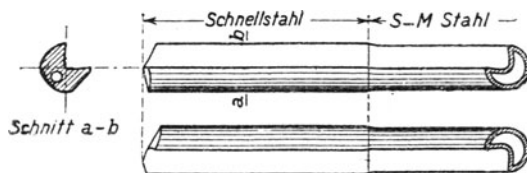


Bild B 22.

Dieser Bohrer liefert saubere Bohrungen; die Bohrriefen sind flacher als beim Spiralbohrer, was bei hartem Material, bei dem das Aufreiben der Bohrungen Schwierigkeiten bietet, sehr wesentlich ist. Die Vorschubkraft ist bis zu 50 v. H. geringer als beim Spiralbohrer, sofern die Spannute genügend tief ist. Die Gefahr einer Knickung ist erheblich geringer, weshalb dieser Bohrer für tiefe Bohrungen (Läufe) besonders geeignet ist. Die Spannute muß möglichst bis auf die Bohrerachse gefräst sein; ihre gute Glättung durch Feinschliff erleichtert das Abfließen der Späne und verhindert ein Verstopfen. Als Bohrrohr dient ein Stahlrohr, in das mit Hilfe einer Vorrichtung durch eine gehärtete Stahlrolle eine Rille eingedrückt ist. Zur Verstärkung gegen Verdrehung empfiehlt es sich, kürzere Rohre im Einsatz zu härten. Bei längeren läßt sich das nicht mehr ausführen; es ist dann der Vorschub der Verdrehungsfestigkeit des Bohrers anzupassen.

Beim einlippigen Bohrer wird das Bohren „von unten“ mit Vorteil angewendet, weil hierbei die Zufuhr des Kühlmittels leichter auszuführen ist. Beim Bohren muß das Werkstück sich drehen, während der Bohrer feststeht, weil er sonst wegen seines unebenen Querschnittes bei der Drehung ausknicken würde (s. auch Seite 284).

Der Querschnitt des Bohrers wird zweckmäßig nach Bild 23 ausgeführt. Der Bohrer hat an 3 Stellen *a*, *b*, *c* Führung; die



Bild B 23.

Fase *a* ist höchstens 0,5 mm breit und stark hinterschliffen und dient dazu, die kleinen Späne, die sich hinter den Bohrer zwängen wollen, zu erfassen und in die Spannute zu leiten. Sie soll sich federnd und schabend an die Wand der Bohrung anlegen. Die Führung *a* liegt an der Schneidkante. Verwendet man einfache rund geschliffene Bohrer ohne Fase *a*, so entstehen durch Einklemmen von Spänen zwischen Bohrer und

Bohrungswand tiefe Bohrriefen, in denen sich Späne mit der gewöhnlichen Folge des Bohrerbruches klemmen.

Die Umdrehungszahl des Werkstückes ist bis doppelt höher als beim Spiralbohrer zu wählen. Der Vorschub beträgt für Gußstahl bei 8 mm Bohrung etwa 8 bis 12 mm minutlich, je nach der Güte des verwendeten Werkzeugstahles und des Kühlmittels. Am besten hat sich Rüböl bewährt. Die Spanstärke ist etwa 0,01 mm.

Beim richtig geschliffenen Bohrer entsteht ein langer zusammenhängender Span. Ein stumpfer oder unrichtig geschliffener Bohrer erzeugt kleine Spänekörner, die das Kühlröhrchen leicht verstopfen, wodurch die Späneabfuhr versagt und Bruch des Bohrers eintritt. Das Anschleifen und Nachschleifen darf nicht von Hand, sondern muß sehr sorgfältig mit Hilfe besonderer Vorrichtungen erfolgen. Die Schneidspitze muß genau im ersten Viertel des Bohrerdurchmessers stehen (Bild B 24); die Schneidwinkel müssen beiderseits genau gleich groß sein, damit der Bohrer nicht seitlich abgedrängt wird und infolge der erhöhten Reibung an der Lochwandung bricht.

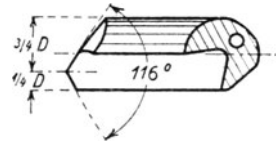


Bild B 24.

Aufbohrer und Senker. Zum Aufbohren vorgebohrter oder gegossener Löcher dienen die nachbeschriebenen Aufbohrer; sie sind zum Bohren in das volle Material nicht geeignet.

Spiralsenker (Bild B 25) sind durch die dreifache Führung nicht so sehr der Gefahr des Verlaufs ausgesetzt wie Spiralbohrer, denen sie sonst in der Steigung des Dralles, der Fase und den Spitzen-, Schneid- und Hinterschleifwinkeln gleichen. Das Anschleifen der Schneidlippen muß mit großer Sorgfalt vorgenommen werden. Spiralsenker arbeiten nur dann zufriedenstellend, wenn alle 3 Schneiden gleichmäßig zum Schnitt kommen,



Bild B 25.

was nur möglich ist, wenn die Spitzenwinkel durchaus gleich und die Schneidkanten genau in gleicher Höhe stehen. Spiralsenker dürfen nicht von Hand angeschliffen werden. Das Nachschleifen

kann auf den meisten Spiralbohrerschleifmaschinen erfolgen. Um gleiche Höhe der Schneidkanten zu erzielen, muß der Senker mit seinem Schaftende an dem verstellbaren Anschlag des Bohrerhalters der Schleifmaschine anliegen.

Aufstecksenker (Bild B 26). Aufstecksenker dienen dem gleichen Zwecke wie Spiralsenker. Sie werden hauptsächlich zum Bohren in Gußeisen verwendet. Die Senker werden an den Führungsflächen rund geschliffen, und zwar so, daß das Werkzeug hinten

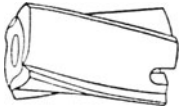


Bild B 26.

um einige hundertstel Millimeter schwächer ist. Die Spiralsteigung des Dralles beträgt etwa $12-15^\circ$ (Berechnung wie bei Fräser S. 330), der dem Spitzenwinkel des Spiralbohrers entsprechende schräge Anschliff der Schneiden $30-45^\circ$. Für hartes Gußeisen wird der kleinere Spitzenwinkel gewählt. Der Hinterschliff soll etwa 6° betragen. Bezüglich des Nachschleifens gilt in verstärktem Maße das bereits beim Spiralsenker Gesagte. In den meisten Werken bedient man sich zum Nachschleifen der Aufstecksenker besonderer Vorrichtungen, die auf Werkzeugschleifmaschinen benutzt werden. Diese Vorrichtungen bestehen in der Hauptsache in einem gut gelagerten Dorn, der vorn zur Aufnahme des Senkers dient und hinter dem Lager eine kleine Teilscheibe mit 4 Löchern trägt. Zwischen Fußplatte der Vorrichtung und Dornlager ist ein feststellbares Gesenk mit Gradeinteilung vorgesehen, das die Einstellung des Spitzenwinkels gestattet. Mitunter ist noch eine besondere Einstellung des Hinterschleifwinkels vorgesehen, die sich aber bei den meisten Werkzeugschleifmaschinen erübrigt. Praktisch ist es belanglos, ob der Hinterschliff nach Art des Spiralbohrers als gekrümmte oder wie beim Drehstahl als gerade Fläche ausgeführt wird. **Wichtig ist nur die vollkommene Übereinstimmung aller 4 Schneiden, sowohl in bezug auf Spitzenwinkel als auf Schneidhöhe.**

Beim Arbeiten rauh gewordene Führungsflächen sind mit dem Ölstein zu glätten, bevor die Zerstörung der Flächen größeren Umfang angenommen hat.

Reibahlen für zylindrische Bohrungen. Diese Werkzeuge werden meist mit ungleicher Zahnteilung ausgeführt, um das Rattern zu verhüten. Ist ein Zahn durch Fortschaffung einer Unrundheit oder harten Stelle in einem aufzureibenden Loche mehr belastet, so unterstützen ihn die andern Zähne bei einer Reibahle mit gleicher Teilung immer von derselben Stelle aus. Der Fehler wird sich immer an der gleichen Stelle des Loches zeigen und nie ganz verschwinden. Bei Reibahlen mit ungleicher Teilung wird auf dem halben Umfang die Zahnteilung in logarithmischer Folge mit jedem folgenden Zahn kleiner; die Schneiden der gegenüberliegenden Zähne liegen in einer durch den Mittelpunkt gehenden Geraden, so daß der Durchmesser der Reibahle ohne Schwierigkeit gemessen werden kann. Beim Arbeiten werden stärker belastete Zähne stets von anderen Stellen der Lochwandung aus unterstützt. Die logarithmische Teilung ist mit gewöhnlicher

Teilvorrichtung nicht leicht zu erzielen. Die in der nachstehenden Tafel ersichtliche Ungleichteilung ist mit dem auf jeder Universalfräsmaschine befindlichen Teilkopf (Teilschnecke 40 Umdrehungen) auszuführen.

Zähnezahl der Reibahle	Teilscheibe	Ganze Umdrehungen und Lochzahl für													
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Zahn	
6	21	5 ¹³	6 ¹⁴	7 ¹³											
8	21	4 ⁰⁶	4 ¹⁶	5 ⁰⁵	5 ¹⁵										
10	49	3 ²¹	3 ³⁵	4 ⁰⁰	4 ¹⁴	4 ²⁸									
12	41	2 ³⁴	3 ⁰²	3 ¹⁰	3 ¹⁸	3 ²⁵	3 ³⁴								
14	37	2 ¹⁷	2 ²²	2 ²⁷	2 ³²	3 ⁰⁰	3 ⁰⁴	3 ⁰⁹							
16	49	2 ⁰⁷	2 ¹²	2 ¹⁷	2 ²²	2 ²⁷	2 ³²	2 ³⁷	2 ⁴²						
18	59	1 ⁵³	1 ⁵⁷	2 ⁰³	2 ⁰⁸	2 ¹³	2 ¹⁸	2 ²²	2 ²⁸	2 ³³					
20	62	1 ⁴⁴	1 ⁴⁸	1 ⁵²	1 ⁵⁶	1 ⁶⁰	2 ⁰²	2 ⁰⁶	2 ¹⁰	2 ¹⁴	2 ¹⁸				
22	58	1 ³²	1 ³⁶	1 ³⁸	1 ⁴²	1 ⁴⁴	1 ⁴⁸	1 ⁵⁰	1 ⁵⁴	1 ⁵⁶	2 ⁰²	2 ⁰⁴			
24	46	1 ¹⁹	1 ²¹	1 ²³	1 ²⁵	1 ²⁷	1 ²⁹	1 ³¹	1 ³³	1 ³⁵	1 ³⁹	1 ⁴²	1 ⁴⁴		

Beispiel: Für eine Reibahle mit 8 Zähnen ist eine Teilscheibe mit 21 Loch zu nehmen. Zur Fräsung des ersten Zahnes sind 4 Umdrehungen und 6 Löcher, zu der des zweiten 4 Umdrehungen und 16 Löcher zu nehmen usw. Sind 4 Zähne, also die Hälfte der Reibahle, gefräst, wird wieder von vorn begonnen, mit 4 Umdrehungen und 6 Löchern.

Bei Herstellung größerer Mengen ist es vorteilhaft, für die ungleiche Teilung besondere Teilscheiben zu verwenden. Die Nutenform selbst, ob geradlinig oder spiralig, ist von bedeutendem Einfluß auf die Schneidfähigkeit und auf die erforderliche Vorschubkraft. Reibahlen sollen ja im allgemeinen mit großem Vorschub und kleiner Schnittgeschwindigkeit arbeiten. Ist der Nutendrall der Schnittrichtung gleichgerichtet, so hat das Werkzeug die Neigung sich in das Werkstück hineinzuwinden, was zu einem übergroßen Vorschub und zu einem Steckenbleiben führen kann. Ist der Drall der Schnittrichtung entgegengesetzt (Bild B 27 und B 28), so tritt die genannte Erscheinung nicht auf, dafür hat man aber eine größere Kraft in Richtung des Vorschubes auszuüben, doch ist dieses das kleinere Übel. Bei Rechtsdrall und Rechtsschnitt kann ein zu großer Vorschub durch ein Anzugsgewinde vermieden werden, das den Vorschub in ganz bestimmter Größe hält (Bild B 29); die Reibahle muß dann aber rückwärts gedreht werden, wenn sie aus dem Loch herausgenommen werden soll, bevor es fertig ausgerieben ist. Hierbei können sich Späne zwischen Schneiderücken und Lochwand klemmen und Beschädigungen der Lochwand und Schneidkanten veranlassen.



Bild B 27.



Bild B 28.



Bild B 29.

Vorschub in ganz bestimmter Größe hält (Bild B 29); die Reibahle muß dann aber rückwärts gedreht werden, wenn sie aus dem Loch herausgenommen werden soll, bevor es fertig ausgerieben ist. Hierbei können sich Späne zwischen Schneiderücken und Lochwand klemmen und Beschädigungen der Lochwand und Schneidkanten veranlassen.

Die Länge des Anschnittes ist sehr verschieden, an Maschinenreibahlen sehr kurz, an Handreibahlen oft bis zu einem Drittel der Schneidelänge. Ein kurzer Anschnitt hat den Vorteil, daß die

Schneidarbeit vorwiegend von der vorderen Schneidkante geleistet wird und die eigentlichen Zahnschneiden nur das Glätten der Lochwand besorgen; notwendig ist dabei aber eine gute Führung außerhalb der Bohrung. Den Handreibahlen dient der schlanke Anschnitt gleichsam als Führung. Hand- und Maschinenreibahlen, die vor den Schneiden mit einem Führungsstück versehen sind, müssen besonders vorsichtig gehandhabt werden, wenn in senkrechter Richtung gearbeitet wird, um ein Festklemmen der Späne zwischen Führung und Lochwand zu verhüten. Die Spanabnahme soll selbst bei großen Reibahlen nicht mehr wie 0,3 mm betragen; deswegen sind die Löcher dementsprechend genau vorzubohren bzw. auszudrehen.

Das Schärfen der Reibahlen erfordert ganz besonders viel Sorgfalt und Umsicht. Vor dem Schärfen empfiehlt sich ein Rundschleifen, damit alle Zähne gleichmäßig arbeiten. Hierauf wird die Fase und wenn nötig auch die Brust geschliffen. Der Hinterschliff an der Fase soll nicht mehr als 3° betragen. Der Schaft dient der Reibahle als Führung, wenn sie aus der Bohrung austritt, und ist deshalb um ein Geringes schwächer als der Reibahldurchmesser. Für Handreibahlen ist Werkzeugstahl zu verwenden; Schnellstahl ergibt nur bei Maschinenreibahlen nennenswerten Vorteil, da beim Ausreiben immer mit kleiner Schnittgeschwindigkeit gearbeitet werden soll.

Kegelreibahlen.

Die Reibahlen für Schaft- und Lagerkegel sind des verhältnismäßig stumpfen Winkels wegen als Vor- und Fertigreibahlen herzustellen. Die Vorreibahle (Bild B 30) erhält Spanbrechnuten, die in linksgängiger Spirale aufeinander folgen. Das auszureibende Loch muß unbedingt schon kegelig ausgedreht sein, sonst ist keine genaue Arbeit zu erzielen, und das Werkzeug würde zu sehr beansprucht. Die Fertigreibahlen (Bild B 31)

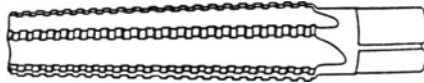


Bild B 30.



Bild B 31.



Bild B 32.



Bild B 33.

werden vorzugsweise geradnützig hergestellt. Stiftlöcher bis 5 mm können mit fünfkantigen Reibahlen (Bild B 32) bearbeitet werden; größere erhalten gerade Nuten (Bild B 31 und B 33).

Handreibahlen. Die in Bild B 27 dargestellte Vorreibahle dient zur größten Spanabnahme. Der Drall ist links gerichtet, also entgegengesetzt der Schnittrichtung. Die Reibahle windet sich daher nicht selbsttätig fest beim Arbeiten und kann ohne Rückwärtsdrehen jederzeit aus dem Bohrloch herausgenommen werden. Der Anschnitt wird meistens bedeutend kürzer gehalten als bei der Fertigreibahle nach Bild B 28. Handreibahlen mit gewundenen

Zähnen benötigen keine ungleiche Teilung. Dies ist hingegen erforderlich bei gerade genuteten nach Bild B 34, besonders zum Ausreiben dünnwandiger Gegenstände.



Bild B 34.

Maschinenreibahlen. Zum Ausreiben vorgebohrter Löcher werden auf Bohrmaschinen, Dreh- und Revolverbänken Reibahlen nach Art der Ausführung B 35 verwendet. Der Anschnitt ist hier

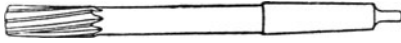


Bild B 35.

sehr kurz, das Schleifen erfolgt nur an der Fase des Vorderendes, um ein Verringern des Durchmessers zu verhüten. Die eigentliche Schneide an der Stirnseite der Reibahlen ist etwa 30° bis 45° zur Werkzeugachse geneigt. Das Abrunden der Ecken ist für die Schnitthaltigkeit der Schneiden vorteilhafter, aber viel schwieriger auszuführen. Das Schaftende wird bei kleineren Reibahlen zylindrisch, bei größeren kegelförmig ausgeführt. Zur Verwendung in elektrischen und Preßluft-Handbohrmaschinen ist die Reibahle nach Bild B 36 zweck-

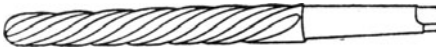


Bild B 36.

mäßig. Der Drall ist hier um 30° zur Achse geneigt und der Schnitttrichtung entgegengesetzt. Das vordere Ende ist wie bei Handreibahlen kegelig ausgebildet, um eine gute Führung zu erzielen. Diese Reibahle dient hauptsächlich zum Ausreiben von Löchern in Kesselblechen, Eisenkonstruktionen und dgl.

Unverstellbare Aufsteckreibahlen finden im Maschinenbau sehr ausgedehnte Verwendung. Die grobgezahnten, mit 3 oder 4 Schneiden, häufig als Aufstecksenker bezeichnet, sind bereits in dem Aufsatz über Bohren behandelt. Die feingezahnten, Bild B 37, dienen für die Fertigstellung der Bohrung, für den letzten Schnitt auch die weiter unten besprochenen verstellbaren Aufsteckreibahlen. Die unverstellbaren Aufsteckreibahlen werden wie die Schaftreibahlen nur an der vorderen Fase geschliffen, um den Durchmesser und die Lebensdauer nicht zu beeinträchtigen, und leicht kegelig ausgebohrt; sollen sie aber nicht immer an der gleichen Stelle der Bohrstanze befestigt werden, so empfiehlt sich eine

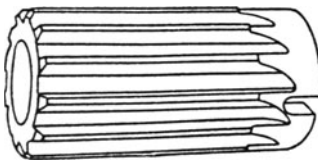


Bild B 37.

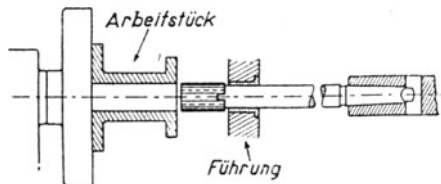


Bild B 38.

zylindrische Bohrung. Die Bohrstangen für diese Werkzeuge sind äußerst sorgfältig herzustellen und müssen genau rundlaufen. Sie sind unbedingt vor der zu bearbeitenden Bohrung und wenn möglich auch hinter der Arbeitsstelle gut zu führen. Anfressen der Reibahlen, rauhe oder kegelige Löcher, Bohrstangenbruch sind fast immer nur auf unrichtigen Einbau der Bohrstangen oder

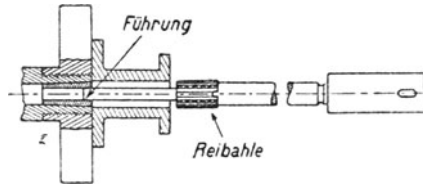


Bild B 39.

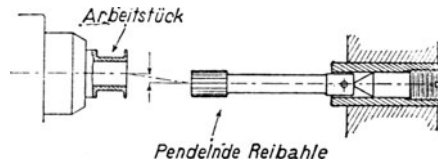


Bild B 40.

schlechte Führung zurückzuführen. Gute Bohrstangenfürungen zeigen Bilder B 38 und B 39, schlechte hingegen Bild B 40. Letztere Art ist unter der Bezeichnung „pendelnde Aufspannung“ allgemein bekannt, sie gibt aber keine Gewähr für gute Werkzeugführung, denn die Reibahle kann doch schräg zur Achse der Bohrung kommen und arbeitet alsdann sehr ungünstig.

Nachstellbare Reibahlen. Die nachstellbaren Reibahlen sind ausnahmslos nach jedem Verstellen vor dem Schärfen erst rund zu schleifen. Mit Einmesserreibahlen kann hohe Genauigkeit erzielt werden, wenn eine ganz geringe Spanabnahme genügt, d. h. die Löcher bereits durch andere Reibahlen vorgerieben waren. Schon bei mäßiger Spanabnahme entstehen Rattermarken, und es sind dann Reibahlen mit mehreren Schneiden nach Bild B 41 vorzusehen.

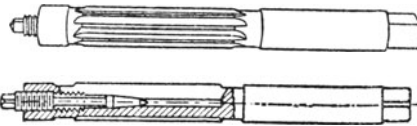


Bild B 41.

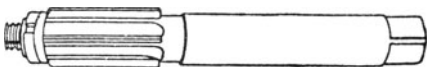


Bild B 42.

Die Verstellbarkeit ist verhältnismäßig gering, beträgt bei einem Durchmesser von 15 mm höchstens 0,2 mm und gilt nur für die Mitte der Schneiden. An den Enden ist keine Verstellung möglich, weswegen dieses Werkzeug nur für durchgehende Bohrung anzuwenden ist.

Bei der Ausführung nach Bild B 42 sind die Messer in den Schaftkörper eingesetzt.

Auch hier dient die Verstellbarkeit nur zum Ausgleich der Abnutzung, nicht zum Einstellen auf beliebiges Maß. Beim Rundschleifen ist sehr zu achten auf Rundlaufen des Schaftes.

Für Bohrungen über 20 mm werden häufig Stangenreibahlen (Bild B 43) verwendet. Die Messer sind einfache prismatische Stahlstäbe, daher leicht herzustellen. Zum Ausreiben von Sacklöchern sind die Reibahlen nach Bild B 44 zu empfehlen. Hier sind jeweils zwei Schneiden aus einem Stück hergestellt und mit zwei Senkschrauben in den Nuten des Reibahlenkörpers befestigt. Das Nachstellen geschieht durch Einfügen von Papierunterlagen unter die Messer. Diese Art der Nachstellung ist zwar etwas umständlich, jedoch nur selten notwendig und gibt andererseits die Gewähr, daß der Arbeiter nicht so ohne weiteres von sich aus eine Verstellung vornimmt. Es würde hier zu weit führen, alle Bauarten von verstellbaren Reibahlen näher zu erörtern, da fast jede Werkzeugfabrik ihre eigene Ausführung hat.

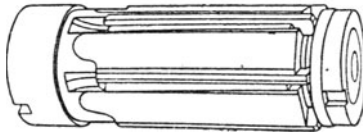


Bild B 43.

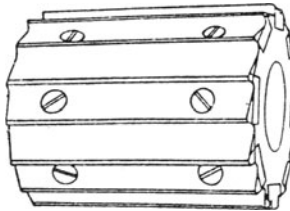
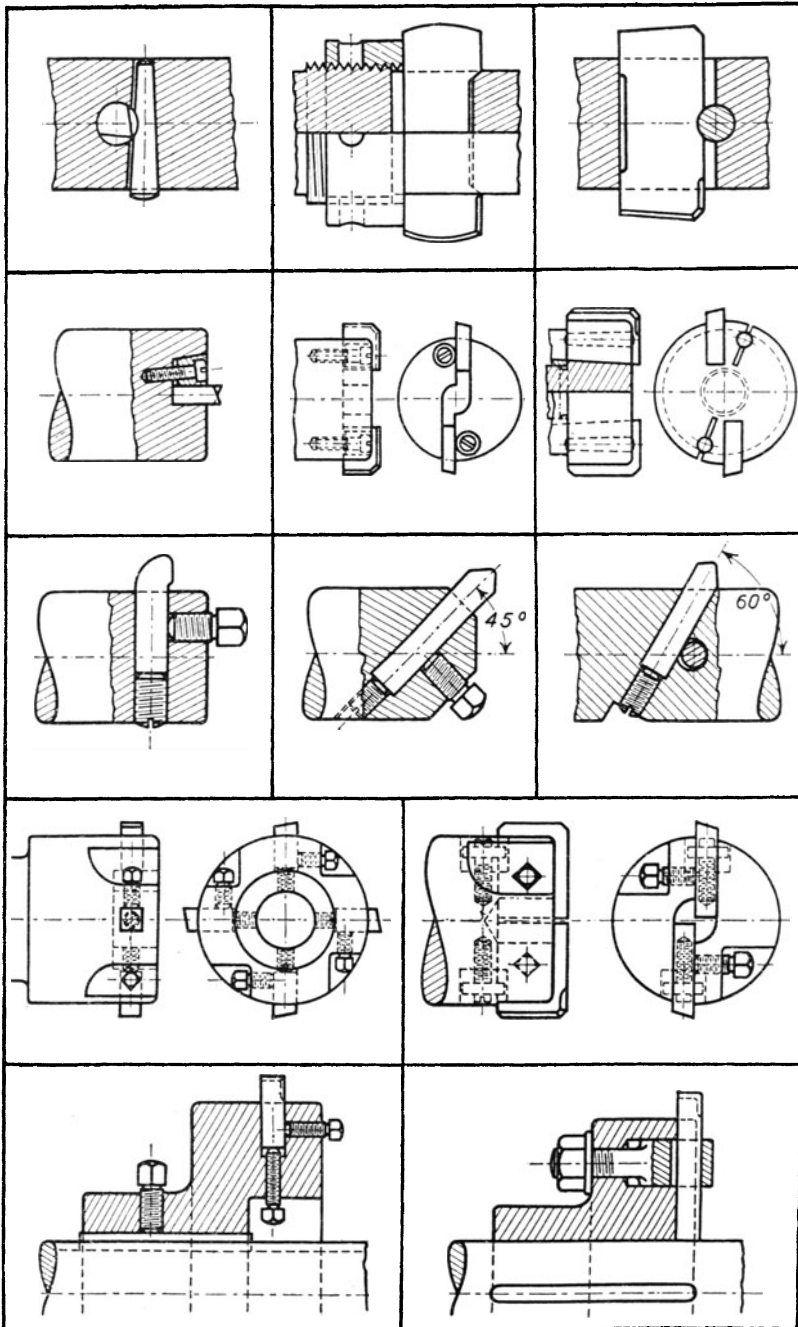
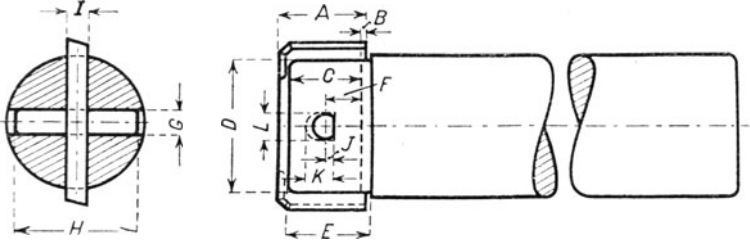


Bild B 44.

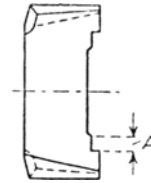
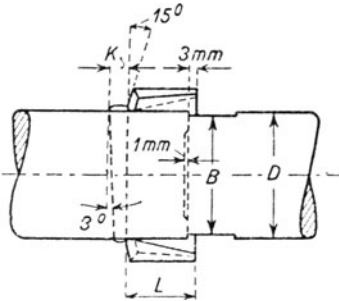
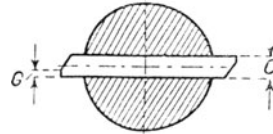
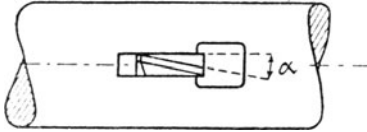
Aufbohrwerkzeuge. Diese werden in überaus großer Verschiedenheit ausgeführt. Bei allen Aufbohrwerkzeugen ist in erster Linie auf gute Führung des Werkzeuges zu achten. Der Bohrstangendurchmesser soll immer so groß als möglich genommen werden, um Durchbiegungen zu vermeiden. Wenn irgend möglich, ist das Bohrwerkzeug in unmittelbarer Nähe und auf beiden Seiten der Arbeitsstelle zu führen. Die Vorschubrichtung des Werkzeuges bzw. des Arbeitsstückes muß mit der Drehachse und der Führungsrichtung gleichgefuchtet sein. Hiergegen wird von unachtsamen Arbeitern öfter gefehlt, und kegelige, ungenaue Bohrungen, sowie Bohrstangenbruch sind die üblen Folgen davon. Allerdings kann der Fehler auch derart an der Maschine liegen, daß er kaum noch zu beheben ist, ohne große Änderungen vorzunehmen. Am empfehlenswertesten sind jene Bohrarten, bei denen das Bohrwerkzeug sich dreht und gleichzeitig den Vorschub ausführt, der Vorschubdruck aber hinter den Bohrstangenfürungen ausgeübt wird. Im folgenden sind einige bewährte Bauarten von Bohrwerkzeugen wiedergegeben.



Normalabmessungen von Bohrstangen.



Durchmesser mm	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm	I mm	J mm	K mm	L mm
25	22	1,5	18	22	21	9	6	20	6	5	8	6,5
30	25	1,5	21	27	24	10	7	25	6,5	5,5	9	7,5
35	27	1,5	23	32	26	12	8	30	7	6	10	8,5
40	30	1,5	25	37	29	13	9	35	8	6,5	10,5	9,5
45	33	1,5	28	42	32	14	10	40	8,5	7	11	10,5
50	36	1,5	31	46	34	15	11	44	9	7,5	12	11,5
55	38	1,5	33	50	37	16	12	48	10	8	13	12,5
60	42	1,5	35	55	39	17	13	53	10,5	8,5	14	13,5
65	44	1,5	38	60	42	18	14	58	11	9	14,5	14,5
70	47	1,5	41	65	44	19	15	63	11,5	9,5	15	15,5
75	50	1,5	44	70	47	20	16	68	12	10	16	16,5



Maße in Millimetern								Maße in Millimetern							
D	B	L	A	C	G	H	K	D	B	L	A	C	G	H	K
10	8	12	2	2,5	0,8	5 ⁰	3,5	65	63	40	8	12	2	10 ⁰	10
13	11	14	2	3	0,8	5 ⁰	3,5	70	68	40	8	12	2	10 ⁰	10
16	14	16	3	4	0,8	6 ⁰	4	75	73	40	8	12	2	10 ⁰	10
20	18	18	3	6	0,8	6 ⁰	5	80	78	45	10	15	2,5	10 ⁰	10
25	23	22	4	7	1,0	7 ⁰	5	85	83	45	10	15	2,5	10 ⁰	10
30	28	25	4	8	1,0	7 ⁰	6	90	88	45	12	15	2,5	10 ⁰	12
35	33	30	4	8	1,2	7 ⁰	6	95	93	45	12	15	2,5	10 ⁰	12
40	38	35	5	8	1,2	7 ⁰	7	100	98	50	12	20	3,0	10 ⁰	12
45	43	40	5	10	1,5	8 ⁰	7	110	108	50	12	20	3,0	10 ⁰	15
50	48	40	5	10	1,5	8 ⁰	8	120	118	50	12	20	3,0	10 ⁰	15
55	53	40	6	12	1,5	8 ⁰	8	125	123	50	12	20	3,0	10 ⁰	15
60	58	40	6	12	1,5	8 ⁰	8								

Drehstähle.

Die günstigste, zugleich wirtschaftlichste Art, ein bestimmtes Arbeitstück abzdrehen, verlangt die richtige Wahl der Arbeitsgeschwindigkeiten und des Drehstahles.

Über die günstigsten Geschwindigkeiten geben die Tafeln über Schnittgeschwindigkeiten (S. 395) Auskunft, soweit dies allgemein möglich ist. Ihre Werte setzen genügend starke Maschinen und sichere Einspannung voraus.

Für den Drehstahl ist folgendes zu beachten:

I. Kräfte und Winkel.

Kräfte an der Schneide.

Durch den Schneidvorgang entstehen an der Schneide die 2 Kräfte P und N (Bild D1):

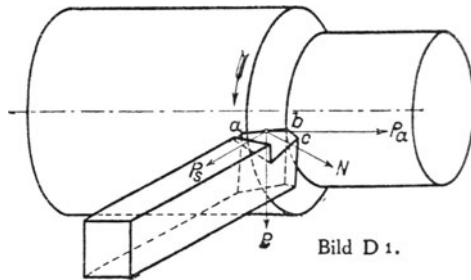
P senkrecht nach unten, N senkrecht zur Schnittfläche wirkend. Zerlegt man N in die 2 Teilkräfte Pa parallel zur Achse und Ps senkrecht dazu, in Richtung des Stahlschaftes, so stellen P , Pa und Ps 3 senkrecht zueinander stehende Kräfte dar, die für Werkzeug und Maschine maßgebend sind.

Abhängigkeit der Kräfte vom Material und Span des Arbeitstückes. Wird der Drehstahl als gegeben vorausgesetzt, so hängt die Größe der Kräfte P , Pa , Ps vom Material des Arbeitstückes und vom Span ab, hingegen so gut wie gar nicht von der Schnittgeschwindigkeit.

1. Kraft P , die Schnittkraft im engeren Sinne, ist bei weitem die größte der 3 Kräfte. Sie bestimmt im wesentlichen die Größe des in die Drehbankspindel einzuleitenden Momentes, bzw. im Verein mit der Umfangsgeschwindigkeit die einzuleitende Arbeit (die außer P noch die Reibung im Spindelkasten und die Reibung des Spans an der Schneidbrust überwinden muß). P ist bei gleichem Span für jedes Material verschieden, und zwar um so größer, je größer Härte, Festigkeit und Zähigkeit des Materials ist. Bei gleichem Material ist P aber nicht einfach verhältnismäßig dem Spanquerschnitt f . In der Gleichung $P = a \cdot f$ ist der Wert a also nicht unveränderlich, sondern abhängig von der Form und Größe des Querschnittes. a ist um so größer, je kleiner der Querschnitt und je größer verhältnismäßig seine Oberfläche ist. Für die Rechnung brauchbare Werte von a in kg/mm^2 gibt folgende Zahlentafel. Für die verschiedenen Materialien sind dort je 3 verschiedene Werte von a angegeben, und zwar in:

- a_1 als eine bestimmte Anzahl von kg ,
- a_2 als abhängig von der Zugfestigkeit K_z in kg/mm^2 ,
- a_3 als abhängig von der Spantiefe t und dem Vorschub/Umdrehung v (nach Taylor).

Bei a_1 und a_2 sind die größeren Werte für die kleineren Querschnitte zu nehmen.



Werte der Schnittkraft für 1 mm² Spanquerschnitt.

Material	Weicher Grauguß	Harter Grauguß	Flußeisen und weicher Maschinenstahl	Mittlerer und harter Maschinenstahl	Bronze
$a_1 = \text{kg}$	60 bis 90	90 bis 130	100 bis 150	150 bis 240	60 bis 100
$a_2 = \text{kg}$	4,5 bis 5,5 · Kz	4,5 bis 5,5 · Kz	2,5 bis 3,2 · Kz	2,5 bis 3,2 · Kz	—
$a_3 = \text{kg}$	$88 \cdot \frac{t^{14/15} \cdot v^{3/4}}{t \cdot v}$	$135 \cdot \frac{t^{14/15} \cdot v^{3/4}}{t \cdot v}$	—	$200 \cdot \frac{v^{14/15}}{v}$	—

Den Stahl beansprucht P zweifach (Bild D 2): Einmal die Schneide auf Abscheren bzw. auf Biegung mit dem Moment $P \cdot x$, dann den Schaft auf Biegung mit dem Moment $P \cdot l$. Die freitragende Länge l des Stahles soll daher immer möglichst gering sein.

2. Kraft P_a , die Vorschubkraft, ist gleich dem Gegendruck der Schnittfläche, in Achsenrichtung vermindert um den Spandruck. Sie bestimmt die Arbeit, die in das Vorschubgetriebe einzuleiten ist, und kann im Mittel zu $P/8$ bis $P/4$ angenommen werden. Den Stahl beansprucht P_a auf Abscheren bzw. Biegung, den Schaft auf Biegung.

3. Kraft P_s ist gleich dem Gegendruck der Schnittfläche, senkrecht zur Achse vermindert um den Spandruck. Sie kann im Mittel zu $P/3$ bis $P/2$ angenommen werden. Die Schneide beansprucht P_s entsprechend wie P_a . Das Biegemoment für den Stahlschaft ist nur gering.

Abhängigkeit der Kräfte von der Stahlschneide. Wird das Material des Arbeitstückes und der Span als gegeben vorausgesetzt, so hängen die Kräfte P , P_a , P_s in erheblichem Maße von der Form und Stellung der Schneide ab.

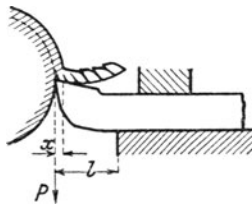


Bild D 2.

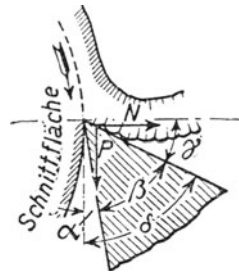


Bild D 3.

Die Winkel an der Stahlschneide seien folgendermaßen bezeichnet (Bild D 3):

- α = Rückenwinkel (Anstellwinkel)
- β = Keilwinkel
- γ = Brustwinkel (Spanwinkel)
- δ = Schnittwinkel

Die eingeklammerten Winkelbezeichnungen beziehen sich auf das Arbeitsstück. Ferner heiße die Fläche der Schneide, über die der Span abfließt, Brustfläche, die Fläche, die gegen die Schnittfläche liegt, Rückenfläche.

1. Kraft P hängt in erster Linie von dem Spanwinkel γ bzw. dem Schnittwinkel δ ab; sie ist um so größer, je größer δ oder je kleiner γ ist. Jedoch darf γ nicht zu groß oder δ nicht zu klein gewählt werden, weil sonst die Widerstandsfähigkeit der Schneide nicht genügt. δ muß um so größer und γ um so kleiner sein, je größer die Härte und Festigkeit des zu zerspanenden Materials ist.

Der Anstellwinkel α dient zur Verminderung der Reibung des Schneiderückens auf der Schnittfläche. Er darf nicht zu groß werden, damit der Keilwinkel nicht zu klein wird und der Stahl nicht einhackt.

P wächst, wenn die Schneide stumpf wird; jedoch sucht die Schneide durch Ausweichen und Verkleinern des Querschnittes das Anwachsen von P zu hindern.

2. Die Vorschubkraft Pa ist um so geringer, je größer der Spanwinkel γ ist, da mit γ der Spandruck in der Achsenrichtung wächst und so den Gegendruck von der Schneide vermindert. Werden Spandruck und Gegendruck gleich, so wird die Vorschubkraft Pa gleich 0, d. h. das Vorschubgetriebe ist vollständig entlastet. Dieser Zustand ist keineswegs günstig, da der Stahl unruhig arbeitet und starke Neigung zum Saugen hat. Es darf auch deshalb γ nicht zu groß genommen werden. Pa ist um so größer, je mehr der Winkel ϱ zwischen Schneidkante und Drehachse (Bild D 7) sich 90° nähert. Pa wächst erheblich, wenn die Schneide stumpf wird.

3. Kraft Ps : Hierfür gilt entsprechend dasselbe wie für Pa . Das Verhältnis $Pa : Ps$ wird hauptsächlich durch den Winkel ϱ bestimmt; je kleiner ϱ , um so größer $Ps : Pa$.

Die günstigsten Schneidwinkel. Von den günstigsten Winkeln wird folgendes verlangt: Die Schneide soll nicht allzu leicht stumpf werden, der Stahl soll nicht einhacken, der Kraftverbrauch soll nicht zu groß sein. Bald steht die eine, bald die andere dieser Forderungen im Vordergrund.

Mittelwerte der Winkelgrößen, die für die in der Werkstatt vorkommenden Arbeiten geeignet sind, enthält folgende Tafel.

Winkel der Drehstahlschneiden (Bild D 3).

Material	Anstellwinkel α		Keilwinkel β		Schneidwinkel δ	
	Schruppen	Schlichten	Schruppen	Schlichten	Schruppen	Schlichten
Flußeisen und weicher Stahl	6–12°	bis 6°	54–68°	bis 70°	< 90°	< 90°
Gußeisen und harter Stahl						
Hartguß	3–6°	bis 3°	85–90°	bis 100°	> 90°	> 90°

II. Schruppstähle.

Form der Schneidkante. Bewährt haben sich sowohl Drehstähle mit gerader Schneide (Bild D 1, D 4, D 5, D 8, D 9) wie mit gebogener Schneide (Bild D 6, D 11). Die gerade Schneide gibt zweifellos eine weniger glatte Arbeitsfläche (Bild D 4), sie läßt sich aber leichter durch Schleifen herstellen. Die Ecke bei b wird zweckmäßig etwas gerundet; ist sie scharf, schneidet auch ein kurzes Stück der hinteren Kante bc . Die gebogene Schneide gibt eine saubere Drehfläche und hat weniger Neigung zu Erschütterungen.

Lage der Schneidkante zur Drehachse. Von oben gesehen, im Grundriß, steht die Schneidkante vorteilhaft nicht senkrecht zur Drehachse, sondern geneigt um den Winkel ϱ . Bild D 7. Das begünstigt den ruhigen Spanabfluß, vermindert den Kraftverbrauch

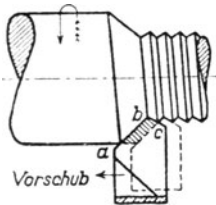


Bild D 4.

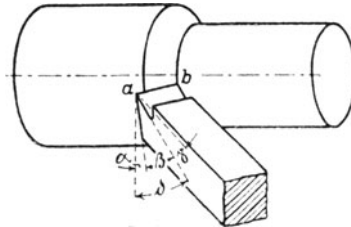


Bild D 5

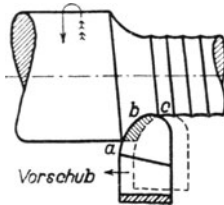


Bild D 6.

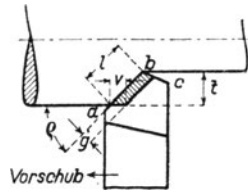


Bild D 7.

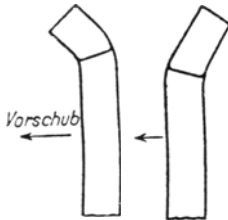


Bild D 8 u. 9.

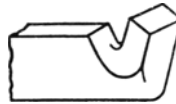
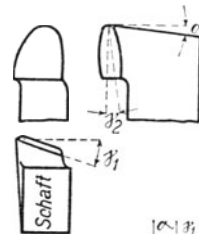


Bild D 10.



Für Guss Eisen u. harten Stahl $\left[\begin{matrix} 6^\circ & 14^\circ & 18^\circ \\ 6^\circ & 22^\circ & 28^\circ \end{matrix} \right]$
 .. weichen Stahl.

Bild D 11.

und erhöht die Haltbarkeit der Schneide. Die Winkel zwischen 30° und 45° haben sich als die günstigsten erwiesen. Winkel ϱ bestimmt im Verein mit dem Vorschub v und der Schnitttiefe t die Spanbreite l und Spanstärke g . Bild D 7.

$$\text{Es ist: } l = \frac{t}{\sin \varrho}; g = v \cdot \sin \varrho.$$

Form des Schneidkopfes. Der Schneidkopf wird vielfach gekröpft, nach vorn (Bild D 8) in der Vorschubrichtung, um den Stahl mannigfach verwenden zu können; nach hinten (Bild D 9), um ein Einhacken sicher zu vermeiden, nach oben (Bild D 10 und D 11 = Taylor-Stahl), um die Brust bequem schleifen zu können. Jedoch nimmt der Gebrauch der geraden Stähle (Bild D 11 und D 4), deren Schneidkopf ohne Schmieden ausgeschliffen wird, immer mehr zu, obwohl sie unbequemer zu schleifen sind; denn das Schmieden ist nicht nur teuer, sondern verdirbt auch leicht den Stahl.

III. Schlichtstähle.

Schlichtstähle haben, seit das Schlichten vielfach durch das Schleifen verdrängt ist, sehr an Bedeutung verloren.

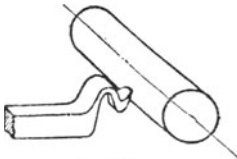


Bild D 12.

Sie haben eine runde Schneide oder ein Stück Schneidkante, das parallel zur Drehachse steht. Sehr gut arbeiten die Gänsehäule Bild D 12, da sie mit Sicherheit das „Einhaken“ vermeiden. Wirklich saubere Schlichtarbeit, wenigstens bei schmiedbarem Eisen, wird aber nur unter Anwendung eines geeigneten Schneidöles erzielt.

IV. Formstähle.

Arten der Formstähle. Die Formstähle, die in großer Zahl an Revolver- und selbsttätigen Drehbänken benutzt werden, sind nach ihrer äußeren Gestalt in 2 Gruppen zu scheiden: Runde Formstähle und gerade prismatische Formstähle.

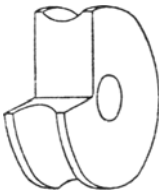


Bild D 13.

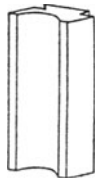


Bild D 14.

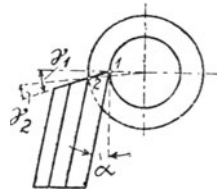


Bild D 15.

Die runden Formstähle (Bild D 13), die meist nur für schmale und mittelbreite Teile benutzt werden, haben den Vorzug, daß sie bequem auf der Drehbank hergestellt und, wenn nötig, aus mehreren Teilen zusammengesetzt werden können, ferner, daß sie in der Höhe verhältnismäßig wenig Raum gebrauchen; den Nachteil dagegen, daß ihre sichere Befestigung schwieriger ist. Die geraden Formstähle (Bild D 14), die gehobelt (und auch geschliffen) werden, kommen in allen Größen vor.

Schleifen der Formstähle. Runde wie gerade Formstähle werden an der ebenen Brustfläche nachgeschliffen; sie ändern hierbei ihre Schneidenform nicht und erzeugen nach wie vor richtige Profile.

Span- oder Brustwinkel. Er ist für die Bearbeitung von Eisen und Stahl meist $= 0$ oder doch nur wenige Grad groß, weil erfahrungsgemäß der Stahl dann am ruhigsten arbeitet. Bei Kupfer und ähnlichen Stoffen wird er dagegen bis 40° groß genommen. Bild D 15 zeigt, daß der Brustwinkel γ , wenn er größer als 0 ist, an den verschieden tiefen Stellen der Schneidkante verschiedene Größe hat (um so kleiner, je weiter die Stelle nach außen hin liegt), doch ist das von merkbarem Einfluß nur, wenn das Profil im Verhältnis zum Durchmesser sehr tief ist.

Anstell- oder Rückenwinkel. Der Anstellwinkel α schwankt zwischen 3 und 15° . Er wird beim geraden Stahl dadurch erhalten, daß von vornherein die Rückenfläche unter dem vorgeschriebenen Winkel gearbeitet wird, beim runden dadurch, daß die Brustfläche nicht radial zum Mittelpunkt läuft, sondern tangential an einen Kreis vom Halbmesser h (Bild D 16). Ist r der Halbmesser des Formstahles, so kann für jeden Anstellwinkel α der Halbmesser h bestimmt werden aus der Gleichung $h = r \cdot \sin \alpha$.

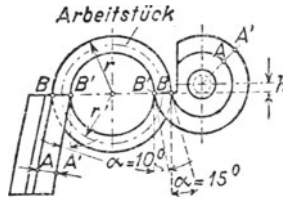


Bild D 16.

Für häufig vorkommende Werte ist h der Schleiftafel (S. 315) zu entnehmen. Um das Maß h muß die Achse des Rundstahles höher stehen als die Achse des Arbeitsstückes.

Bei tiefen Profilen kann für r der Halbmesser r' , der ungefähr der Mitte des Profils entspricht, eingesetzt werden, weil α sich an den verschiedenen tiefen Stellen des Profils verschieden ergibt. Für runde Stähle kann der Anstellwinkel kleiner sein als für gerade, da die Rückenfläche sich schneller nach hinten fortzieht (Bild D 16). Demgemäß kann er auch für runde Stähle um so kleiner sein, je kleiner der Durchmesser des Stahles und des Arbeitsstückes ist.

Weiter hat aber auch die Form einen Einfluß auf den Rückenwinkel: Je mehr ein Kantenstück der Schneide sich der senkrechten Lage zur Drehachse nähert, um so größer muß der Rückenwinkel sein; denn das seitliche Freischneiden eines schrägen Kantenstückes hängt außer vom Neigungswinkel ε vom Rückenwinkel α ab (Bild D 17), in der Weise, daß es zugleich mit ε und α wächst. Der seitliche Anstellwinkel α_s , der ein Maß für das Freischneiden ist, bestimmt sich aus der Gleichung $\operatorname{tg} \alpha_s = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varepsilon$.



Bild D 17.

Profilverzerrung. Das Profil AA' (Bild D 16), senkrecht zur Rückenfläche beim geraden Stahl und radial beim runden Stahl, das für die Herstellung der Stähle maßgebend ist, ist anders als das Profil BB' der Brustfläche, das auf das Arbeitsstück übertragen wird. Das Arbeitsstück wird also nicht genau das gewünschte Profil bekommen, wenn dieses in den Formstahl eingearbeitet wird. Solange der Anstellwinkel klein ist, etwa bis 5° , also bei den

meisten kleineren Winkeln, ist diese Verzerrung jedoch gering und belanglos. Damit der Formstahl ein genau richtiges Profil schneidet, muß er selbst ein etwas verzerrtes haben. Dieses wird beim runden Formstahl dadurch erzielt, daß der ihn erzeugende Stahl beim Drehen um h unter Mitte gestellt wird, beim flachen Formstahl durch Hobeln mit einem Messer, welches das Werkstückprofil besitzt und um den $\sphericalangle a$ schräg gestellt wird.

Das für jeden gewählten $\sphericalangle a$ erforderliche verzerrte Profil ist leicht zeichnerisch zu ermitteln (Bild D 18 und D 19) und kann danach unmittelbar in den runden wie in den geraden Formstahl eingearbeitet werden.

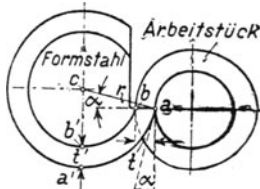


Bild D 18.

t sei die Tiefe des richtigen, im Arbeitsstück zu erzeugenden Profils, t' die des korrigierten Profils z. B. eines runden Formstahls (Bild D 18). Dann ergibt sich t' ohne weiteres aus t , r und a , indem man von Punkt a aus unter den Winkel α den Halbmesser $r=ac$ aufträgt und aus c die Kreise durch a und b zieht. Die radiale Entfernung $a'b'$ dieser Kreise ist t' . Alle anderen Höhen des Profils verkürzen sich im Verhältnis $t:t'$, so daß sich die veränderte Form in folgender Weise aufzeichnen läßt (Bild D 19):

Auf den einen Schenkel eines beliebigen Winkels wird die Höhe $t=0-6$ aufgetragen und auf den anderen die korrigierte Höhe $t'=0-6'$. 6 und $6'$ werden verbunden und von den Punkten $1-5$ des einen Schenkels, die bestimmten Punkten des Profils entsprechen, werden die Verbindungslinien $1-1'$, $2-2'$ usw. parallel zu $6-6'$ gezogen. Die Höhen $0-1'$, $0-2'$ usw. sind dann die korrigierten Höhen; sie werden in das Profil des Formstahles eingetragen, dessen Breiten gleich den gegebenen, d. h. gleich denen der Form des Werkstückprofils bleiben.

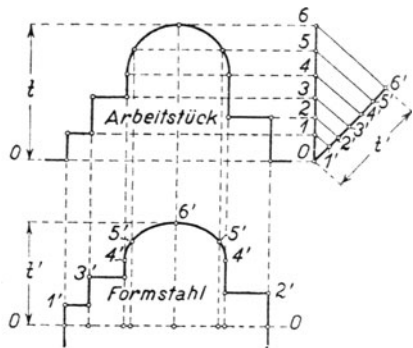


Bild D 19.

Schwieriger ist die Bestimmung für beide Stahlformen, wenn der Brustwinkel > 0 ist. Näheres darüber siehe Werkstatts-Technik 1916, S. 97 ff.

Um für die Herstellung und Prüfung von Formstählen sehr genaue Lehren zu erhalten, wird das Profil zweckmäßig vergrößert aufgezeichnet und dann photographisch verkleinert, oder es wird

erst eine vergrößerte Lehre ausgearbeitet und diese auf mechanischem Wege verkleinert.

V. Stahlhalter.

Stahlhalter sind im Handel in vielen verschiedenen Formen und Ausführungen zu haben. Ihr Hauptvorteil ist: Ersparnis an Werkzeugstahl; daneben aber sollen sie auch die Herstellung und Instandhaltung der Werkzeuge erleichtern. Demnach sind an einen guten Stahlhalter folgende Anforderungen zu stellen:

1. Er muß den Einsatzstahl sicher festhalten und bis nahe der Schneide unterstützen.
2. Er muß den Einsatzstahl so halten, daß Anstell- oder Spanwinkel sich von selbst ergeben, oder doch Nachschleifen wie auch Nachstellen erleichtert werden.
3. Er muß stark und einfach sein (aus wenigen, nicht losen Teilen bestehen).

Eine besondere Gruppe von Haltern sind die mit festverbundenem Schneidstahl, bestehend aus einem Schaft von Flußeisen oder Martinstahl mit aufgeschweißten Plättchen aus Schnellstahl. Ihre Vorteile sind:

1. Sie nutzen den Schnellstahl noch besser aus als die gewöhnlichen Halter und gestatten auch, das letzte Stückchen zu verwenden.
2. Ihre Schruppleistung steht der der vollen Stähle nicht nach, übertrifft sie sogar wohl noch (infolge der besseren Wärmeleitung).

Darum hat die Verwendung der aufgeschweißten Stähle gerade während des Krieges mit seinem Mangel und hohen Preis für Schnellstahl so gewaltig zugenommen.

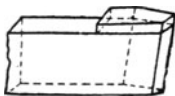


Bild D 20.

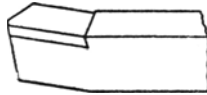


Bild D 21.

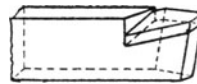


Bild D 22.

Das Schnellstahlplättchen kann entweder auf den nicht zugerichteten Schaft stumpf aufgeschweißt werden (Bild D 20), oder es kann der Schaft durch Hobeln, Fräsen, Schmieden abgesetzt werden. In diesem Falle empfiehlt es sich, der abgesetzten Fläche die Neigung der Brustfläche zu geben (Bild D 21 und D 22), da dann das Plättchen dünner sein kann und besser ausgenutzt wird.

VI. Herstellung der Drehstähle.

Schmieden. Das Schmieden von Werkzeugstahl erfordert große Aufmerksamkeit, da bei ungenügender Vorsicht oder Erfahrung der Stahl leicht verdorben wird; es darf nur zwischen bestimmten höchsten und tiefsten Temperaturen geschehen:

Bei Kohlenstoff-Stahl	zwischen	900	und	700 ⁰
„ Molybdän-Schnellstahl	„	1000	„	800 ⁰
„ Wolfram-Schnellstahl	„	1200	„	900 ⁰

Gleichmäßig und anfangs langsam erwärmen. Mit kräftigen Schlägen geschmiedet nach Musterstahl oder Lehre oder, bei großer Fabrikation, im Gesenk.

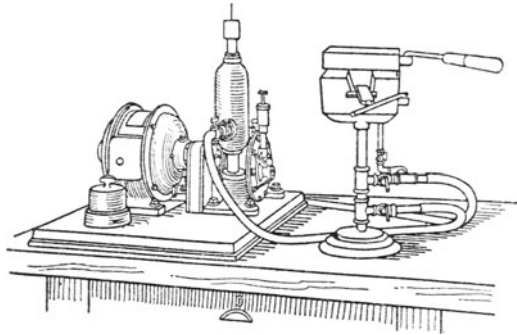


Bild D 23.

Vorteilhafter als Holzkohlen- und Koksfeuer sind die vorstehend abgebildeten, besonders zur Erhitzung von Schnellstählen gebauten Gasschmiedeöfen. Durch Regelung der Gaszufuhr läßt sich der Stahl langsam erwärmen und dann schnell auf die richtige Hitze bringen.

Das Gas- und Luftgemisch läßt sich so einstellen, daß ein Sauerstoff-Überschuß und damit ein Oxydieren und Entkohlen des Stahles vermieden wird. Das Werkzeug läßt sich während des Erwärmungsvorganges stets beobachten und wird nicht durch Kohlenstücke bedeckt. Als besonderer Vorzug der Gasschmiedeöfen ist noch anzuführen, daß keine Rauchentwicklung stattfindet und sie daher ohne weiteres in dem Arbeitsaal der Werkzeugmacherei aufgestellt werden können.

Schweißen. Es hat nur Bedeutung im Aufschweißen von Schnellstahlplatten auf Schäfte aus Flußeisen oder Maschinenstahl. Das Verfahren ist folgendes:

1. Vorwärmen beider Teile auf etwa 1000⁰ (helle Kirschtrot-Glut), reinigen der Auflageflächen auf dem Amboß mit Drahtbürste oder alter Feile, aufgeben von reichlich Schweißpulver, anheften der Schnellstahlplatte durch leichten Druck mit Hammerbahn.
2. Zusammenerhitzen auf Schweißwärme, 1200—1300⁰ (Weißglut), aufdrücken der Platte in Presse oder Schraubstock mit starkem, stoßfreiem Druck.
3. Härten: entweder nach dem Pressen nur an der Luft abkühlen lassen oder besser nochmals erwärmen und dann abkühlen.

Schweißpulver. Es muß enthalten: Feine Späne (z. B. Frässpäne) von Grauguß oder hochgekohtem Stahl und Borax, der vorher in einem eisernen Gießlöffel dunkelrot erhitzt und nach dem Erkalten fein zerstoßen worden ist. Verhältnis von Eisen zu Borax = 1 : 1 bis 1 : 2.

Weitere Zusätze von Aluminium, Braunstein, Cyankali oder dgl. scheinen wenig Bedeutung zu haben. Fertige Schweißpulver sind vielfach im Handel.

Öfen. Zweckmäßiger als der Schmiedeherd wird zum Erhitzen wieder der Gasofen Bild D 23 benutzt oder für größere Erzeugung ein entsprechender Plattenglühofen. Der Vorzug dieser Öfen, außer den oben angeführten, ist die Möglichkeit, sie ganz nahe der Presse aufzustellen.

Vorschleifen. Nach dem Schmieden (vor dem Härten) erhalten die Stähle am besten durch Schleifen an einer groben Schleifscheibe ihre genauere Form, zuweilen auch durch Feilen (besonders Kohlenstoffstähle). Werden die Schnellstähle noch in der Rotglut geschliffen, so dürfen sie keinesfalls mit Wasser in Berührung kommen.

Härten siehe Abschnitt „Härten“ (Seite 373).

Schleifen nach dem Härten. Vielfach wird zum Schleifen von Dreh- und Hobelstählen noch der alte Sandstein verwendet, der in irgendeiner dunklen Ecke der Werkstatt steht. Der Sandstein ist selten vollkommen rund, das Schleifen geht daher meist recht holprig vonstatten, eine dichte Lehmschicht bedeckt den Umfang des Steines und setzt sich auf dem Werkzeug ab, so dessen Beobachtung erschwerend. Am Umfange ziehen sich tiefe Rinnen und Löcher hin. Um überhaupt Schleifarbeit zu erreichen, muß der Stahl mit ziemlicher Kraft angedrückt werden, ein Umstand, der die Formgebung, d. h. die Einhaltung der richtigen Schneidwinkel, nicht erleichtert. Die Schleifarbeit selbst geht nur langsam vonstatten.

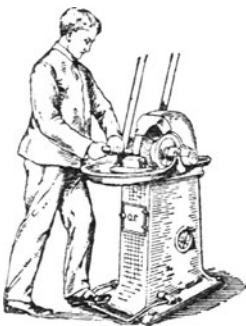


Bild D 24.

Es ist daher empfehlenswert, zum Schleifen von Stählen besonders hierfür gebaute Schleifmaschinen nach nebenstehender Abbildung zu verwenden. Im Gegensatz zu dem unzulänglich ausgeführten Schleifsteintrog ist die Schleifmaschine eine mit aller Sorgfalt hergestellte Werkzeugmaschine. Das Spritzwasser wird aufgefangen. Die Schleifscheibe taucht in einen Wassertrog, der durch einen Fußhebel beliebig gehoben und gesenkt werden kann. Auf dieser Maschine läßt sich unter Anwendung einer geeigneten Schleifscheibe das Schärfen von Dreh- und Hobelstählen außerordentlich schnell und genau vornehmen.

Starkes Andrücken ist bei der künstlichen Schleifscheibe zu vermeiden, da es schädlich und zwecklos ist. Einmal wird die Schleifleistung beeinträchtigt, da die Schleifkörner ausbrechen, ohne

Arbeit geleistet zu haben; dann tritt leicht unzulässige Erwärmung der Stahlschneiden ein, nicht nur bei Kohlenstoffstahl, sondern auch bei Schnellstahl.

Es empfiehlt sich, neben der Schleifmaschine einen Anschlag mit etwa folgendem Inhalt anzubringen:

Nur bei leichtem Vorbeiführen des Stahles an der Scheibe wird eine gute Schneide erzielt.

Starkes Andrücken erhitzt den Stahl und verursacht Schleifrisse. Schleifscheiben leisten bei leichtem Vorbeiführen des Stahles mehr Schleifarbeit als der Sandstein bei starkem Andrücken.

Für größere Betriebe erweisen sich Schleifmaschinen mit Winkelanstellung nach untenstehender Abbildung für sehr wirtschaftlich. Die in dem Werkzeughalter eingespannten Stähle sind mit Hilfe von Gradeinteilungen im beliebigen Winkel einstellbar. Mit Handrad und Gewindespindel werden die Stähle der Topfscheibe zugeführt und durch den rechts in der Abbildung sichtbaren Hebel an der Scheibe vorbeigeschwenkt. So können die als die besten erkannten Schneidwinkel stets schnell und sicher erhalten werden. Man nimmt zweckmäßig dem einzelnen Dreher die Pflicht, die stumpf gewordenen Stähle selbst wieder anzuschleifen, ab. Denn sonst wird er nicht nur geraume Zeit seiner Bank und eigentlichen Tätigkeit entzogen, sondern es wird auch der Stahl nur selten die wirklich günstigste Form erhalten. In den am besten geleiteten Betrieben werden alle Stähle in der Werkzeugmacherei hergestellt und dauernd instand gehalten, und der Dreher tauscht die stumpf gewordenen Stähle bei der Werkzeugausgabe gegen scharfe um.

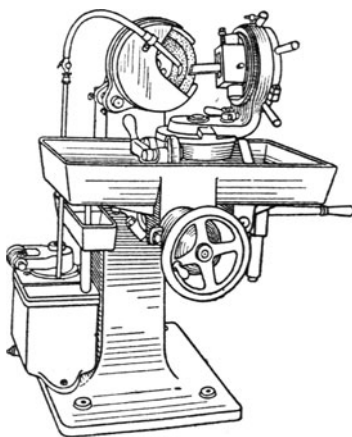
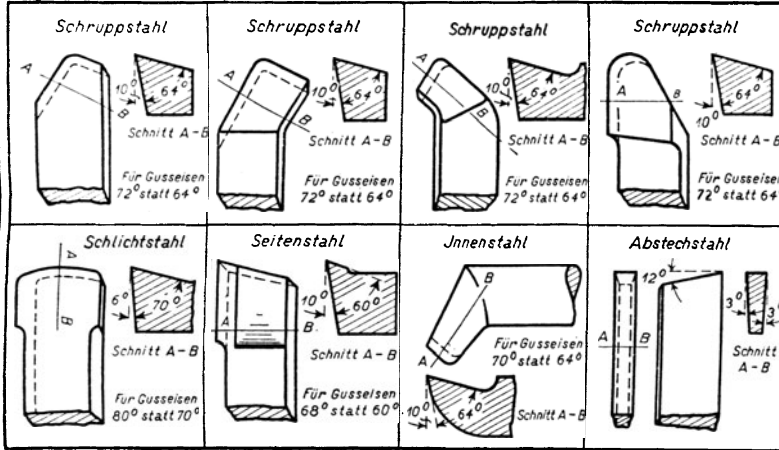


Bild D 25.

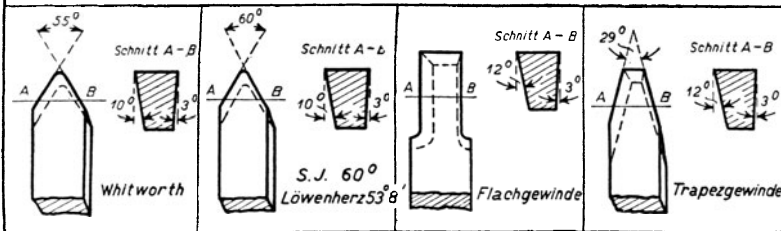
Schleifwinkel

für
Schrupp-Schlicht-Innen- u. Abstechstähle

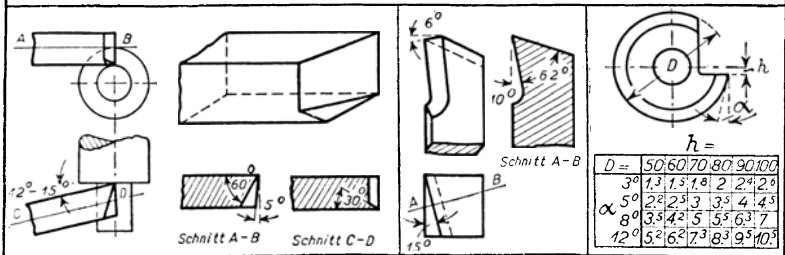
Zum Bearbeiten von S-M-Stahl (oder Gusseisen)



Gewindestahlformen



Revolverbank- und Automatenstähle



Räumnadel (Räumahle).

Wegen der Verschiedenheit des zu bearbeitenden Materials lassen sich keine einheitlichen Grundsätze für die Berechnung angeben; die folgenden Angaben gründen sich auf Erfahrungen in der Praxis.

Berechnung. Der wesentlichste Punkt, die Teilung S , ist abhängig von der Länge L des auszuräumenden Loches und der Materialbeschaffenheit des Werkstückes. Um eine zu große Beanspruchung der Nadel auf Zug und damit Bruchgefahr zu vermeiden, ist S so zu wählen, daß nicht mehr als 2—3 Zähne gleichzeitig arbeiten. Gute Werte ergibt die Formel:

$$S = 1,5 \text{ bis } 2 \sqrt{L}$$

Bei einer Räumlänge von 36 mm würde sich hiernach eine Zahnteilung von 1,5 bis $2 \cdot \sqrt{36} = 12$ mm ergeben. Bei größeren Querschnitten, wo die Bildung einer größeren Spänekammer durch eine größere Zahntiefe möglich ist, kann die Teilung S kleiner gewählt werden, so daß mehr Zähne zum Eingriff kommen und die Nadel kürzer gehalten werden kann.

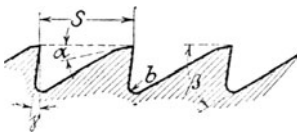


Bild R 1.

Der Anstellwinkel α (Bild R 1) wird nicht über 2—3° genommen. In manchen Fällen genügt es schon, den Zahn mit einem harten Ölstein ab-zuziehen. Der Winkel β ist mit 20—25° anzunehmen, woraus sich eine Zahntiefe von $0,36—0,46 \cdot S$ errechnet.

Zur Verringerung des Kraftverbrauches erhält die Zahnbrust noch einen Unterschnittwinkel γ von 5—8°. Die Rundung b ist nicht zu klein zu wählen, um das Rollen der Späne besonders bei hartem Material zu fördern.

Die Anzahl der Räumnadeln für ein Loch hängt von dem zu bearbeitenden Material ab. Wenn auch in vielen Fällen ein Werkzeug genügt, so werden auch 2—3 Nadeln angewendet, so daß sich der Arbeitsvorgang auf Vorräumen (1—2 Werkzeuge) und Schlichten (1 Werkzeug) verteilt. Die Zunahme der Stärke von Zahn zu Zahn richtet sich ganz nach der Art des Materials und die Zunahme der Räumnadeln unter sich ganz nach ihrer Anzahl. Beim Entwurf ist darauf zu achten, daß der erste Zahn der ersten Räumnadel C_1 die gleiche Abmessung hat wie der Schaft F und daß der Anfangszahn einer folgenden Nadel um ein geringes schwächer ist, wie der letzte Zahn der vorausgehenden, also $C_2 < B_1$. Als Anhalt mögen die Abmessungen einer sechskantigen Räumnadel dienen (Bild R 2).

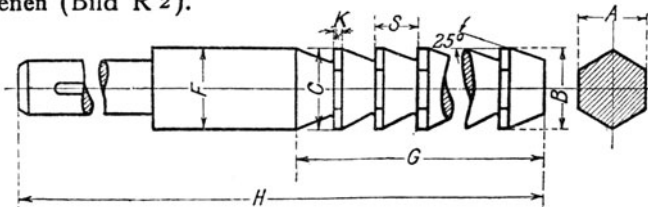


Bild R 2.

Lfd. Nr.	A	B	C	F	G	H	S	K	Bemerkung
1	34,21	37,06	35,79	35,79	580	860	20	4,5	
2	34,21	38,28	37,01	35,79	580	860	20	4,5	
3	34,21	39,50	38,23	35,79	580	860	20	4,5	letzten 4 Zähne gerade

Bei Bohrungen in sehr zähem Material, die unbedingt genau sein müssen, benutze man zum Schlusse eine Glätt-Räumnadel. Diese darf nicht mehr schneiden; ihre Arbeit besteht vielmehr darin, durch Drücken und Schaben alle Unebenheiten in der Bohrung wegzubringen. Zur Erläuterung dient Bild R 3. Der neunte und zehnte Ring ist hier als Schabezahn ausgebildet.

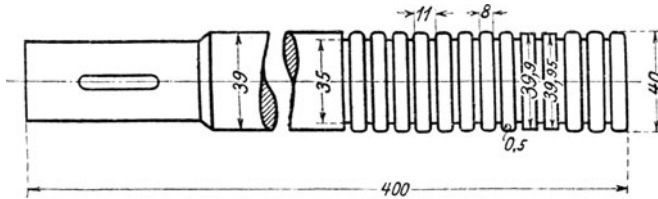


Bild R 3.

Um bei Räumnadeln von größeren Abmessungen ein Zittern zu vermeiden, werden, ähnlich wie bei Reibahlen, die Zähne versetzt. Bei viereckigen Nadeln werden die Zähne auf den beiden gegenüberliegenden Seiten in entgegengesetzter Richtung schräg gelegt; durch Versetzung der Zähne wird der Seitendruck aufgehoben (Bild R 4).

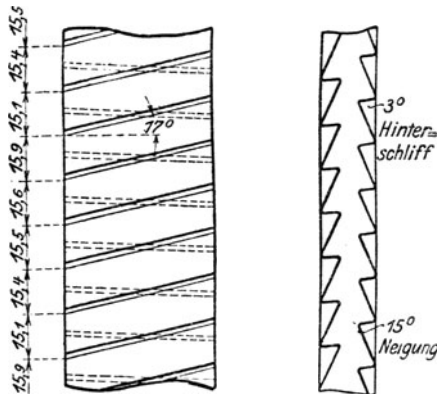


Bild R 4.

Herstellung. Bei der Herstellung der Räumnadeln ist besondere Sorgfalt anzuwenden, da hiervon die Lebensdauer der Nadel abhängt. Man verwendet Werkzeugstahl, in seltenen Fällen auch Schnellstahl. Schwächere Räumnadeln werden mit Vorteil aus Vanadiumstahl gefertigt, bei dem der Kern beim Härten zähe bleibt.

Für Bearbeitung der Räumnadeln genügen die gebräuchlichen Werkzeugmaschinen, doch ist in manchen Fällen die Verwendung von Hilfswerkzeugen vorteilhaft. So bereitet z. B. das Drehen von langen und dünnen Räumnadeln wegen des hierbei auftretenden Federns und Zitterns beträchtliche Schwierigkeiten. Eine Abhilfe hiergegen — eine gewöhnliche mitgehende Lünette kann wegen der Verjüngung des Werkstückes nicht angewendet werden — bietet die im Bild R 5 dargestellte Vorrichtung. Sie besteht aus

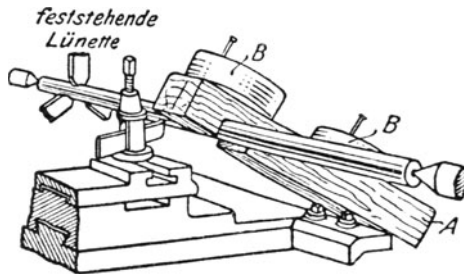


Bild R 5.

einem mit einer Kerbe versehenen, auf das Werkstück passenden Stück Holz *A*. In dessen beiden Enden sind Stifte eingeschlagen, in welche durchlochte Eisengewichte *B* eingehängt werden. Die Größe und Lage der Gewichte *B*, welche erforderlichenfalls vertauscht werden können, wird durch Versuche ermittelt. Das hintere Ende des Holzes ruht auf dem hinteren Teil des Schlittens. Vier- oder sechseckige Räumnadeln werden am besten auf der Hobelmaschine bearbeitet; sie werden zwischen Spitzen gespannt, und ein Reitstock wird als Teilvorrichtung ausgebildet.

Härten. Beim Härten der Räumnadel muß des Verziehens wegen sehr vorsichtig vorgegangen werden. Es empfiehlt sich, die Räumnadeln zum Erhitzen in eine Röhre mit Holzkohle zu packen und beide Enden luftdicht zu verschließen. Sollte sich die Räumnadel beim Härten verzogen haben, so wird sie am besten beim Anlassen auf einer Dornpresse oder durch kurze Schläge mit der Finne eines Handhammers auf die hohle Seite ausgerichtet.

Die Zugabe für das Schleifen der Nadel bewegt sich je nach deren Stärke zwischen 0,6—1 mm im Durchmesser.

Ehe die Räumnadel in Betrieb genommen wird, ist zu prüfen, ob kein Zahn zu hoch steht und ob jeder Zahn die gleiche Menge Material schneidet, da bei ungleichem Angreifen die Nadel leicht bricht.

Als Schmiermittel benutze man ein nicht zu dünnflüssiges Öl.

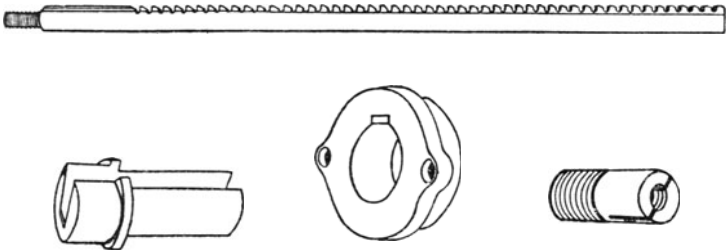
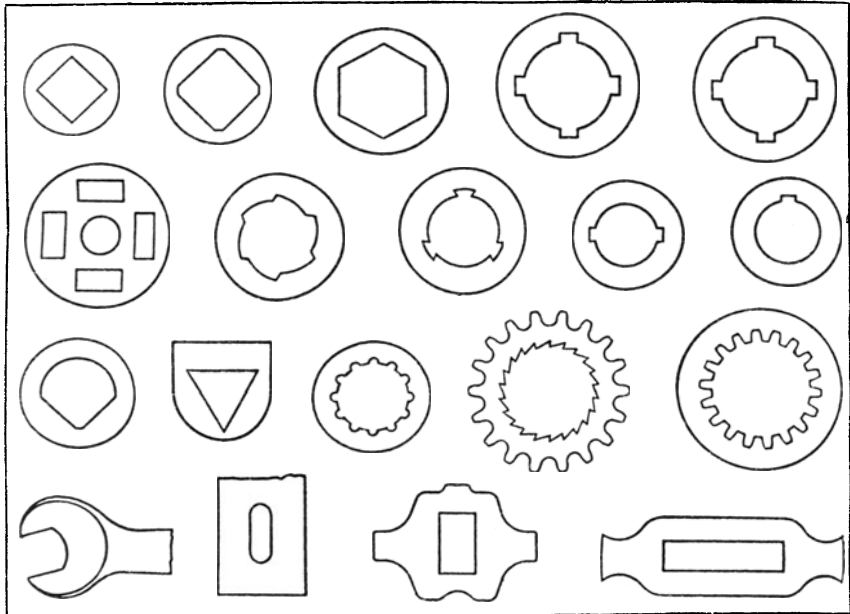


Bild R 6.

Bild R 6 zeigt eine Räumnadel für Keilnuten, eine Führung, die mit dem Flansch gehalten wird, und einen Einsatz zur Befestigung der Nadel. Je nach Größe der Nadel sowie Bohrung des Arbeitstückes sind besondere Einsätze und Führungen erforderlich. Die Flanschen können für mehrere Führungen benutzt werden; das Befestigungsende der letzteren ist der Flanschenbohrung anzupassen.

Arbeitsbeispiele.



Fräser.

Allgemeines. Nach ihrer Herstellungsweise werden gefräste (spitzgezahnte) und hinterdrehte Fräser unterschieden.

Beim gefrästen Fräser (Bild F 1) wird der Zahn lediglich durch Fräsen hergestellt. Das Schärfen erfolgt an der Fase *F*; das Werkzeug hat bei sachgemäßem Schärfen den Vorzug genauen Rundlaufens, so daß beim Arbeiten alle Zähne gleichmäßig beansprucht werden. Ein Nachteil ist, daß seine Anwendung auf die Bearbeitung ebener Flächen beschränkt ist. Die Zähne werden durch das Nachschleifen am Umfang immer niedriger, und damit verringert sich der Raum für die Späne. Bei den neuen grobgezahnten Fräsern fällt dieser Nachteil weniger ins Gewicht, umso mehr als die Materialabnahme beim Schärfen geringer ist als beim hinterdrehten Fräser.



Bild F 1.



Bild F 2.

Gefräste Fräser zur Bearbeitung gekrümmter Flächen sind schwierig herzustellen und erfordern für das Schärfen besondere Vorrichtungen. Trotzdem werden sie vielfach für die Bearbeitung nicht zu verwickelter Formen verwendet, weil sie durch ihr genaues Rundlaufen saubere Arbeit gewährleisten.

Beim hinterdrehten Fräser (Bild F 2) wird der Zahnriicken durch Sondermaschinen (Hinterdrehbänke) nach hinten abfallend gekrümmt. Durch die Krümmung nach einer logarithmischen Spirale wird erreicht, daß sich das Profil des Fräserzahnes beim Nachschleifen an der Zahnbrust nicht ändert, sofern diese zur Fräsermitte verläuft.

Das Nachschleifen an der Brustfläche *A* muß sehr gleichmäßig vorgenommen werden, damit alle Zähne gleiche Höhe aufweisen und beim Arbeiten gleich stark beansprucht werden. Beim Härten entstandene Formveränderungen (durch Verziehen usw.) beeinflussen ebenfalls das Rundlaufen des Fräasers ungünstig. Selbst durch sorgfältigstes Nachschleifen läßt sich dann ein genaues Rundlaufen nicht erzielen. Der ungleichen Beanspruchung der Zähne wegen ist der hinterdrehte Fräser für schwere Schnitte durchaus ungeeignet. Profile mit großen Höhenunterschieden erfordern große Zahnteilung des Fräasers. Die dadurch bedingte geringe Zähnezahl gestattet nur einen geringen Vorschub, wenn die gefräste Fläche glatt sein soll. In diesem Falle muß auch die Maschine besonders kräftig sein, damit sie bei dem stark wechselnden Schnittdrucke erschütterungsfrei bleibt.

Der große Vorzug des hinterdrehten Fräasers kommt bei der Bearbeitung von gekrümmten Flächen, wie Zahnkurven und verwickelten Formen, zur Geltung. Seine Lebensdauer ist bei guter Instandhaltung und sachgemäßer Behandlung sehr lang. Dazu gehört häufiges Nachschleifen, da längeres Arbeiten mit dem stumpfen

Fräser Reibung am Schneidrücken zur Folge hat, so daß beim folgenden Schärfen so viel von der Zahnbrust abgeschliffen werden muß, bis die abgeriebenen Stellen des Zahnrückens entfernt sind.

Spanabnahme. Für die Spanabnahme sind Fräser, deren Zähne gleichlaufend zur Fräserachse sind, am ungünstigsten, da die Belastung, besonders bei grober Zahnteilung, dauernd wechselt. Wesentlich günstiger arbeiten Fräser mit schraubenförmig gewundenen Zähnen, da diese das Material schälend abheben und je nach der Breite der Fläche und der Spiralsteigung zwei oder mehr Zähne im Eingriff stehen, so daß Unterbrechungen in der Belastung vermieden werden. Schmale Fräser sollen aber des bei Spiralzahnung auftretenden seitlichen Druckes wegen gerade genutet werden, um Ausbiegungen zu vermeiden.

Fräser, die nur mit der Stirnseite arbeiten, schneiden freier als spiralgezahnte Walzenfräser und sind für Flächenbearbeitung bei höherer Arbeitsleistung wirtschaftlicher. Bei größeren Durchmessern werden Messerköpfe verwendet, das sind Fräser, in deren Körper aus Gußeisen oder Maschinenstahl Messer aus Schnellstahl befestigt sind (S. 352). Besonders günstig arbeiten Messerköpfe, deren Zähne am Umfang etwa 7° schräg zur Achse gestellt sind und deren Stirnschneiden etwa im Winkel von 15° von der Fräsermitte abweichen. Versuche von de Leeuw (Trans. Am. Soc. Mech. Eng. XI 08, S. 28) ergaben, daß ein Messerkopf mit um 15° schräggestellten Zähnen eine um rund 50 v. H. größere Zerspanung aufwies als ein Messerkopf, dessen Stirnzahnschneiden zur Mitte verlaufen. Mit diesem wurde gegenüber einem schmalgezahnten, mit Spanbrechung versehenen Fräser die Leistung um etwa ein Drittel erhöht. Die erreichten Höchstleistungen waren:

Spiralgezahnter Walzenfräser mit	
Zahnbrechung	7,9 cm ³ für die PS/min.
Messerkopf mit zur Mitte	
verlaufenden Zähnen	10 " " " "
Messerkopf mit um 15° schräggestellten	
Stirnschneiden	15,7 " " " "

Bei letzterem Fräser wurde in einzelnen Fällen die angegebene Leistung noch überschritten.

Bei sämtlichen Versuchen wurden Schmiedeeisenblöcke von 37 kg/mm² Festigkeit, 21 kg/mm² Elastizitätsgrenze und 50 v. H. Dehnung auf besonders schweren Maschinen abgefräst.

Schnittgeschwindigkeit — Vorschub. Für Schrupparbeiten ist geringe Schnittgeschwindigkeit (Umlaufgeschwindigkeit des Fräasers) und großer Vorschub zu wählen, für Schlichtarbeiten empfiehlt sich größere Schnittgeschwindigkeit bei kleinem Vorschub. Je höher die Schnittgeschwindigkeit, desto größer ist bei gleichbleibendem Vorschub der Kraftverbrauch. Die Wirtschaftlichkeit der Fräsarbeit wird daher durch zu hohe Schnittgeschwindigkeit vermindert. Für die günstigsten Schnittgeschwindigkeiten, die beim geringsten Kraftverbrauch höchste Leistung und beste Arbeit ergeben, sind auf Seite 395 annähernde Werte gegeben.

Diese günstigste Schnittgeschwindigkeit ist für Schnellstahl- und Kohlenstoffstahl-Fräser gleich. Der Vorzug des Schnellstahlfräasers besteht in der höheren Schneidhaltigkeit, die selteneres Nachschleifen erfordert, und in der Zulässigkeit größerer Vorschübe; ein Überschreiten der günstigsten Schnittgeschwindigkeit vermindert die Leistung. Versuche ergaben nachstehende Werte*. Bei den Versuchen wurde mit einem Walzenfräser aus Schnellstahl von 90 mm Durchmesser, 18 Zähnen, Spiralsteigung 12° , mittelharte Gußeisenblöcke von 130 mm Breite abgefräst. Der Vorschub betrug bei jedem Versuch 508 mm, die Schnitttiefe 4 mm.

Schnittgeschwindigkeit m/min.	6	7,3	9	11,5	14	17,5	21,5	26,5	32,5
In die Maschine eingeleitete Kraft . . . PS.	6,75	6,95	7,05	7,45	7,95	8,25	8,85	9,55	10,45
Zerspanung für die PS./st. kg	15,3	15,1	14,7	14	13,2	12,8	12	11,2	10,3

Bei den kleinsten Schnittgeschwindigkeiten war die Sauberkeit der Arbeit vermindert; für den vorliegenden Fall konnte — unter Berücksichtigung der Sauberkeit der Arbeit — die günstigste Schnittgeschwindigkeit mit etwa 12 m/min. angenommen werden. Wenn vielfach für Schnellstahlfräser bei Gußeisen zum Schruppen Schnittgeschwindigkeiten von 20—25, ja bis 40 m/min. angegeben werden, so sprechen die angeführten Versuchsergebnisse dagegen.

An anderer Stelle veröffentlichte Versuche führten für Maschinenstahl zu einem ähnlichen Ergebnisse, das der Gepflogenheit widerspricht, bei Schrupparbeiten mit Schnellstahlfräsern höhere Schnittgeschwindigkeiten anzuwenden als mit Kohlenstoffstahlfräsern. Wenn Wert auf saubere glatte Fräsflächen gelegt wird, so bedingt die zu diesem Zwecke nötige Erhöhung der Geschwindigkeit bei den Fräsern aus beiden Stahlarten eine Herabminderung des Vorschubes.

Der Fräser nimmt beim Arbeiten vom Material kommaartige Späne ab (Bild F 3). Sind diese bis zu einem gewissen Grade kurz und am Schnittende dick, so arbeitet der Fräser besser, als bei

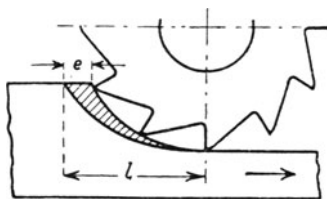


Bild F 3.

langen und am Schnittende dünnen Spänen. Der Anschnitt des Fräserzahn ist verhältnismäßig ungünstig. Er muß in eine beinahe ebene Fläche unter anfangs geringster Spanabnahme eindringen. Je größer die Spanlänge l und je geringer die Spanstärke e ist, desto dünner ist die am Spananschnitt abzunehmende Schicht. Der Zahn wird zum Teil auch infolge des fehlenden Spanwinkels nicht sofort zu schneiden beginnen, sondern umso länger über das Material gleiten, je dünner die Keilform des zu bildenden Spanes ist. Da eine gewisse Nachgiebigkeit zwischen Tisch und Fräsdorn

* Reindl: Schnittgeschwindigkeiten für Fräser. Zeitschr. für prakt. Maschinenbau, 1910, S. 55.

stets vorhanden ist, wird er erst eingreifen, wenn die obere Grenze dieser Nachgiebigkeit erreicht ist. Der Zahn dringt dann rasch in die infolge der Vorschubbewegung inzwischen stärker gewordene Spanschicht ein und erleidet eine stoßweise starke Beanspruchung, die sich durch unruhigen Gang der Maschine bemerkbar macht. Die rasch hintereinander auftretenden Arbeitsstöße bedingen einen umso höheren Kraftverbrauch, je höher die Schnittgeschwindigkeit ist.

Durch das Abgleiten des ersten Zahnes findet der folgende Zahn im Anfang eine wesentlich größere Materialmenge vor, greift sofort ein, wird aber durch die erhöhte Leistung mehr beansprucht, ein Umstand, der sich wieder im Kraftverbrauch äußert.

Überschreitet aber die Spanstärke bei e ein gewisses Maß, so wächst naturgemäß die Beanspruchung der Teile, die Durchbiegung des Fräsdornes nimmt zu, die gefräste Fläche beginnt unsauber zu werden und die Maschine fängt an unruhig zu arbeiten. Dieser Fall tritt bei zu großem Vorschub ein, wobei bemerkenswert ist, daß eine Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit des Fräasers das Übel nur verstärkt. Die Maschine ist an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt.

Der erhöhte Kraftverbrauch eines mit hoher Schnittgeschwindigkeit arbeitenden Fräasers ist bekannt, wird aber vielfach mit der Begründung entschuldigt, daß in einem großen Betriebe der Kraftverbrauch einzelner Maschinen von untergeordneter Bedeutung sei. Die in eine Maschine einleitbare Kraft hat aber eine obere Grenze, die sowohl in der Übertragungsfähigkeit der Getriebe, wie in der Widerstandsfähigkeit der den Arbeitsdruck aufnehmenden Teile begründet ist. Bei ungünstiger Schnittgeschwindigkeit wird diese obere Grenze früher erreicht werden, als bei günstiger. Die überhaupt erreichbare Höchstleistung der Maschine wird dadurch herabgesetzt und die Wirtschaftlichkeit der Arbeit vermindert. Schließlich ist noch in Betracht zu ziehen, daß hohe Schnittgeschwindigkeiten höhere Erwärmung des Werkzeuges und dessen rascheres Stumpfwerden zur Folge haben. Das vermehrte Schärfen mit dem beim Ein- und Ausspannen des Fräasers bedingten Zeitverlust spricht entschieden nicht zugunsten der hohen Schnittgeschwindigkeiten. Selbst die Gebrauchsdauer von Werkzeugen aus Schnellstahl wird dadurch verkürzt.

Bei Schlichtarbeiten sind die Schnittiefen so gering, daß eine wesentliche Abdrängung des Fräasers nicht stattfindet; die vorher zum Ausdruck gebrachten Gesichtspunkte kommen hierfür weniger in Frage. Wird Wert auf saubere, wenig Nacharbeit erfordernde Fräsarbeit gelegt, so mag ruhig die Schnittgeschwindigkeit des Fräasers bei vermindertem Vorschube so weit gesteigert werden, bis die gewünschte Sauberkeit erzielt wird. Das gleiche ist zum Teil bei dünnen, schwachen Werkstücken und federnden Aufspannvorrichtungen zweckmäßig, die nur geringem Schnittdruck Widerstand bieten können.

Zum Schlusse sei noch auf eigenartige, in Amerika angestellte Fräsversuche hingewiesen*. Auf einer außergewöhnlich kräftigen

* L. P. Alford: „Voraussichtliche Umwälzung im Fräsen“. Zeitschr. für prakt. Maschinenbau, 1914, S. 743.

Hochleistungsfräsmaschine wurde Maschinenstahl von 38–45 kg/mm² Festigkeit bearbeitet. Nachstehend werden die Zahlen dreier Versuche gegeben:

Fräser	Fräs- breite mm	Schnitt- tiefe mm	Schnitt- geschwindig- keit m/min.	Vor- schub mm/min.	Dorn- durch- messer mm
Walzenfräser 89 mm Durchmesser	127	3,18	140	775	38
Nutenfräser 160 „ „	25,4	6,35	255	775	38
Zahnformfräser 89 „ „	Mod. 3,5		61	2845	32

Die Spiralsteigung des Walzenfräasers betrug 25°; bei einem anderen Versuche wurde ein Walzenfräser mit 69° Spiralsteigung unter ähnlichen Verhältnissen verwendet. Die erzielten Arbeitsflächen waren gut, über den Kraftverbrauch fehlen Angaben.

Scheinbar widersprechen diese Versuche den vorhergehenden Angaben über Schnittgeschwindigkeiten. Wird aber in Betracht gezogen, daß die Versuche auf einer großen Maschine von ganz außergewöhnlich kräftiger Bauart mit einer besonderen Einrichtung zur reichlichsten Überflutung der Arbeitstelle mit Kühlflüssigkeit vorgenommen wurden, so lassen diese Umstände die erzielten Leistungen begreiflich erscheinen. Die Starrheit der Maschine und des besonders gut gelagerten Dornes ist so groß, daß die Zähne sofort greifen und ungleichmäßiger Schnittdruck nicht in Frage kommt. Im übrigen gibt der Verfasser der angezogenen Arbeit in den Folgerungen über seine Versuche an, daß die Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit einen stärkeren Verschleiß des Fräasers in der Zeiteinheit zur Folge hatte, und daß die durch die hohen Geschwindigkeiten erzeugten Wärmemengen nur durch Überflutung mit Kühlflüssigkeit abgeleitet werden konnten. Praktisch kommen diese Versuche nur für schwerste Maschinen in Frage; eine Umwälzung im Fräsen ist damit wohl nicht zu erwarten.

Vorschübe. Die Größe des Vorschubes hängt so von der Härte, der Form und Aufspannung des Arbeitstückes, der Bauart und dem Zustande der Maschine, der Kühlung, dem Werkzeuge und der angestrebten Arbeitsgenauigkeit ab, daß selbst annähernde Angaben keine praktisch verwendbaren Werte ergeben. Nur der Versuch kann hierbei zum Ziele führen, indem anhand der vorstehenden Regeln und der in Tafel (S. 395) angeführten Schnittgeschwindigkeiten der Vorschub so lange gesteigert oder vermindert wird, bis das Ergebnis befriedigend ist.

Schnitttiefe. Es ist vorteilhafter, mehrfach mit geringerer Schnitttiefe als einmal mit großer Schnitttiefe über das Arbeitstück zu gehen. Die Schnitttiefe hängt von der Größe und Starrheit der Maschine sowie der Zahnteilung ab und kann zum Schruppen mit 3–6 mm, zum Schlichten mit 0,3–0,6 mm angenommen werden. Bei weichem Material und guter Aufspannung sind allerdings wesentlich größere Schnitttiefen zulässig.

Kühlung. Reichlich zugeführte, gleichmäßig über die ganze Fräserbreite verteilte Kühlflüssigkeit ist beim Fräsen unbedingt erforderlich; für weichen Stahl und für Gußeisen genügt Seifenwasser, für härteren Stahl und Bronze ist Specköl oder Rüböl zweckmäßig. Steht Preßluft zur Verfügung, so kann sie beim Fräsen von Nuten und Schlitzen in Gußeisen zum Wegblasen der Späne angewendet werden.

Arbeitswiderstand beim Fräsen.

	Fräserdurchmesser in mm.....	D
	Zähnezahl.....	z
Fräserumdrehungen in der Minute..	n	
Schnitt- oder Umfangs- geschwindigkeit in m/min.....	u	
Vorschub oder Zuschiebung in mm/min.	v	
Spandicke in mm.....	δ	
Spanbreite in mm.....	b	
Schichtdicke in mm.....	d	
Wertziffer, bezogen auf kg/mm ² ..	a_1	
Weicher Grauguß	60—90	
Harter „	90—130	
Flußeisen und weicher Maschinenstahl	100—150	
Mittlerer und harter „	150—240	
Bronze	60—100	

Der sich dem einzelnen Fräserzahn an irgendeiner Schnittstelle mit der Spandicke δ in der Arbeitsrichtung entgegengesetzte

Schnittwiderstand ist gleich $P_1 = b \cdot \delta \cdot a_1 = \frac{b \cdot v \cdot \sin \varphi \cdot a_1 \text{ kg}}{n \cdot z \cdot 1000}$; für die größte Spandicke δ_1 wird er

$$P_1 = \frac{b \cdot v \cdot \sin \varphi_1 \cdot a_1}{n \cdot z \cdot 1000} = \frac{2 \cdot \pi \cdot b \cdot v \cdot a_1}{u \cdot z \cdot 1000} \sqrt{dD - d^2} \text{ kg.}$$

P_1 und die zu ihr senkrecht gerichtete Kraft P_2 vereinigen sich zu der biegend auf die Frässpindel wirkenden Mittelkraft R mit dem Momente $M = R \cdot r$.

Werte von R und M .

	R in kg	M in cm/kg
Fräser mit geringer Zähnezahl; es arbeitet immer nur 1 Zahn	$\frac{8,85 \cdot b \cdot v \cdot a_1}{1000 \cdot z \cdot u} \cdot \sqrt{dD - d^2}$	$\frac{3,14 \cdot b \cdot v \cdot a_1}{10000 \cdot z \cdot u} \cdot \sqrt{dD - d^2}$
Fräser mit großer Zähnezahl; mehrere Zähne arbeiten gleichzeitig; Fräser mit Spiralzähnen	$\frac{1,4 \cdot b \cdot d \cdot v \cdot a_1}{1000 \cdot u}$	$\frac{b \cdot d \cdot v \cdot D \cdot a_1}{2 \cdot 10000 \cdot u}$
Langlochfräser	$\frac{1,1 \cdot D \cdot b \cdot v \cdot a_1}{1000 \cdot u}$	$\frac{b \cdot v \cdot D^2 \cdot a_1}{2 \cdot 10000 \cdot u}$

Beispiel: Fräser mit Spiralzähnen: $D = 80$ mm; $u = 14$ m/min.; $v = 25$ mm/min.; $d = 4$ mm; $b = 90$ mm; $a_1 = 100$ kg/mm².

Das auf die Spindel wirkende Drehmoment

$$M = \frac{90 \cdot 4 \cdot 25 \cdot 80 \cdot 100}{2 \cdot 10000 \cdot 14} \text{ cm/kg} = 257 \text{ cm/kg.}$$

Die Zahnteilung der Fräser und die Leistung der Fräsmaschinen.

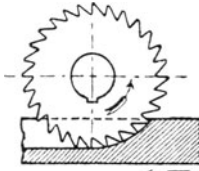


Bild F 4.

Fräser mit kleiner Zahnteilung auf der Mantelfläche, wie Bild F 4 zeigt, sind vorteilhaft für die Erreichung sauberer Flächen, weil der Spanquerschnitt für einen Fräserzahn bei gleichbleibendem Vorschub abnimmt mit der Zunahme der Zähnezahl. Je kleiner aber der Spanquerschnitt ist, desto sauberer wird die gefräste Fläche.

Die Leistung der Maschine und ihr Kraftverbrauch werden ungünstig durch die kleine Zahnteilung beeinflusst, denn der Schnittwiderstand wächst mit der Zahl der gleichzeitig schneidenden Zähne. Zu kleine Zahnteilung ist oft Ursache des Bruches der Fräser oder des Vorschubgetriebes der Maschine. Sind größere Materialmengen wegzufräsen und soll die Fläche sehr sauber ausfallen, so ist es wirtschaftlicher, feingezahnte Fräser nur zum Schlichten zu benutzen, zum Schruppen jedoch grobgezahnte.

Fräser mit großer Zahnteilung auf der Mantelfläche (siehe Bild F 5). Der Spanquerschnitt für einen Fräserzahn wächst bei gleichbleibendem Vorschub mit der Abnahme der Zähnezahl. Die Beanspruchung jedes Zahnes, also auch des Fräsermaterials, wächst, weshalb es vorteilhaft ist, für grobgezahnte Fräser nur Schnellstahl zu verwenden.

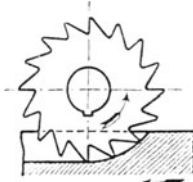


Bild F 5.

Die Leistung der Maschine läßt sich mit grobgezahntem Fräser wesentlich steigern, weil der Schnittwiderstand geringer ist. Bei den neueren Hochleistungsfräsern ist die sehr große Zahnteilung in erster Linie die Ursache der hohen Leistungsfähigkeit.

Fräser mit verzahnter Stirnfläche (Bild F 6 und F 7). Sollen Stirnfräser nur ebene Flächen senkrecht zur Fräserachse fräsen, so

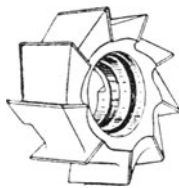


Bild F 6.

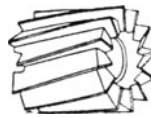


Bild F 7.

ist große Zahnteilung angebracht. Die Sauberkeit der Fläche wird selbst bei großem Vorschub gut, und die Leistung der Maschine wird günstig beeinflusst.

Für Stirnfräser, die auch Flächen parallel zur Fräserachse bearbeiten, wie Walzenfräser, gilt das vorstehend Gesagte über Fräser mit Zähnen auf der Mantelfläche.

Fräserverzahnung. Zur Herstellung von Verzahnungen am Fräserumfang, z. B. bei Walzenfräsern, werden doppelseitige Winkelfräser verwendet, deren eine Seite $12-20^\circ$ zur Fräserscheibe geneigt ist. (Bild F 9.) Dieser Winkel β ist aus

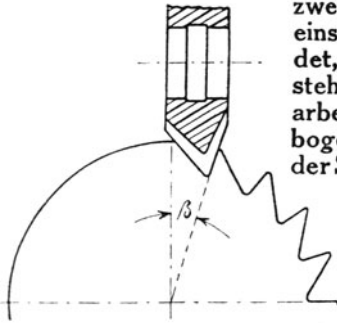


Bild F 9.

zwei Gründen notwendig. Würde ein nur einseitig geneigter Winkelfräser verwendet, dessen rechtwinklig zur Fräserachse stehende Schneidkante die Zahnbrust bearbeitet, so beeinflussen die entstehenden bogenförmigen Frärisse die Sauberkeit der Schneidkante ungünstig, und es ist unter Umständen ein Nachschleifen der Fräserbrusterforderlich. Bei spiralgezahnten Fräsern würde aber eine Abwälzung des Fräasers in der Nut entstehen, die anstatt einer geraden eine gekrümmte Zahnbrust und damit einen ungünstigen Spanwinkel

zur Folge hätte. Es tritt hier ein ähnlicher Fall ein, wie er in diesem Buche bei den Angaben zum Schleifen spiralgenuteter hinterdrehter Fräser mit der Tellerscheibe (S. 354) beschrieben ist.

Zur Einstellung des Fräasers auf die richtige Lage dient die in Bild F 10 dargestellte Lehre, die auch zum Einstellen der Kegel- seite von Tellerscheiben bei spiralgenuteten hinterdrehten Fräsern verwendet wird. Vereinzelt wird bei gefrästen Fräsern ein Span- winkel von etwa 5° angewendet (Bild F 11).

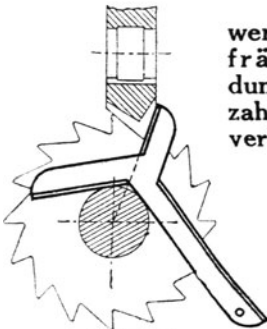


Bild F 10.

Zum Fräsen von Stirnverzahnungen werden einseitig abgeschrägte Winkel- fräser verwendet (Bild F 12), da die Anwen- dung doppelseitiger Winkelfräser für Stirn- verzahnungen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist.



Bild F 11.

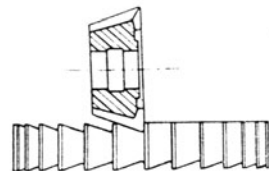


Bild F 12.

Nachschleifen der Zahnbrust bei gefrästen Fräsern. Vielfach wird die Zahnbrust gefräster Fräser vor dem Härten mit winklig abgerich- teten Schleifscheiben geglättet. Durch diesen Mehraufwand an Arbeit wird, besonders für Schlichtarbeiten, eine bedeutende Verbesserung des Fräasers erzielt. Aber auch für Schrubarbeiten ist die glatte Zahnbrust vorteilhaft, da sie das Abfließen des Spanes erleichtert. Außerdem neigen saubere Schneiden weniger zum Stumpfwerden.

Da das Nachschleifen vor dem Härten erfolgt, ist ein Ausglühen der Schneiden nicht zu befürchten. Die Einstellung der Schleif- scheibe muß genau wie die eines Fräasers mit der in Bild F 10 dargestellten Lehre erfolgen.

Fräser mit Spiralzähnen.

Größe des Steigungswinkels. Mit der Vergrößerung des Steigungswinkels wird der Schnitt des Fräasers günstiger, jedoch der Axialdruck des Fräsdornes gegen das Fräsmaschinenlager, bzw. der seitliche Arbeitsdruck auf das Arbeitstück erhöht. Der Druck in der Arbeitsrichtung wird geringer, je größer der Steigungswinkel des Spiralzahnes ist. Teile mit hohen Rippen, die quer zur Fräsrichtung stehen, erfordern daher Fräser mit größerem Steigungswinkel des Fräserzahnes. Für allgemeine Zwecke hat sich ein Steigungswinkel von 15° gut bewährt und wird allgemein angewandt. Bei Schaftfräsern wird vielfach auch ein größerer Steigungswinkel angewandt, bei Satzfräsern ist es oft vorteilhaft, den Steigungswinkel mit $10-12^{\circ}$ zu wählen.

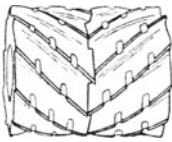


Bild F 13.

Will man die Vorteile des großen Spiralwinkels haben, ohne den Nachteil des hohen Axialdruckes, so gibt man der einen Hälfte des Fräasers rechts-, der anderen Hälfte linkssteigende Spiralzähne, so daß die Drucke sich aufheben. Das geschieht vielfach bei Schruppfräsern, indem man sie aus 2 Stücken zusammensetzt (Bild F 13).

Rechts- und Linksspirale. Verläuft die Spirale wie ein gewöhnlicher Schraubenzug von links unten nach rechts oben, so wird sie rechtsgängig (Rechtsspirale) und beim umgekehrtem Verlauf linksgängig (Linksspirale) genannt (Bild F 14). Die Richtung der Spirale muß stets so gewählt werden, daß der Axialdruck von der Fräsmaschinenspindel aufgenommen wird (Bild F 15). Aus diesem Grunde erhalten

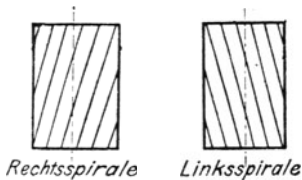


Bild F 14.

Schaft- und Stirnfräser, die rechtsschneidend sind, vielfach Linksspirale und umgekehrt (Bild F 16).

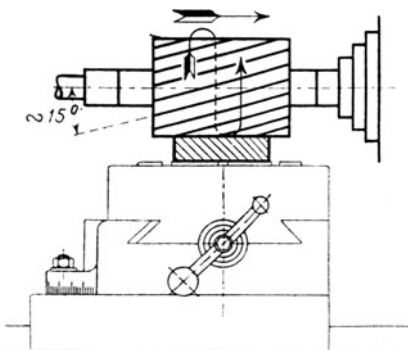


Bild F 15.

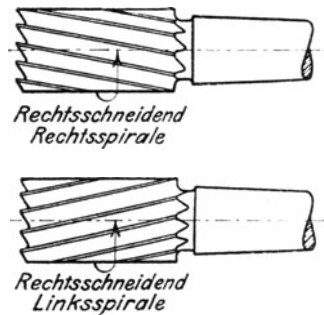


Bild F 16.

Mit „rechtsschneidend“ und „linksschneidend“ bezeichnet man die Umlaufrichtung eines Fräasers. Wie diese Worte in bezug auf die Schnittrichtung allgemein in der Praxis verstanden werden, geht aus den Bildern F 16 bis 18 ohne weiteres hervor.

Sollen auch am Umfang arbeitende Fräser der besseren Schneidwirkung der Stirnzähne wegen eine mit der Schneidrichtung gleiche

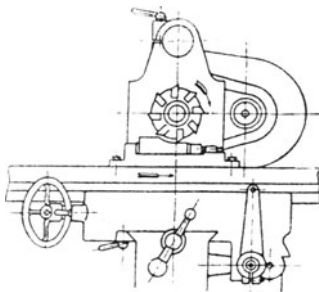


Bild F 17. Linksschneidend.

Spiralsteigung erhalten, so muß der Schaftkegel an Stelle des Mitnehmerlappens ein Gewindeloch zur Befestigung einer durch die hohle Frässpindel gehenden Anzugschraube

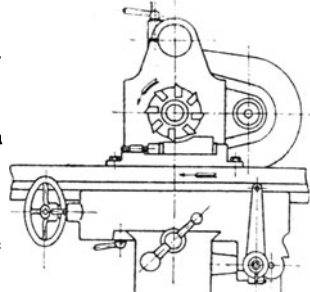


Bild F 18. Rechtsschneidend.

haben. Vielfach genügt auch die Ausführung mit zylindrischem Schaft bei Befestigung in einer Spannhülse. (Siehe S. 351.)

Herstellung der Spiralzähne. Die Brust der Spiralzähne muß stets gegen die Fräsermitte gerichtet sein. Zur Einstellung kann die in Bild S 10 auf S. 355 und Bild F 10 auf S. 327 dargestellte einfache Lehre benutzt werden, die gleichzeitig als Einstelllehre zum Schleifen hinterdrehter Fräser dient. Der Tisch der Universal-Fräsmaschine muß auf den Steigungswinkel des Fräserzahn eingestell sein.

Ermittlung der Spiralsteigung S.

Diese kann erfolgen auf zeichnerischem (Bild F 19) oder auf rechnerischem Wege. Wenn der Einstellwinkel α gegeben ist, so ist

$$S(\text{cm}) = D(\text{cm}) \cdot 3,14 \cdot \text{ctg } \alpha$$

$$S(\text{engl. Zoll}) = \frac{D(\text{mm}) \cdot 3,14 \cdot \text{ctg } \alpha}{25,4}$$

Der Einstellwinkel α ergibt sich aus $\text{tg } \alpha = \frac{D(\text{cm}) \cdot 3,14}{S(\text{cm})} = \frac{D(\text{mm}) \cdot 3,14}{S(\text{engl. Zoll}) \cdot 25,4}$

Für D wäre nicht der Fräserdurchmesser, sondern dessen Wert weniger einer Zahntiefe zu setzen, da der Einstellwinkel am Grund des Zahnes ein anderer ist wie am Fräserumfang. In der Praxis wird aber stets für D der Fräserdurchmesser angenommen, da die hierbei entstehenden Fehler belanglos sind und vernachlässigt werden können. Eine Ausnahme machen Schneckenrad- und schneckenförmige Zahnradfräser (Abwälzfräser).

Hier ist: $D = \text{Fräserdurchmesser} - 2 \cdot 1,166 \text{ Modul}$
 $= \text{Fräserdurchmesser} - 2,33 \cdot \text{Modul}$

Geringe Abweichungen sind auch hier, besonders bei Fräsern mit eingängigem Gewinde kleinerer Teilung, belanglos.

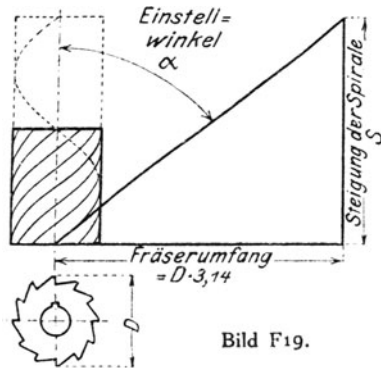


Bild F 19.

Spiral-

Fräserdurchmesser in mm	Steigung der Spirale in mm u. in engl. Zoll bei einem Einstellwinkel α									Fräserdurchmesser in mm
	10°		12°			15°				
	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll				
4	71	2,79	$2^{13}/_{16}$	59	2,32	$2^5/_{16}$	47	1,85	$1^{27}/_{32}$	4
5	89	3,50	$3^{1}/_{2}$	74	2,91	$2^{29}/_{32}$	59	2,32	$2^5/_{16}$	5
6	107	4,21	$4^7/_{32}$	89	3,50	$3^{1}/_{2}$	70	2,76	$2^3/_4$	6
7	125	4,92	$4^{15}/_{16}$	104	4,09	$4^3/_{32}$	82	3,23	$3^7/_{32}$	7
8	143	5,63	$5^5/_8$	118	4,65	$4^{21}/_{32}$	94	3,70	$3^{11}/_{16}$	8
9	160	6,30	$6^5/_{16}$	133	5,24	$5^1/_4$	105	4,13	$4^1/_8$	9
10	178	7,01	7	148	5,83	$5^{13}/_{16}$	117	4,61	$4^{19}/_{32}$	10
11	196	7,72	$7^{23}/_{32}$	163	6,42	$6^7/_{16}$	129	5,08	$5^1/_{16}$	11
12	214	8,43	$8^7/_{16}$	177	6,97	$6^{31}/_{32}$	141	5,55	$5^9/_{16}$	12
13	232	9,13	$9^1/_8$	192	7,56	$7^9/_{16}$	158	6,22	$6^7/_{32}$	13
14	249	9,80	$9^{13}/_{16}$	207	8,15	$8^5/_{32}$	164	6,46	$6^{15}/_{32}$	14
15	267	10,51	$10^1/_2$	222	8,74	$8^3/_4$	176	6,93	$6^{15}/_{16}$	15
16	285	11,22	$11^7/_{32}$	237	9,33	$9^5/_{16}$	188	7,40	$7^{13}/_{32}$	16
17	303	11,93	$11^{15}/_{16}$	251	9,88	$9^7/_8$	199	7,83	$7^{27}/_{32}$	17
18	330	12,99	13	266	10,47	$10^{15}/_{32}$	217	8,54	$8^{17}/_{32}$	18
19	339	13,35	$13^{11}/_{32}$	281	11,06	$11^1/_{16}$	223	8,78	$8^{25}/_{32}$	19
20	356	14,02	14	296	11,65	$11^5/_8$	235	9,25	$9^1/_4$	20
21	374	14,72	$14^{23}/_{32}$	310	12,20	$12^3/_{16}$	246	9,69	$9^{11}/_{16}$	21
22	392	15,43	$15^7/_{16}$	325	12,80	$12^{13}/_{16}$	258	10,16	$10^5/_{32}$	22
23	410	16,14	$16^1/_8$	340	13,39	$13^3/_8$	270	10,63	$10^5/_8$	23
24	428	16,85	$16^7/_8$	355	13,98	$13^{31}/_{32}$	281	11,06	$11^1/_{16}$	24
25	445	17,52	$17^1/_2$	370	14,57	$14^9/_{16}$	293	11,54	$11^{17}/_{32}$	25
26	463	18,23	$18^1/_4$	384	15,12	$15^1/_8$	305	12,01	12	26
27	481	18,94	$18^{15}/_{16}$	399	15,71	$15^{11}/_{16}$	317	12,48	$12^{15}/_{32}$	27
28	499	19,65	$19^{11}/_{16}$	414	16,30	$16^9/_{32}$	328	12,91	$12^{29}/_{32}$	28
29	517	20,35	$20^{11}/_{32}$	429	16,89	$16^7/_8$	340	13,39	$13^3/_8$	29
30	534	21,02	21	443	17,44	$17^7/_{16}$	352	13,86	$13^9/_{16}$	30
31	552	21,73	$21^3/_4$	458	18,03	$18^1/_{32}$	363	14,29	$14^9/_{32}$	31
32	570	22,44	$22^7/_{16}$	473	18,62	$18^5/_8$	375	14,76	$14^3/_4$	32
33	588	23,15	$23^1/_8$	488	19,21	$19^7/_{32}$	388	15,28	$15^9/_{32}$	33
34	606	23,86	$23^7/_8$	502	19,76	$19^3/_4$	399	15,71	$15^{11}/_{16}$	34
35	624	24,57	$24^9/_{16}$	518	20,39	$20^3/_8$	410	16,14	$16^5/_{32}$	35
36	641	25,24	$25^1/_4$	532	20,95	$20^{15}/_{16}$	422	16,61	$16^5/_8$	36
37	659	25,95	$25^{15}/_{16}$	547	21,54	$21^9/_{16}$	434	17,09	$17^3/_{32}$	37
38	677	26,65	$26^{11}/_{16}$	562	22,13	$22^1/_8$	446	17,56	$17^9/_{16}$	38
40	713	28,07	$28^1/_{16}$	591	23,27	$23^1/_4$	469	18,46	$18^{15}/_{32}$	40
42	748	29,45	$29^7/_{16}$	621	24,45	$24^7/_{16}$	492	19,37	$19^3/_8$	42
44	784	30,87	$30^7/_8$	650	25,59	$25^5/_8$	516	20,32	$20^5/_{16}$	44
45	802	31,58	$31^9/_{16}$	665	26,18	$26^3/_{16}$	528	20,79	$20^{13}/_{16}$	45
46	820	32,28	$32^1/_4$	680	26,77	$26^3/_4$	539	21,22	$21^1/_4$	46
48	855	33,66	$33^{11}/_{16}$	710	27,95	$27^{15}/_{16}$	563	22,17	$22^3/_{16}$	48
50	891	35,08	$35^1/_{16}$	739	29,10	$29^1/_8$	586	23,07	$23^1/_{16}$	50
55	980	38,58	$38^9/_{16}$	813	32,01	32	645	25,39	$25^3/_8$	55

steigungen.

Fräserdurchmesser in mm	Steigung der Spirale in mm u. in engl. Zoll bei einem Einstellwinkel α												Fräserdurchmesser in mm
	18°		20°		22°		25°						
	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll					
4	39	1,54	1 ¹⁷ / ₃₂	35	1,38	1 ³ / ₈	31	1,22	1 ⁷ / ₃₂	27	1,06	1 ¹ / ₁₆	4
5	48	1,89	1 ¹⁹ / ₃₂	43	1,69	1 ¹¹ / ₁₆	39	1,54	1 ¹⁷ / ₃₂	34	1,34	1 ¹¹ / ₃₂	5
6	58	2,28	2 ⁹ / ₃₂	52	2,05	2 ¹ / ₃₂	47	1,85	1 ²⁷ / ₃₂	40	1,57	1 ⁹ / ₁₆	6
7	68	2,68	2 ¹¹ / ₁₆	60	2,36	2 ³ / ₈	54	2,13	2 ¹ / ₈	47	1,85	1 ²⁷ / ₃₂	7
8	77	3,03	3 ¹ / ₃₂	69	2,72	2 ²³ / ₃₂	62	2,44	2 ⁷ / ₁₆	54	2,13	2 ¹ / ₈	8
9	87	3,43	3 ⁷ / ₁₆	78	3,07	3 ¹ / ₁₆	70	2,76	2 ³ / ₄	61	2,40	2 ¹³ / ₃₂	9
10	97	3,82	3 ¹³ / ₁₆	86	3,39	3 ³ / ₈	77	3,03	3 ¹ / ₃₂	67	2,64	2 ⁵ / ₈	10
11	106	4,17	4 ³ / ₁₆	95	3,74	3 ³ / ₄	85	3,35	3 ¹¹ / ₃₂	74	2,91	2 ²⁹ / ₃₂	11
12	116	4,57	4 ⁹ / ₁₆	104	4,09	4 ³ / ₃₂	93	3,66	3 ²¹ / ₃₂	81	3,19	3 ³ / ₁₆	12
13	126	4,96	4 ³¹ / ₃₂	112	4,41	4 ¹³ / ₃₂	101	3,98	3 ³¹ / ₃₂	88	3,46	3 ¹⁵ / ₃₂	13
14	135	5,32	5 ⁵ / ₁₆	121	4,76	4 ³ / ₄	109	4,29	4 ⁹ / ₃₂	94	3,70	3 ¹¹ / ₁₆	14
15	145	5,71	5 ²³ / ₃₂	130	5,12	5 ¹ / ₈	117	4,61	4 ¹⁹ / ₃₂	101	3,98	3 ³¹ / ₃₂	15
16	155	6,10	6 ³ / ₃₂	138	5,43	5 ⁷ / ₁₆	124	4,88	4 ⁷ / ₈	108	4,25	4 ¹ / ₄	16
17	164	6,46	6 ¹⁵ / ₃₂	147	5,79	5 ²⁵ / ₃₂	132	5,20	5 ³ / ₁₆	114	4,49	4 ¹ / ₂	17
18	174	6,85	6 ²⁷ / ₃₂	155	6,10	6 ¹ / ₈	140	5,51	5 ¹ / ₂	121	4,76	4 ³ / ₄	18
19	184	7,24	7 ¹ / ₄	164	6,46	6 ¹⁵ / ₃₂	148	5,83	5 ¹³ / ₁₆	128	5,04	5 ¹ / ₃₂	19
20	193	7,60	7 ¹⁹ / ₃₂	173	6,81	6 ¹³ / ₁₆	155	6,10	6 ¹ / ₈	135	5,32	5 ⁵ / ₁₆	20
21	203	7,99	8	181	7,13	7 ¹ / ₈	163	6,42	6 ⁷ / ₁₆	141	5,55	5 ⁹ / ₁₆	21
22	213	8,39	8 ¹³ / ₃₂	190	7,48	7 ¹⁵ / ₃₂	171	6,73	6 ²³ / ₃₂	148	5,83	5 ¹³ / ₁₆	22
23	222	8,74	8 ³ / ₄	199	7,83	7 ²⁷ / ₃₂	179	7,05	7 ¹ / ₁₆	155	6,10	6 ¹ / ₈	23
24	231	9,09	9 ¹ / ₈	207	8,15	8 ⁵ / ₃₂	187	7,36	7 ³ / ₈	162	6,38	6 ³ / ₈	24
25	242	9,53	9 ¹⁷ / ₃₂	216	8,50	8 ¹ / ₂	194	7,64	7 ⁵ / ₈	168	6,61	6 ⁵ / ₈	25
26	251	9,88	9 ⁷ / ₈	224	8,82	8 ³ / ₄	202	7,95	7 ²¹ / ₃₂	175	6,89	6 ⁷ / ₈	26
27	261	10,28	10 ⁹ / ₃₂	233	9,17	9 ³ / ₁₆	210	8,27	8 ⁹ / ₃₂	182	7,17	7 ⁵ / ₃₂	27
28	271	10,67	10 ⁵ / ₈	242	9,53	9 ¹⁷ / ₃₂	218	8,58	8 ¹⁹ / ₃₂	189	7,44	7 ⁷ / ₁₆	28
29	280	11,02	11 ¹ / ₃₂	250	9,84	9 ²⁷ / ₃₂	225	8,86	8 ³ / ₄	195	7,68	7 ¹¹ / ₁₆	29
30	290	11,42	11 ¹³ / ₃₂	259	10,20	10 ³ / ₁₆	233	9,17	9 ³ / ₁₆	202	7,95	7 ¹⁵ / ₁₆	30
31	300	11,81	11 ¹³ / ₁₆	268	10,55	10 ⁹ / ₁₆	241	9,49	9 ¹ / ₂	209	8,23	8 ⁷ / ₃₂	31
32	309	12,17	12 ⁵ / ₃₂	276	10,87	10 ⁷ / ₈	249	9,80	9 ¹³ / ₁₆	215	8,46	8 ¹⁵ / ₃₂	32
33	319	12,56	12 ⁹ / ₁₆	284	11,18	11 ³ / ₁₆	256	10,08	10 ³ / ₃₂	222	8,74	8 ³ / ₄	33
34	329	12,95	12 ¹⁵ / ₁₆	293	11,54	11 ¹⁷ / ₃₂	264	10,39	10 ¹³ / ₃₂	229	9,02	9	34
35	338	13,31	13 ⁵ / ₁₆	302	11,89	11 ²⁹ / ₃₂	272	10,71	10 ²³ / ₃₂	236	9,29	9 ⁹ / ₃₂	35
36	348	13,70	13 ¹¹ / ₁₆	311	12,24	12 ¹ / ₄	280	11,02	11 ¹ / ₃₂	242	9,53	9 ¹⁷ / ₃₂	36
37	358	14,09	14 ³ / ₃₂	319	12,56	12 ⁹ / ₁₆	288	11,34	11 ¹¹ / ₃₂	250	9,84	9 ²⁷ / ₃₂	37
38	367	14,45	14 ⁷ / ₁₆	328	12,91	12 ²⁹ / ₃₂	295	11,61	11 ⁵ / ₈	256	10,08	10 ¹ / ₁₆	38
40	387	15,24	15 ¹ / ₄	345	13,58	13 ¹⁹ / ₃₂	311	12,24	12 ¹ / ₄	269	10,59	10 ¹⁹ / ₃₂	40
42	406	15,98	16	362	14,25	14 ¹ / ₄	326	12,83	12 ²⁷ / ₃₂	283	11,14	11 ⁵ / ₃₂	42
44	425	16,73	16 ³ / ₄	380	14,96	14 ³¹ / ₃₂	342	13,46	13 ¹⁵ / ₃₂	296	11,65	11 ²¹ / ₃₂	44
45	435	17,13	17 ¹ / ₈	389	15,32	15 ⁵ / ₁₆	350	13,78	13 ²⁵ / ₃₂	303	11,93	11 ¹⁵ / ₁₆	45
46	445	17,52	17 ¹⁷ / ₃₂	405	15,95	15 ¹⁵ / ₁₆	358	14,09	14 ³ / ₃₂	310	12,20	12 ⁷ / ₃₂	46
48	464	18,27	18 ⁹ / ₃₂	414	16,30	16 ⁹ / ₃₂	373	14,69	14 ¹¹ / ₁₆	323	12,72	12 ²³ / ₃₂	48
50	483	19,02	19	432	17,01	17	389	15,32	15 ⁵ / ₁₆	337	13,27	13 ⁹ / ₃₂	50
55	532	20,95	20 ¹⁵ / ₁₆	475	18,70	18 ¹¹ / ₁₆	427	16,81	16 ¹³ / ₁₆	370	14,57	14 ⁹ / ₁₆	55

Spiral-

Fräserdurchmesser in mm	Steigung der Spirale in mm u. in engl. Zoll bei einem Einstellwinkel α								Fräserdurchmesser in mm	
	10°		12°		15°					
	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll				
58	1033	40,67	40 ⁵ / ₈	857	33,74	33 ³ / ₄	680	26,77	26 ³ / ₄	58
60	1069	42,09	42 ¹ / ₈	887	34,92	34 ¹⁵ / ₁₆	703	27,68	27 ¹¹ / ₁₆	60
62	1105	43,51	43 ¹ / ₂	916	36,06	36 ¹ / ₁₆	727	28,62	28 ³ / ₈	62
65	1158	45,59	45 ⁵ / ₈	961	37,84	37 ⁷ / ₈	762	30	30	65
68	1211	47,68	47 ³ / ₈	1005	39,57	39 ⁹ / ₁₆	797	31,38	31 ³ / ₈	68
70	1247	49,10	49 ¹ / ₈	1035	40,75	40 ³ / ₄	821	32,32	32 ⁵ / ₁₆	70
75	1336	52,60	52 ⁵ / ₈	1109	43,66	43 ⁵ / ₈	879	34,61	34 ³ / ₈	75
80	1425	56,10	56 ¹ / ₈	1183	46,58	46 ⁵ / ₈	938	36,93	36 ¹⁵ / ₁₆	80
85	1514	59,61	59 ⁵ / ₈	1256	49,45	49 ¹ / ₂	997	39,25	39 ¹ / ₄	85
90	1603	63,11	63 ¹ / ₈	1330	52,36	52 ³ / ₈	1055	41,54	41 ¹ / ₂	90
95	1693	66,66	66 ⁵ / ₈	1404	55,28	55 ¹ / ₄	1114	43,86	43 ⁷ / ₈	95
100	1782	70,16	70 ¹ / ₈	1478	58,19	58 ¹ / ₄	1172	46,14	46 ¹ / ₈	100
105	1871	73,66	73 ⁵ / ₈	1562	61,10	61 ¹ / ₈	1231	48,47	48 ¹ / ₂	105
110	1960	77,17	77 ¹ / ₈	1626	64,02	64	1290	50,79	50 ³ / ₄	110
115	2049	80,67	80 ⁵ / ₈	1700	66,93	67	1348	53,07	53	115
120	2138	84,18	84 ¹ / ₈	1774	69,84	69 ⁷ / ₈	1407	55,40	55 ³ / ₈	120
125	2227	87,68	87 ⁵ / ₈	1848	72,76	72 ³ / ₄	1466	57,72	57 ³ / ₄	125
130	2316	91,18	91 ¹ / ₈	1922	75,67	75 ⁵ / ₈	1524	60,06	60	130
135	2405	94,69	94 ⁵ / ₈	1995	78,55	78 ¹ / ₂	1583	62,32	62 ³ / ₈	135
140	2494	98,19	98 ¹ / ₈	2069	81,46	81 ¹ / ₂	1641	64,61	64 ⁵ / ₈	140
145	2583	101,70	101 ⁵ / ₈	2143	84,37	84 ³ / ₈	1700	66,93	67	145
150	2672	105,20	105 ¹ / ₈	2217	87,29	87 ¹ / ₄	1759	69,25	69 ¹ / ₄	150
155	2761	109,49	109 ¹ / ₂	2291	90,20	90 ¹ / ₄	1817	71,54	71 ¹ / ₂	155
160	2851	112,25	112 ¹ / ₄	2365	93,11	93 ¹ / ₈	1876	73,86	73 ⁷ / ₈	160
165	2940	115,75	115 ³ / ₄	2439	96,03	96	1934	76,14	76 ¹ / ₈	165
170	3029	119,25	119 ¹ / ₄	2513	98,94	99	1993	78,47	78 ¹ / ₂	170
175	3118	122,76	122 ³ / ₄	2587	101,85	101 ⁷ / ₈	2052	80,79	80 ³ / ₄	175
180	3207	126,26	126 ¹ / ₄	2661	104,77	104 ³ / ₄	2110	83,07	83	180
185	3296	129,77	129 ³ / ₄	2734	107,64	107 ⁵ / ₈	2169	85,40	85 ³ / ₈	185
190	3385	133,27	133 ¹ / ₄	2808	110,55	110 ¹ / ₂	2228	87,72	87 ³ / ₄	190
195	3474	136,77	136 ³ / ₄	2882	113,47	113 ¹ / ₂	2286	90	90	195
200	3563	140,28	140 ¹ / ₄	2956	116,38	116 ³ / ₈	2345	92,33	92 ³ / ₈	200
210	3741	147,29	147 ¹ / ₄	3104	122,21	122 ¹ / ₄	2462	96,93	97	210
220	3920	154,33	154 ¹ / ₄	3252	128,03	128	2579	101,54	101 ¹ / ₂	220
230	4098	161,34	161 ³ / ₈	3403	133,86	133 ⁷ / ₈	2697	106,18	106 ¹ / ₈	230
240	4276	168,35	168 ³ / ₈	3547	139,65	139 ⁵ / ₈	2814	110,79	110 ³ / ₄	240
250	4454	175,36	175 ³ / ₈	3695	145,48	145 ¹ / ₂	2931	115,40	115 ³ / ₈	250
260	4632	182,37	182 ³ / ₈	3843	151,30	151 ¹ / ₄	3048	120	120	260
270	4810	189,37	189 ³ / ₈	3991	157,13	157 ¹ / ₈	3166	124,65	124 ⁵ / ₈	270
280	4988	196,38	196 ³ / ₈	4137	162,88	162 ⁷ / ₈	3283	128,24	128 ¹ / ₄	280
290	5167	203,43	203 ³ / ₈	4287	168,78	168 ³ / ₄	3400	133,86	133 ⁷ / ₈	290
300	5345	210,44	210 ³ / ₈	4434	174,57	174 ⁵ / ₈	3517	138,47	138 ¹ / ₂	300

steigungen.

Fräserdurchmesser in mm	Steigung der Spirale in mm u. in engl. Zoll bei einem Einstellwinkel α								Fräserdurchmesser in mm				
	18°		20°		22°		25°						
	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll	mm	engl. Zoll					
58	561	22,09	227/8	501	19,72	19 ²³ / ₃₂	451	17,76	17 ³ / ₄	391	15,40	15 ¹³ / ₃₂	58
60	580	22,84	22 ¹³ / ₁₆	518	20,39	20 ³ / ₈	466	18,35	18 ¹¹ / ₃₂	404	15,91	15 ²⁹ / ₃₂	60
62	600	23,62	23 ⁵ / ₈	535	21,06	21 ¹ / ₁₆	482	18,98	18	418	16,46	16 ¹⁵ / ₄₂	62
65	629	24,76	24 ³ / ₄	561	22,09	22 ⁷ / ₈	505	19,88	19 ⁷ / ₈	438	17,24	17 ¹ / ₄	65
68	658	25,91	25 ⁷ / ₈	587	23,11	23 ¹ / ₈	528	20,79	20 ¹³ / ₁₆	458	18,03	18 ¹ / ₃₂	68
70	677	26,65	26 ⁵ / ₈	604	23,78	23 ³ / ₄	544	21,42	21 ⁷ / ₁₆	471	18,54	18 ¹⁷ / ₃₂	70
75	725	28,54	28 ⁹ / ₁₆	647	25,47	25 ¹ / ₂	583	22,95	22 ¹⁵ / ₁₆	505	19,88	19 ⁷ / ₈	75
80	774	30,47	30 ¹ / ₂	690	27,17	27 ³ / ₁₆	622	24,49	24 ¹ / ₂	539	21,22	21 ⁷ / ₃₂	80
85	822	32,36	32 ³ / ₈	733	28,86	28 ⁷ / ₈	661	26,02	26	572	22,52	22 ¹ / ₂	85
90	870	34,25	34 ¹ / ₄	776	30,55	30 ⁹ / ₁₆	699	27,52	27 ¹ / ₂	606	23,86	23 ⁷ / ₈	90
95	919	36,18	36 ³ / ₁₆	820	32,28	32 ⁵ / ₁₆	738	29,06	29 ¹ / ₁₆	640	25,20	25 ³ / ₁₆	95
100	967	38,07	38 ¹ / ₁₆	863	33,98	34	777	30,59	30 ⁹ / ₁₆	673	26,50	26 ¹ / ₂	100
105	1015	39,96	40	906	35,67	35 ¹¹ / ₁₆	816	32,13	32 ¹ / ₈	707	27,84	27 ¹³ / ₁₆	105
110	1064	41,89	41 ⁷ / ₈	949	37,36	37 ³ / ₈	855	33,66	33 ¹¹ / ₁₆	741	29,17	29 ³ / ₁₆	110
115	1112	43,78	43 ³ / ₄	993	39,10	39 ¹ / ₈	894	35,20	35 ³ / ₁₆	774	30,47	30 ⁷ / ₁₆	115
120	1160	45,67	45 ⁵ / ₈	1036	40,79	40 ³ / ₄	933	36,73	36 ³ / ₄	808	31,81	31 ¹³ / ₁₆	120
125	1209	47,60	47 ⁵ / ₈	1079	41,06	41	972	38,27	38 ¹ / ₄	842	33,15	33 ¹ / ₈	125
130	1257	49,49	49 ¹ / ₂	1122	44,17	44 ¹ / ₈	1010	39,80	39 ³ / ₄	875	34,45	34 ⁷ / ₁₆	130
135	1305	51,38	51 ³ / ₈	1165	45,87	45 ⁷ / ₈	1050	41,34	41 ¹ / ₄	909	35,79	35 ¹³ / ₁₆	135
140	1354	53,31	53 ¹ / ₄	1208	47,56	47 ¹ / ₂	1090	42,91	42 ⁷ / ₈	943	37,13	37 ¹ / ₈	140
145	1402	55,20	55 ¹ / ₄	1252	49,29	49 ¹ / ₄	1127	44,37	44 ³ / ₈	976	38,43	38 ⁷ / ₁₆	145
150	1450	57,09	57 ¹ / ₈	1295	50,99	51	1166	45,91	45 ⁷ / ₈	1010	39,80	39 ³ / ₄	150
155	1499	59,02	59	1338	52,68	52 ⁵ / ₈	1205	47,44	47 ¹ / ₂	1044	41,10	41 ¹ / ₈	155
160	1547	60,91	60 ⁷ / ₈	1381	54,37	54 ³ / ₈	1244	48,98	49	1077	42,40	42 ³ / ₈	160
165	1596	62,84	62 ⁷ / ₈	1424	56,06	56	1282	50,47	50 ¹ / ₂	1111	43,74	43 ³ / ₄	165
170	1644	64,73	64 ³ / ₄	1467	57,76	57 ³ / ₄	1321	52,01	52	1145	45,08	45 ¹ / ₈	170
175	1692	66,62	66 ⁵ / ₈	1511	59,49	59 ¹ / ₂	1360	53,54	53 ¹ / ₂	1178	46,38	46 ³ / ₈	175
180	1741	68,55	68 ¹ / ₂	1554	61,18	61 ¹ / ₈	1399	55,08	55	1212	47,72	47 ³ / ₄	180
185	1789	70,43	70 ¹ / ₂	1597	62,88	62 ⁷ / ₈	1438	56,62	56 ⁵ / ₈	1246	49,06	49	185
190	1837	72,32	72 ³ / ₈	1640	64,57	64 ⁵ / ₈	1477	58,15	58 ¹ / ₈	1279	50,36	50 ³ / ₈	190
195	1886	74,25	74 ¹ / ₄	1683	66,26	66 ¹ / ₄	1516	59,69	59 ⁵ / ₈	1313	51,70	51 ³ / ₄	195
200	1934	76,14	76 ¹ / ₈	1726	67,95	68	1554	61,18	61 ¹ / ₈	1347	53,03	53	200
210	2031	79,96	79	1813	71,38	71 ³ / ₈	1632	64,25	64 ¹ / ₄	1414	55,67	55 ⁵ / ₈	210
220	2127	83,74	83 ³ / ₄	1899	74,77	74 ³ / ₄	1710	67,32	67 ³ / ₈	1481	58,31	58 ¹ / ₄	220
230	2224	87,56	87 ¹ / ₂	1985	78,15	78 ¹ / ₈	1788	70,40	70 ³ / ₈	1549	60,985	61	230
240	2310	90,95	91	2072	81,58	81 ⁵ / ₈	1865	73,43	73 ³ / ₈	1616	63,62	63 ⁵ / ₈	240
250	2417	95,16	95 ¹ / ₈	2158	84,96	84	1943	76,50	76 ¹ / ₂	1684	66,46	66 ¹ / ₂	250
260	2514	98,98	99	2244	88,35	88 ³ / ₈	2021	79,57	79 ¹ / ₂	1751	68,94	68 ⁷ / ₈	260
270	2611	102,80	102 ³ / ₄	2330	91,73	91 ³ / ₄	2098	82,60	82 ⁵ / ₈	1818	71,58	71 ⁵ / ₈	270
280	2708	106,62	106 ⁵ / ₈	2417	95,16	95 ¹ / ₈	2176	85,67	85 ⁵ / ₈	1886	74,25	74 ¹ / ₄	280
290	2804	110,40	110 ³ / ₈	2503	98,55	98 ¹ / ₂	2254	88,74	88 ³ / ₄	1953	76,89	76 ⁷ / ₈	290
300	2901	114,22	114 ¹ / ₄	2589	101,93	101	2332	91,81	91 ³ / ₄	2020	79,53	79 ¹ / ₂	300

Zähnezahlen für Fräser mit gefrästen Zähnen.

Nachstehende Tafel enthält für Fräser mit gefrästen Zähnen Angabe über die Zähnezahl „Z“ und die Zahnteilung „t“ in 3 Abstufungen für Grob-, Mittel- und Fein-Verzahnungen. Die angegebenen Werte sind im praktischen Betriebe erprobt, so daß sie unmittelbar für die Wahl der Zähnezahlen bei Fräsern für normalen Werkstattgebrauch in Betracht kommen. Für Hochleistungsfräser mit sehr grober Verzahnung können die für grobe Verzahnung in der Tafel angegebenen Werte für „t“ wesentlich vergrößert werden.

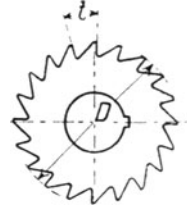


Bild F 8.

Z = Anzahl der Zähne.
t = Umfangsteilung.

Außen-Durchm. des Fräasers D	Grob		Mittel		Fein		Außen-Durchm. des Fräasers D	Grob		Mittel		Fein	
	Z	t	Z	t	Z	t		Z	t	Z	t	Z	t
4	4	3,1	—	—	6	2,1	80	16	15,7	20	12,5	24	10,5
6	4	4,7	—	—	6	3,1	85	18	14,8	22	12,1	26	10,3
8	6	4,2	—	—	8	3,1	90	18	15,7	22	12,8	26	10,9
10	6	5,2	—	—	8	3,9	95	20	14,9	24	12,4	28	10,7
12	6	6,2	—	—	8	4,7	100	20	15,7	24	13,1	28	11,2
14	6	7,3	—	—	8	5,5	105	20	16,5	24	13,7	30	11
16	6	8,4	—	—	8	6,3	110	22	15,7	26	13,3	32	10,8
18	8	7,1	—	—	10	5,7	115	22	16,4	26	13,9	32	11,3
20	8	7,9	—	—	10	6,3	120	24	15,7	26	14,5	32	11,8
22	8	8,6	—	—	10	6,9	125	24	16,4	28	14	34	11,5
25	8	9,8	—	—	10	7,9	130	26	15,7	28	14,6	34	12
28	8	11	10	8,8	12	7,33	140	26	16,9	30	14,7	36	12,2
30	8	11,8	10	9,4	12	7,8	150	28	16,9	32	14,7	40	11,8
32	10	10	12	8,4	14	7,2	160	28	17,9	34	14,8	42	12
35	10	10,9	12	9,2	14	7,8	170	30	17,8	36	14,8	44	12,1
38	10	11,9	12	9,9	14	8,5	180	30	18,8	38	14,9	46	12,3
40	10	12,6	14	9	16	7,8	190	32	18,6	40	14,9	48	12,4
42	10	13,2	14	9,4	16	8,2	200	32	19,7	42	15	50	12,6
45	12	11,8	16	8,8	18	7,8	210	34	19,4	44	15	52	12,7
48	12	12,6	16	9,4	18	8,4	220	36	19,2	46	15	54	12,8
50	12	13,1	16	9,8	18	8,7	230	38	19	48	15	56	12,9
52	12	13,6	16	10,2	20	8,2	240	40	18,8	50	15	58	13
55	14	12,3	18	9,6	20	8,6	250	42	18,7	52	15,1	60	13,1
58	14	13	18	10,1	20	9,1	260	44	18,6	54	15,1	62	13,2
60	14	13,5	18	10,5	22	8,6	270	46	18,4	56	14,14	64	13,3
65	14	14,6	18	11,3	22	9,3	280	48	18,3	58	15,2	66	13,3
70	16	13,7	20	10,9	24	9,2	290	50	18,2	60	15,2	68	13,4
75	16	14,7	20	11,8	24	9,8	300	52	18,1	62	15,2	70	13,5

Fräser mit hinterdrehten Zähnen.

Von der Geraden abweichende Formen werden in der Regel mit hinterdrehten Fräsern hergestellt. Das Nachschleifen erfolgt an der Zahnbrust *A*, die gegen den Mittelpunkt des Fräasers gerichtet sein muß, damit beim Nachschleifen die Form unverändert bleibt.

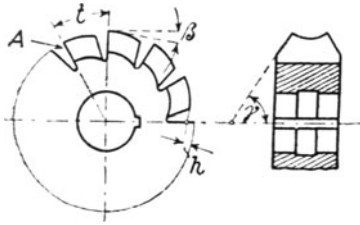


Bild F 20.

Die Größe der Hinterdrehung, d. i. die Hubhöhe *h*, nach welcher der Fräserzahn zu hinterdrehen ist, wird bestimmt:

1. durch die Zahnteilung *t*,
2. durch die Größe des Anstellwinkels β .

Die erste Größe ist durch den Durchmesser und seine Zähnezahlgabe gegeben, dagegen ist die Wahl von β abhängig von der Form des Profiles. β muß um so größer sein, je mehr sich die Tangenten an irgendeiner Stelle der zu fräsierenden Form der Senkrechten nähern, also wenn γ den Winkel der Formtangente mit der Fräserachse bezeichnet (Bild F 20 und F 21), je mehr γ sich einem rechten Winkel nähert. Damit nimmt nämlich der Anstellwinkel jenes Formstückes ab, und um so ungünstiger schneidet an dieser Stelle der Fräser. Die Hubhöhe *h* bestimmt sich aus:

$$h = \frac{D \pi \cdot \operatorname{tg} \beta}{Z}$$

Hierbei ist *D* der Durchmesser und *Z* die Zähnezahlgabe des Fräasers. An einer Hinterdrehbank sollten Hinterdrehkurven in Abstufungen von 1/2 mm vorhanden sein.

Die Zahlentafel Seite 336 gibt die Größe der Hinterdrehung an für einen Anstellwinkel $\beta = \text{etwa } 10^\circ$ bei einer wagerechten Formkante.

Schräg hinterdrehte Fräser.

Ist der Neigungswinkel γ der Formtangente nahezu oder gleich 90° , so wird der Anstellwinkel β gleich 0, und das Formstück des Zahnes wird drücken statt zu schneiden. Um diesem Übelstande zu begegnen, hinterdreht man solche Fräser schräg zur Achse, etwa in der Richtung der Pfeile *f*, Bild F 21.

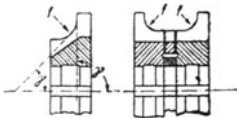


Bild F 21.

Hat das Schräghinterdrehen zur Folge, daß sich die Breitenmaße der Form durch das Nachschleifen ändern, so muß der Fräser aus ein oder mehreren Teilen zusammengesetzt werden. Zur Vermeidung einer Fräsnaht an der Schnittstelle wendet man Kupplungszähne an und legt einen Zwischenring bei, welcher entsprechend der Änderung des Breitenmaßes nachgearbeitet wird. Einen solchen Fräser zeigt Bild F 21 im Querschnitt.

Hubgröße h für hinterdrehte Fräser in mm.

Anstellwinkel $\beta = 10^\circ$.



Fräser- durchm. in mm	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Zähne												
6	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	6 1/2	7	7 1/2	8
7	2 1/2	3	3 1/2	4	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6	6 1/2	7
8	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5 1/2	5 1/2	6
9	2	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2	3 1/2	4	4	4	5	5	5 1/2
10	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5
12	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	4	4
14	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	3	3 1/2
16	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3
18		1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	3
20		1	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2	2 1/2
22			1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2
24				1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2
26				1	1	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2
28					1	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
30					1	1	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
32						1	1	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2
34							1	1	1	1	1 1/2	1 1/2
36								1	1	1	1	1 1/2
38									1	1	1	1
40										1	1	1

Fräser- durchm. in mm	95	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Zähne												
6	8 1/2	9	9	11								
7	7 1/2	7 1/2	7 1/2	9	10	11	11 1/2	12				
8	6 1/2	6 1/2	6 1/2	8	9	9 1/2	10	11	11 1/2	12	12 1/2	
9	5 1/2	5 1/2	6	7	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11 1/2	12
10	5	5	5 1/2	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	11
12	4	4 1/2	4 1/2	5 1/2	6	6 1/2	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9
14	3 1/2	4	4	4 1/2	5	5 1/2	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	7 1/2
16	3	3 1/2	3 1/2	4	4 1/2	4 1/2	5	5 1/2	5 1/2	6	6 1/2	6 1/2
18	2 1/2	3	3	3 1/2	4	4	4 1/2	5	5	5 1/2	5 1/2	6
20	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2	3 1/2	4	4	4 1/2	5	5	5 1/2
22	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	4	4	4 1/2	4 1/2	5
24	2	2	2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	4	4	4	4 1/2
26	2	2	2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	3 1/2	4	4
28	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	3 1/2	3 1/2	4
30	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	3	3 1/2	3 1/2
32	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	3	3 1/2
34	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3	3
36	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3	3
38	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	3
40	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2

Über die Verwendungsmöglichkeit des hinterdrehten Fräasers siehe S. 320.

Bei der Herstellung hinterdrehter Fräser ist zu beachten, daß die Bohrung nach dem Härten nicht mit einer Schleifscheibe nachgeschliffen zu werden braucht. Beim Härten soll sich die Bohrung wenig verändern, so daß sie nur mit einem Schleifdorn aus Gußeisen oder Kupfer unter Verwendung von feinem Schmirgel und Öl auf genaues Maß zu bringen ist. Danach sind die Seitenflächen des Fräasers auf einem genau laufenden Dorne zu schleifen. Im allgemeinen ist den Fabriken die Selbstanfertigung der hinterdrehten und meist auch der gewöhnlichen Fräser durchaus zu widerraten, da sie, unter Berücksichtigung aller Aufwendungen, teurer wird als der Verkaufspreis bei ersten Firmen ausmacht.

Weitere Angaben über hinterdrehte Fräser sind zu finden in der Abhandlung von E. Simon, Werkstatts-Technik 1912, S. 445.

Die Teilung des Spanes beim Fräsen.

Die Spanteilung bei breiten Schnitten ist für Fräser mit gefrästen oder mit hinterdrehten Formzähnen immer zu empfehlen. Sie erleichtert das Eindringen des Fräserzahn in das Material wesentlich, vermindert den Schnittwiderstand und damit den Kraftverbrauch der Maschine.

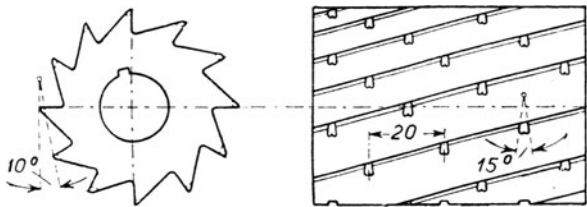


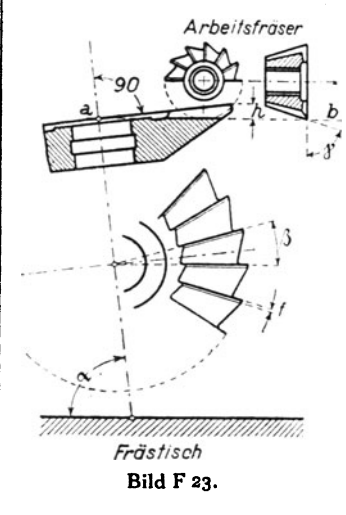
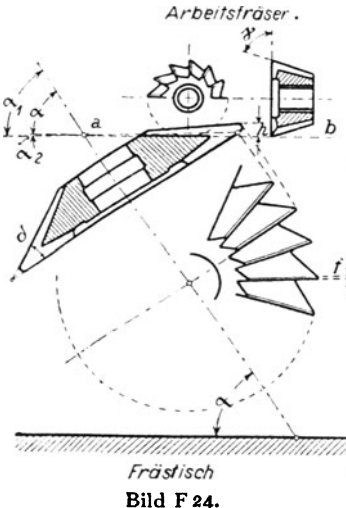
Bild F 22.

Wenn diese Vorteile erreicht werden sollen, muß die Zahnunterbrechung sachgemäß ausgeführt werden, und zwar derart, daß die neu entstehenden Flächen beim Fräsen nicht drücken, sondern richtigen Anstellungswinkel haben.

Bild F 22 zeigt einen Hochleistungsfräser mit Spanteilungsnuten. Die Nuten können durch Fräsen oder Schräghinterdrehen auf der Hinterdrehbank hergestellt werden.

Vielfach wird die Spanteilung so ausgeführt, daß die Spanbrecherruten nicht, wie in Bild F 22 dargestellt, gegeneinander versetzt, sondern in Form einer Gewindesteigung eingedreht werden. Diese Ausführung hat den Nachteil, daß die eine Schneidkante der Spanbrecherrute einen ungünstigen Schnittwinkel erhält und die andere Schneidkante durch die Wegnahme des von dem vorhergehenden Zahn stehengebliebenen Materials überanstrengt wird. Bei versetzter Anordnung der Spanbrecherruten haben nur die geraden Schneiden des Fräserzahn das stehengebliebene Material zu beseitigen.

Teilkopfeinstellung zum Fräsen der Fräserverzahnungen.

	Verzahnung einer ebenen Fläche		
	Bezeichnung	Zeichen	Berechnung
 <p style="text-align: center;">Frästisch Bild F 23.</p>	Einstellwinkel des Teilkopfes	α	$\cos \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \gamma$
	Teilwinkel des Fräasers	β	$\frac{360^\circ}{\text{Zähnezahl}}$
	Winkel des Arbeitsfräasers	γ	
	Verzahnung einer Kegelfläche		
	Bezeichnung	Zeichen	Berechnung
 <p style="text-align: center;">Frästisch Bild F 24.</p>	Einstellwinkel des Teilkopfes	α	$\alpha_1 - \alpha_2$
	Hilfswinkel	α_1	$\operatorname{tg} \alpha_1 = \cos \beta \cdot \operatorname{ctg} \delta$
	Hilfswinkel	α_2	$\sin \alpha_2 = \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \gamma \cdot \sin \alpha_1$
	Teilwinkel des Fräasers	β	$\frac{360^\circ}{\text{Zähnezahl}}$
	Grundwinkel d. Fräserkegels	δ	
	Winkel des Arbeitsfräasers	γ	

Zum Einschneiden der Zähne muß der Fräser so eingestellt werden, daß der Grund $a-b$ der Zahnluke wagerecht, d. i. parallel zur Tischfläche liegt. Der Einstellwinkel α ist gleich dem Neigungswinkel des Zahngrundes gegen die Fräserachse. Die Schleiffläche der Zähne muß eine gleichmäßige Breite f haben; die Breite hängt von der Frästiefe h ab.

Beispiele für die Berechnung des Einstellwinkels α .

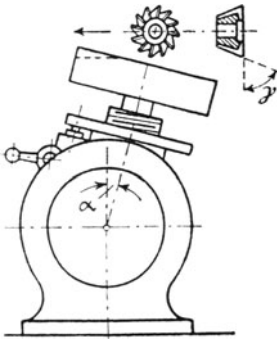


Bild F 25.

1. Es ist die Stirnzahnung eines Scheibenfräasers von 26 Zähnen zu fräsen. Der Arbeitsfräser hat einen Schneidwinkel γ von 75° . (Formeln s. S. 338.)

$$\begin{aligned}\beta &= 360^\circ : 26 = 13,84^\circ = 13^\circ 50' \\ \gamma &= 75^\circ \\ \cos \alpha &= \operatorname{tg} 13^\circ 50' \cdot \operatorname{ctg} 75^\circ \\ &= 0,2462 \cdot 0,2679 = 0,066\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Einstellwinkel } \alpha &= 86^\circ 13' \\ &(\text{vgl. Tafel S. 340})\end{aligned}$$

2. Ein Winkelfräser von $\delta = 70^\circ$ soll mit $Z = 16$ Zähnen verzahnt werden. Der Winkel γ des Arbeitswinkelfräasers ist $\gamma = 75^\circ$. Wie groß ist der Einstellwinkel α ? (Formeln s. S. 338.)

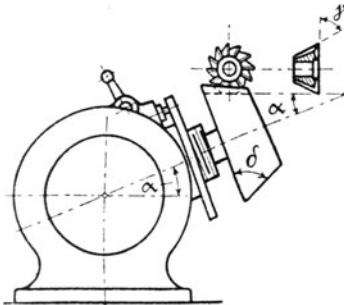
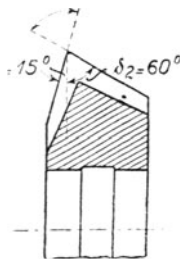


Bild F 26.

$$\begin{aligned}\sphericalangle \beta &= 360^\circ : 16 = 22,5^\circ = 22^\circ 30' \\ \operatorname{tg} \alpha_1 &= \cos 22^\circ 30' \cdot \operatorname{ctg} 70^\circ \\ &= 0,9239 \cdot 0,3640 \\ &= 0,336; \alpha_1 = 18^\circ 36' \\ \sin \alpha_2 &= \operatorname{tg} 22^\circ 30' \cdot \operatorname{cotg} 75^\circ \cdot \sin 18^\circ 36' \\ &= 0,4142 \cdot 0,2679 \cdot 0,3190 \\ &= 0,0354; \alpha_2 = 2^\circ 2'\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Einstellwinkel } \alpha &= 18^\circ 36' - 2^\circ 2' = 16^\circ 34' \\ &(\text{vgl. Tafel S. 343})\end{aligned}$$

3. In einen Winkelfräser ($\sphericalangle = 75^\circ$) mit den Grundwinkeln $\delta_1 = 15^\circ$ und $\delta_2 = 60^\circ$ sind beiderseits 16 Zähne einzufräsen, der Winkel des Arbeitsfräasers $\gamma = 70^\circ$.



$$\begin{aligned}\text{a) } \delta_1 &= 15^\circ; \gamma = 70^\circ; \beta = 360^\circ : 16 = 22^\circ 30'; \\ \operatorname{tg} \alpha_1 &= \cos 22^\circ 30' \cdot \operatorname{ctg} 15^\circ = 3,4481; \alpha_1 = 73^\circ 50' \\ \sin \alpha_2 &= \operatorname{tg} 22^\circ 30' \cdot \operatorname{ctg} 70^\circ \cdot \sin 73^\circ 50' = 0,1448; \alpha_2 = 8^\circ 20'\end{aligned}$$

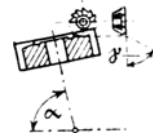
$$\text{Einstellwinkel } \alpha = 73^\circ 50' - 8^\circ 20' = 65^\circ 30'.$$

$$\begin{aligned}\text{b) } \delta_2 &= 60^\circ; \gamma = 70^\circ; \beta = 360^\circ : 16 = 22^\circ 30'; \\ \operatorname{tg} \alpha_1 &= \cos 22^\circ 30' \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ = 0,5335; \alpha_1 = 28^\circ 5' \\ \sin \alpha_2 &= \operatorname{tg} 22^\circ 30' \cdot \operatorname{ctg} 70^\circ \cdot \sin 28^\circ 5' = 0,071; \alpha_2 = 4^\circ 5'\end{aligned}$$

$$\text{Einstellwinkel } \alpha = 28^\circ 5' - 4^\circ 5' = 24^\circ$$

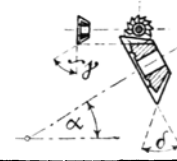
(vgl. Tafel S. 342)

**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Verzahnung einer ebenen Fläche.
(Stirnverzahnung von Scheiben und Stirnfräsern.)**

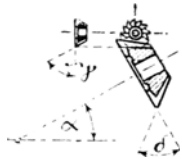


Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräsers							
	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
6	81° 17'	72° 13'	62° 21'	50° 55'	36° 08'	—	—	—
8	84° 59'	79° 51'	74° 27'	68° 39'	62° 12'	54° 44'	45° 33'	32° 57'
10	86° 21'	82° 38'	78° 59'	74° 40'	70° 12'	65° 12'	59° 25'	52° 26'
12	87° 06'	84° 09'	81° 06'	77° 52'	74° 23'	70° 32'	66° 09'	61° 01'
14	87° 35'	85° 08'	82° 35'	79° 54'	77° 01'	73° 51'	70° 18'	66° 10'
16	87° 55'	85° 49'	83° 38'	81° 20'	78° 52'	76° 10'	73° 08'	69° 40'
18	88° 10'	86° 19'	84° 24'	82° 27'	80° 14'	77° 52'	75° 14'	72° 13'
20	88° 22'	86° 43'	85° 00'	83° 12'	81° 17'	79° 11'	76° 51'	74° 11'
22	88° 32'	87° 02'	85° 30'	83° 52'	82° 08'	80° 14'	78° 08'	75° 44'
24	88° 39'	87° 18'	85° 53'	84° 24'	82° 49'	81° 06'	79° 11'	77° 01'
26	88° 46'	87° 30'	86° 13'	84° 51'	83° 24'	81° 49'	80° 04'	78° 04'
28	88° 51'	87° 42'	86° 30'	85° 14'	83° 53'	82° 26'	80° 48'	78° 58'
30	88° 56'	87° 51'	86° 44'	85° 34'	84° 19'	82° 57'	81° 26'	79° 44'
32	89° 00'	87° 59'	86° 56'	85° 51'	84° 37'	83° 24'	82° 00'	80° 24'
34	89° 04'	88° 07'	87° 08'	86° 06'	85° 00'	83° 48'	82° 29'	80° 59'
36	89° 07'	88° 13'	87° 18'	86° 19'	85° 24'	84° 10'	82° 54'	81° 29'
38	89° 10'	88° 19'	87° 26'	86° 31'	85° 32'	84° 28'	83° 17'	81° 57'
40	89° 12'	88° 24'	87° 34'	86° 42'	85° 46'	84° 45'	83° 38'	82° 22'

**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 45^\circ$.**

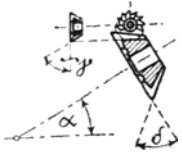


Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräsers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
6	26° 34'	22° 41'	18° 43'	14° 35'	10° 11'	5° 25'	—	—	—
8	35° 16'	32° 22'	29° 25'	26° 22'	23° 08'	19° 40'	15° 48'	11° 25'	6° 17'
10	38° 58'	36° 41'	34° 21'	31° 56'	29° 25'	26° 41'	23° 40'	20° 18'	16° 25'
12	40° 54'	39° 00'	37° 04'	35° 05'	33° 00'	30° 46'	28° 18'	25° 33'	20° 24'
14	42° 01'	40° 24'	38° 46'	37° 04'	35° 17'	33° 23'	31° 18'	28° 58'	26° 19'
16	42° 44'	41° 19'	39° 54'	38° 25'	36° 52'	35° 13'	33° 24'	31° 23'	29° 05'
18	43° 13'	41° 58'	40° 42'	39° 23'	38° 01'	36° 33'	34° 57'	33° 10'	31° 09'
20	43° 34'	42° 27'	41° 18'	40° 08'	38° 53'	37° 35'	36° 09'	34° 33'	32° 44'
22	43° 49'	42° 48'	41° 46'	40° 42'	39° 34'	38° 23'	37° 04'	35° 38'	33° 59'
24	44° 00'	43° 04'	42° 07'	41° 09'	40° 07'	39° 02'	37° 50'	36° 30'	35° 01'
26	44° 09'	43° 17'	42° 25'	41° 31'	40° 34'	39° 34'	38° 28'	37° 14'	35° 52'
28	44° 16'	43° 28'	42° 40'	41° 49'	40° 57'	39° 55'	39° 00'	37° 52'	36° 36'
30	44° 22'	43° 37'	42° 52'	42° 05'	41° 16'	40° 24'	39° 27'	38° 24'	37° 12'
32	44° 27'	43° 45'	43° 03'	42° 19'	41° 23'	40° 44'	39° 51'	38° 51'	37° 44'
34	44° 31'	43° 52'	43° 12'	42° 30'	41° 47'	41° 05'	40° 11'	39° 15'	38° 12'
36	44° 34'	43° 57'	43° 19'	42° 40'	41° 59'	41° 16'	40° 28'	39° 36'	38° 36'
38	44° 36'	44° 01'	43° 25'	42° 48'	42° 10'	41° 28'	40° 44'	39° 54'	38° 57'
40	44° 39'	44° 06'	43° 31'	42° 56'	42° 20'	41° 41'	40° 58'	40° 11'	39° 17'



**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 50^\circ$.**

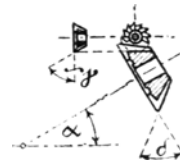
Zähne- zahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	30° 41'	28° 07'	25° 31'	22° 50'	19° 59'	16° 55'	13° 33'	9° 45'	5° 20'
10	34° 10'	32° 07'	30° 03'	27° 53'	25° 38'	23° 12'	20° 32'	17° 34'	14° 09'
12	36° 00'	34° 18'	32° 35'	30° 47'	28° 54'	26° 54'	24° 42'	22° 15'	19° 27'
14	37° 05'	35° 38'	34° 09'	32° 37'	31° 01'	29° 18'	27° 26'	25° 21'	22° 59'
16	37° 47'	36° 31'	35° 13'	33° 53'	32° 29'	30° 59'	29° 21'	27° 33'	25° 29'
18	38° 15'	37° 07'	35° 58'	34° 47'	33° 32'	32° 13'	30° 46'	29° 10'	27° 21'
20	38° 35'	37° 34'	36° 32'	35° 28'	34° 21'	33° 10'	31° 52'	30° 26'	28° 48'
22	38° 50'	37° 55'	36° 58'	36° 00'	34° 59'	33° 54'	32° 44'	31° 25'	29° 57'
24	39° 01'	38° 10'	37° 19'	36° 25'	35° 30'	34° 30'	33° 26'	32° 14'	30° 53'
26	39° 10'	38° 23'	37° 36'	36° 46'	35° 55'	35° 00'	34° 01'	32° 54'	31° 39'
28	39° 17'	38° 34'	37° 49'	37° 04'	36° 16'	35° 25'	34° 30'	33° 29'	32° 19'
30	39° 23'	38° 43'	38° 01'	37° 19'	36° 34'	35° 47'	34° 55'	33° 58'	32° 53'
32	39° 27'	38° 49'	38° 10'	37° 31'	36° 49'	36° 04'	35° 16'	34° 22'	33° 22'
34	39° 31'	38° 55'	38° 09'	37° 41'	37° 02'	36° 20'	35° 35'	34° 45'	33° 48'
36	39° 34'	39° 00'	38° 26'	37° 51'	37° 13'	36° 34'	35° 51'	35° 03'	34° 09'
38	39° 37'	39° 05'	38° 33'	37° 59'	37° 24'	36° 46'	36° 06'	35° 21'	34° 30'
40	39° 39'	39° 09'	38° 38'	38° 06'	37° 33'	36° 57'	36° 18'	35° 35'	34° 47'



**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 55^\circ$.**

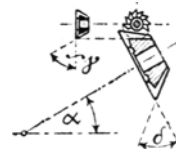
Zähne- zahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	26° 21'	24° 07'	21° 52'	19° 31'	15° 03'	14° 24'	11° 30'	8° 15'	4° 29'
10	29° 32'	27° 44'	25° 55'	24° 01'	22° 03'	19° 55'	17° 36'	15° 01'	12° 03'
12	31° 14'	29° 44'	28° 14'	26° 38'	24° 59'	23° 13'	21° 17'	19° 08'	16° 41'
14	32° 15'	30° 58'	29° 39'	28° 18'	26° 53'	25° 22'	23° 43'	21° 53'	19° 48'
16	32° 45'	31° 37'	30° 29'	29° 18'	28° 03'	26° 44'	25° 17'	23° 41'	21° 52'
18	33° 21'	32° 21'	31° 20'	30° 17'	29° 10'	28° 00'	26° 43'	25° 18'	23° 41'
20	33° 40'	32° 46'	31° 51'	30° 54'	29° 55'	28° 51'	27° 42'	26° 25'	24° 59'
22	33° 54'	33° 05'	32° 15'	31° 23'	30° 29'	29° 21'	28° 28'	27° 09'	26° 00'
24	34° 04'	33° 19'	32° 33'	31° 46'	30° 56'	30° 03'	29° 06'	28° 02'	26° 50'
26	34° 13'	33° 31'	32° 49'	32° 05'	31° 19'	30° 31'	29° 38'	28° 39'	27° 32'
28	34° 19'	33° 40'	33° 01'	32° 21'	31° 38'	30° 53'	30° 03'	29° 09'	28° 07'
30	34° 25'	33° 49'	33° 12'	32° 34'	31° 55'	31° 12'	30° 26'	29° 35'	28° 38'
32	34° 29'	33° 55'	33° 21'	32° 45'	32° 08'	31° 28'	30° 45'	29° 58'	28° 54'
34	34° 32'	34° 00'	33° 28'	32° 54'	32° 19'	31° 42'	31° 02'	30° 17'	29° 26'
36	34° 35'	34° 05'	33° 34'	33° 03'	32° 30'	31° 54'	31° 16'	30° 34'	29° 46'
38	34° 38'	34° 10'	33° 41'	33° 11'	32° 39'	32° 06'	31° 30'	30° 50'	30° 04'
40	34° 40'	34° 13'	33° 45'	33° 17'	32° 47'	32° 15'	31° 41'	31° 03'	30° 20'

**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 60^\circ$.**

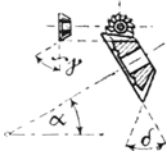


Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	22° 12'	20° 13'	18° 23'	16° 23'	14° 18'	12° 03'	10° 36'	6° 52'	3° 43'
10	25° 02'	23° 30'	21° 56'	20° 19'	18° 36'	16° 47'	14° 48'	12° 36'	10° 05'
12	26° 34'	25° 16'	23° 57'	22° 36'	21° 11'	20° 39'	18° 00'	16° 09'	14° 03'
14	27° 29'	26° 22'	25° 14'	24° 04'	22° 50'	21° 32'	20° 06'	18° 22'	16° 44'
16	28° 04'	27° 05'	26° 06'	25° 04'	24° 00'	22° 51'	21° 36'	20° 13'	18° 39'
18	28° 29'	27° 37'	26° 44'	25° 49'	24° 52'	23° 50'	22° 44'	21° 30'	20° 06'
20	28° 46'	27° 59'	27° 11'	26° 22'	25° 30'	24° 35'	23° 35'	22° 29'	21° 14'
22	28° 59'	28° 16'	27° 33'	26° 48'	26° 01'	25° 11'	24° 16'	23° 16'	22° 07'
24	29° 09'	28° 30'	27° 50'	27° 09'	26° 26'	25° 40'	24° 50'	23° 54'	22° 52'
26	29° 16'	28° 40'	28° 03'	27° 25'	26° 45'	26° 03'	25° 17'	24° 26'	23° 28'
28	29° 22'	28° 48'	28° 14'	27° 39'	27° 02'	26° 23'	25° 42'	24° 52'	23° 59'
30	29° 27'	28° 56'	28° 24'	27° 51'	27° 16'	26° 39'	26° 00'	25° 15'	24° 25'
32	29° 31'	29° 02'	28° 32'	28° 01'	27° 28'	26° 54'	26° 16'	25° 35'	24° 48'
34	29° 34'	29° 06'	28° 38'	28° 09'	27° 39'	27° 06'	26° 31'	25° 52'	25° 08'
36	29° 37'	29° 11'	28° 44'	28° 17'	27° 48'	27° 17'	26° 40'	26° 07'	25° 25'
38	29° 40'	29° 15'	28° 50'	28° 24'	27° 57'	27° 28'	26° 56'	26° 22'	25° 42'
40	29° 42'	29° 18'	28° 54'	28° 30'	28° 04'	27° 36'	27° 06'	26° 33'	25° 55'

**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 65^\circ$.**

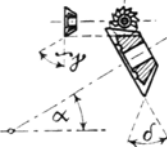


Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	18° 15'	16° 42'	15° 05'	13° 27'	11° 42'	9° 51'	7° 50'	5° 35'	2° 39'
10	20° 40'	19° 23'	18° 04'	16° 44'	15° 18'	13° 48'	12° 09'	10° 21'	8° 15'
12	21° 59'	20° 54'	19° 48'	18° 40'	17° 29'	16° 12'	13° 49'	13° 17'	11° 22'
14	22° 47'	21° 51'	20° 54'	19° 55'	18° 53'	17° 48'	16° 36'	15° 17'	13° 47'
16	23° 18'	22° 29'	21° 39'	20° 47'	19° 53'	18° 55'	17° 52'	16° 43'	15° 24'
18	23° 40'	22° 56'	22° 11'	21° 25'	20° 37'	19° 46'	18° 50'	17° 48'	16° 37'
20	23° 55'	23° 15'	22° 35'	21° 54'	21° 10'	20° 24'	19° 23'	18° 38'	17° 24'
22	24° 06'	23° 30'	22° 53'	22° 15'	21° 36'	20° 54'	20° 08'	19° 17'	18° 19'
24	24° 15'	23° 42'	23° 08'	22° 34'	21° 57'	21° 19'	20° 36'	19° 50'	18° 57'
26	24° 22'	23° 49'	23° 20'	22° 48'	22° 15'	21° 39'	21° 00'	20° 17'	19° 28'
28	24° 27'	23° 59'	23° 30'	23° 00'	22° 29'	21° 56'	21° 20'	20° 40'	19° 54'
30	24° 31'	24° 05'	23° 38'	23° 10'	22° 40'	22° 09'	21° 36'	20° 59'	20° 16'
32	24° 35'	24° 10'	23° 45'	23° 19'	22° 52'	22° 22'	21° 51'	21° 16'	20° 26'
34	24° 38'	24° 15'	23° 51'	23° 26'	23° 01'	22° 33'	22° 04'	21° 30'	20° 53'
36	24° 40'	24° 18'	23° 55'	23° 32'	23° 08'	22° 42'	22° 14'	21° 43'	21° 07'
38	24° 41'	24° 19'	23° 58'	23° 36'	23° 13'	22° 47'	22° 22'	21° 57'	21° 20'
40	24° 42'	24° 22'	24° 00'	23° 39'	23° 17'	22° 53'	22° 27'	22° 00'	21° 29'



**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 70^\circ$.**

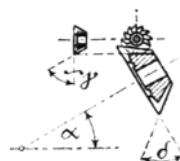
Zähne- zahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	14° 26'	13° 11'	11° 55'	10° 36'	9° 14'	7° 45'	6° 09'	4° 23'	2° 22'
10	16° 24'	15° 22'	14° 19'	13° 05'	12° 07'	10° 55'	9° 36'	8° 09'	6° 29'
12	17° 30'	16° 38'	15° 45'	14° 50'	13° 53'	12° 51'	11° 45'	10° 31'	9° 07'
14	18° 10'	17° 25'	16° 38'	15° 52'	15° 01'	14° 09'	13° 12'	12° 08'	10° 56'
16	18° 35'	17° 55'	17° 15'	16° 34'	15° 50'	15° 03'	14° 13'	13° 17'	12° 13'
18	18° 53'	18° 18'	17° 40'	17° 04'	16° 26'	15° 44'	14° 59'	14° 09'	13° 13'
20	19° 06'	18° 34'	18° 01'	17° 28'	16° 53'	16° 15'	15° 35'	14° 50'	13° 59'
22	19° 15'	18° 46'	18° 16'	17° 46'	17° 14'	16° 40'	16° 03'	15° 22'	14° 35'
24	19° 22'	18° 55'	18° 28'	18° 00'	17° 31'	16° 59'	16° 26'	15° 48'	15° 05'
26	19° 28'	19° 03'	18° 38'	18° 12'	17° 45'	17° 16'	16° 45'	16° 10'	15° 31'
28	19° 32'	19° 09'	18° 46'	18° 22'	17° 56'	17° 30'	17° 01'	16° 28'	15° 52'
30	19° 36'	19° 15'	18° 53'	18° 30'	18° 07'	17° 42'	17° 14'	16° 44'	16° 10'
32	19° 39'	19° 19'	18° 58'	18° 37'	18° 15'	17° 52'	17° 26'	16° 58'	16° 26'
34	19° 41'	19° 22'	19° 03'	18° 43'	18° 22'	18° 00'	17° 36'	17° 09'	16° 39'
36	19° 43'	19° 25'	19° 07'	18° 48'	18° 29'	18° 07'	17° 45'	17° 20'	16° 51'
38	19° 45'	19° 28'	19° 11'	18° 53'	18° 34'	18° 15'	17° 53'	17° 29'	17° 02'
40	19° 46'	19° 30'	19° 14'	18° 57'	18° 39'	18° 20'	18° 00'	17° 37'	17° 11'



**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 75^\circ$.**

Zähne- zahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	10° 44'	9° 48'	8° 51'	7° 53'	6° 51'	5° 45'	4° 34'	3° 15'	1° 45'
10	12° 14'	11° 18'	10° 41'	9° 52'	9° 01'	8° 07'	7° 08'	6° 09'	4° 49'
12	13° 04'	12° 25'	11° 45'	11° 04'	10° 21'	9° 35'	8° 45'	7° 49'	6° 47'
14	13° 34'	13° 00'	12° 26'	11° 50'	11° 12'	10° 33'	9° 50'	9° 02'	8° 07'
16	13° 54'	13° 24'	12° 54'	12° 22'	11° 49'	11° 14'	10° 36'	9° 54'	9° 07'
18	14° 08'	13° 40'	13° 14'	12° 46'	12° 17'	11° 46'	11° 12'	10° 34'	9° 51'
20	14° 18'	13° 54'	13° 29'	13° 04'	12° 38'	12° 09'	11° 39'	11° 06'	10° 26'
22	14° 25'	14° 03'	13° 41'	13° 17'	12° 53'	12° 28'	12° 00'	11° 29'	10° 54'
24	14° 31'	14° 11'	13° 50'	13° 29'	13° 07'	12° 43'	12° 18'	11° 49'	11° 17'
26	14° 35'	14° 16'	13° 57'	13° 38'	13° 17'	12° 56'	12° 32'	12° 05'	11° 36'
28	14° 38'	14° 21'	14° 03'	13° 45'	13° 26'	13° 06'	12° 43'	12° 19'	11° 52'
30	14° 41'	14° 25'	14° 08'	13° 51'	13° 34'	13° 15'	12° 54'	12° 31'	12° 05'
32	14° 43'	14° 28'	14° 12'	13° 56'	13° 40'	13° 22'	13° 03'	12° 41'	12° 17'
34	14° 45'	14° 31'	14° 16'	14° 01'	13° 45'	13° 29'	13° 11'	12° 50'	12° 28'
36	14° 47'	14° 33'	14° 20'	14° 06'	13° 51'	13° 35'	13° 18'	12° 59'	12° 37'
38	14° 48'	14° 35'	14° 22'	14° 09'	13° 56'	13° 40'	13° 23'	13° 05'	12° 45'
40	14° 49'	14° 37'	14° 24'	14° 12'	13° 59'	13° 44'	13° 29'	13° 11'	12° 52'

**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 80^\circ$.**



Zähne- zahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	7° 06'	6° 29'	5° 51'	5° 12'	4° 31'	3° 48'	3° 00'	2° 08'	1° 09'
10	8° 07'	7° 36'	7° 05'	6° 32'	5° 59'	5° 22'	4° 43'	4° 00'	3° 11'
12	8° 41'	8° 15'	7° 48'	7° 21'	6° 52'	6° 12'	5° 48'	5° 11'	4° 29'
14	9° 01'	8° 38'	8° 15'	7° 51'	7° 27'	7° 00'	6° 31'	5° 59'	5° 23'
16	9° 15'	8° 55'	8° 35'	8° 14'	7° 52'	7° 28'	7° 03'	6° 35'	6° 03'
18	9° 25'	9° 07'	8° 49'	8° 30'	8° 10'	7° 50'	7° 26'	7° 01'	6° 33'
20	9° 31'	9° 15'	8° 58'	8° 42'	8° 24'	8° 05'	7° 44'	7° 22'	6° 56'
22	9° 36'	9° 21'	9° 06'	8° 51'	8° 35'	8° 18'	7° 59'	7° 38'	7° 15'
24	9° 40'	9° 26'	9° 13'	8° 58'	8° 44'	8° 28'	8° 11'	7° 52'	7° 30'
26	9° 43'	9° 30'	9° 18'	9° 05'	8° 51'	8° 36'	8° 20'	8° 03'	7° 43'
28	9° 45'	9° 33'	9° 22'	9° 09'	8° 57'	8° 43'	8° 28'	8° 12'	7° 53'
30	9° 47'	9° 36'	9° 25'	9° 14'	9° 02'	8° 49'	8° 35'	8° 20'	8° 03'
32	9° 48'	9° 38'	9° 27'	9° 17'	9° 06'	8° 53'	8° 41'	8° 27'	8° 10'
34	9° 50'	9° 40'	9° 30'	9° 21'	9° 10'	8° 59'	8° 47'	8° 33'	8° 18'
36	9° 51'	9° 42'	9° 33'	9° 23'	9° 13'	9° 03'	8° 52'	8° 38'	8° 24'
38	9° 52'	9° 43'	9° 35'	9° 26'	9° 16'	9° 06'	8° 55'	8° 43'	8° 30'
40	9° 53'	9° 45'	9° 36'	9° 28'	9° 19'	9° 09'	8° 59'	8° 48'	8° 35'

**Einstellwinkel α des Teilkopfes
zum Fräsen der Zähne bei Winkelfräsern
von $\delta = 85^\circ$.**



Zähne- zahl	Winkel γ des Arbeitfräasers								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
8	3° 32'	3° 03'	2° 54'	2° 35'	2° 15'	1° 53'	1° 30'	1° 03'	0° 34'
10	4° 03'	3° 47'	3° 32'	3° 16'	2° 59'	2° 41'	2° 21'	1° 59'	1° 35'
12	4° 20'	4° 07'	3° 54'	3° 40'	3° 25'	3° 10'	2° 53'	2° 35'	2° 14'
14	4° 30'	4° 19'	4° 07'	3° 55'	3° 43'	3° 29'	3° 15'	2° 59'	2° 41'
16	4° 37'	4° 27'	4° 17'	4° 06'	3° 55'	3° 43'	3° 31'	3° 17'	3° 01'
18	4° 42'	4° 33'	4° 24'	4° 15'	4° 05'	3° 54'	3° 43'	3° 30'	3° 16'
20	4° 45'	4° 37'	4° 29'	4° 20'	4° 12'	4° 02'	3° 51'	3° 40'	3° 27'
22	4° 48'	4° 40'	4° 33'	4° 25'	4° 17'	4° 09'	3° 59'	3° 49'	3° 37'
24	4° 50'	4° 43'	4° 36'	4° 29'	4° 22'	4° 14'	4° 05'	3° 56'	3° 45'
26	4° 51'	4° 45'	4° 38'	4° 32'	4° 25'	4° 18'	4° 10'	4° 01'	3° 51'
28	4° 53'	4° 47'	4° 41'	4° 35'	4° 29'	4° 22'	4° 14'	4° 06'	3° 57'
30	4° 53'	4° 47'	4° 42'	4° 36'	4° 30'	4° 24'	4° 17'	4° 09'	4° 01'
32	4° 54'	4° 49'	4° 44'	4° 38'	4° 33'	4° 27'	4° 20'	4° 13'	4° 05'
34	4° 55'	4° 50'	4° 45'	4° 40'	4° 35'	4° 29'	4° 23'	4° 17'	4° 09'
36	4° 56'	4° 51'	4° 47'	4° 42'	4° 37'	4° 32'	4° 26'	4° 20'	4° 12'
38	4° 56'	4° 52'	4° 47'	4° 43'	4° 38'	4° 33'	4° 28'	4° 22'	4° 14'
40	4° 56'	4° 52'	4° 48'	4° 44'	4° 39'	4° 34'	4° 29'	4° 24'	4° 17'

Die Herstellung von Kreisteilungen und das Fräsen von Spiralen mit Hilfe des Universal-Teilkopfes.

Die neuzeitlichen Universal-Teilköpfe gestatten das Teilen in dreifacher Weise. Bild F 27 zeigt den Längsschnitt, Bild F 28 den Querschnitt durch einen Universal-Teilkopf.

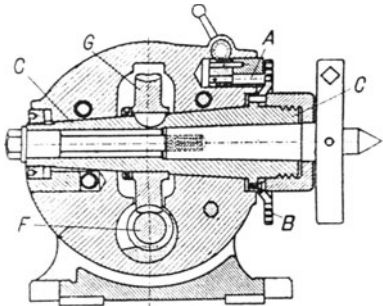


Bild F 27.

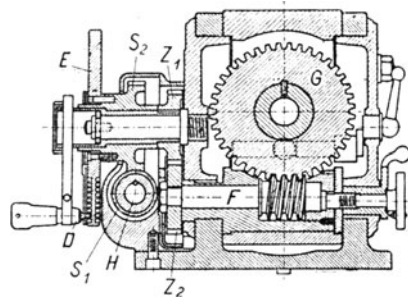


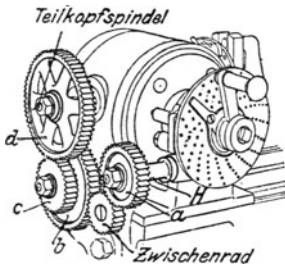
Bild F 28.

1. **Das einfache Teilen**, mit Teilscheibe *B* und Zeigerstift *A*, wobei die Teilscheibe fest auf der Teilkopfspindel *C* befestigt ist.
2. **Das mittelbare Teilen**, mit Schnecke *F*, Schneckenrad *G* und der parallel mit der Schnecke *F* gelagerten, jedoch feststehenden Teilscheibe *E*. Vor der Teilscheibe befindet sich der Stift an der Zeigerkurbel *D*, der in einen der verschiedenen Lochkreise eingreift. Wird die Zeigerkurbel *D* gedreht, so wird diese Bewegung durch die Zahnräder *Z*₁ und *Z*₂ auf die Schnecke *F* übertragen, die in das Schneckenrad *G* eingreift, das fest mit der Teilkopfspindel *C* verbunden ist. Durch geeignete Wahl eines Lochkreises in der Teilscheibe *E* und der entsprechenden Anzahl Löcher können eine große Anzahl Teilungen hergestellt werden.

Zahl der herzustellenden Teilungen bezogen auf den ganzen Umfang	<i>T</i>	Für Primzahlen ist das Differenzialteilverfahren Seite 346 anzuwenden.
Zahl der Kurbelumdrehungen zur Herstellung einer Teilung	$u = \frac{i}{T}; \frac{l}{L}$	der Bruchrest ist verhältnissgleich $\frac{l}{L}$
Zahl der Löcher des zur Verwendung kommenden Lochkreises	<i>L</i>	Lochkreis so wählen, daß <i>l</i> eine ganze Zahl ergibt
Zahl der zur Herstellung einer Teilung notwendigen Löcher des Lochkreises <i>L</i>	<i>l</i>	$\frac{L \cdot i}{T}$
Zahl der noch fehlend. Löcher, um welche die Kurbel weiter gedreht werden muß	<i>l</i> ₁	$l - u \cdot L; \frac{L \cdot i}{T} - u \cdot L$
Zahl der Kurbelumdrehungen bei einer Werkstückumdrehung	<i>i</i>	Gewöhnlich 40

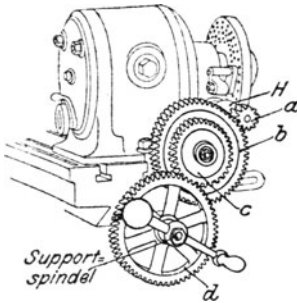
$u = \frac{i}{T}$ ergibt die Anzahl der vollen Kurbelumdrehungen. Der verbleibende Bruchrest ist durch einen verhältnissgleichen Bruch zu ersetzen, dessen Nenner gleich der Gesamtlochzahl eines vorhandenen Lochkreises *L* ist; der Zähler gibt dann die noch weiter zu schaltende Lochzahl *l*₁ an.

3. Das Differenzial-Teilverfahren ist eine Erweiterung des mittelbaren Teilverfahrens und gestattet, jede beliebige Teilung herzustellen. Die Teilscheibe *E* wird hierbei gelöst und kann sich mit der Antriebswelle *H* — in diesem Falle durch Schraubenräder *S*₁ und *S*₂ verbunden — frei drehen. Da *H* auch mit der Teilkopfspindel *C* durch Wechselräder in Verbindung steht, so erfolgt bei einer durch die Zeigerkurbel *D* betätigten Drehung von *C* auf dem Wege über *H* auch eine Drehung der Teilscheibe *E*. Durch diese Teilscheibenverdrehung, die gleich oder entgegengesetzt der Kurbeldrehung sein kann, wird die Differenz, die beim mittelbaren Teilverfahren verbleiben würde, ausgeglichen.



A		$(T-t) \frac{l}{L} \cdot i_1$ wenn <i>T</i> größer als <i>t</i> ; $(t-T) \frac{l}{L} \cdot i_1$ wenn <i>T</i> kleiner ist als <i>t</i>	
Zahl der herzustellenden Teilungen bezogen auf den ganzen Umfang	<i>T</i>	braucht keine ganze Zahl zu sein.	
Zahl der Löcher des zur Verwendung kommenden Lochkreises	<i>L</i>	$\frac{T \cdot l}{i}$	Die Werte <i>l</i> und <i>L</i> sind so zu wählen, das erstens ihr Verhältnis $\frac{l}{L}$ annähernd <i>u</i> entspricht, und zweitens <i>T-t</i> eine möglichst geringstellige ganze Zahl wird, um daraus leicht Wechselräder ableiten zu können.
Zahl der zur Herstellung einer Teilung notwendigen Löcher des Lochkreises <i>L</i>	<i>l</i>	$\frac{L \cdot i}{T}$	
Nächstliegende durch <i>L</i> und <i>l</i> ohne Differenzial ausführbare Teilzahl	<i>t</i>	$\frac{L \cdot i}{l}$	
Kurbelverdrehung zur Herstellung einer Teilung	<i>u</i>	$\frac{i \cdot l}{T}$; $\frac{l}{L}$	
Zahl der Kurbelumdrehungen bei einer Werkstückumdrehung	<i>i</i>	gewöhnlich 40	
Zahl der Umdrehungen der Welle <i>H</i> bei einer Teilscheibenumdrehung	<i>i</i> ₁	gewöhnlich 2	
B			
Übersetzung	Anordnung der Räder	Drehrichtung für Kurbel u. Teilscheibe	
1 fach $\frac{b}{a}$			<i>T</i> kleiner als <i>t</i>
2 fach $\frac{b \cdot d}{a \cdot c}$			<i>T</i> größer als <i>t</i>
Zur Bestimmung der Wechselräder ist zunächst <i>i</i> und <i>i</i> ₁ , dann aus <i>u</i> gleichzeitig <i>l</i> und <i>L</i> und daraus <i>t</i> zu berechnen. Diese Werte in Formel <i>A</i> eingesetzt, ergeben das Verhältnis der Wechselräder <i>A</i> = <i>B</i> .			

4. **Das Fräsen von Spiralen.** Zum Fräsen von Spiralen muß neben der Bewegung des Frästisches auch eine Verdrehung der Teilkopfspindel *C* eintreten (Bild F 27 und 28, S. 345). Zu diesem



Zwecke muß der Zeigerstift *D* mit der Teilscheibe *E* fest verbunden und zwischen Antriebswelle *H* des Teilkopfes und der Tischspindel *T* eine Räderübersetzung eingeschaltet sein.

Zur Berechnung der Wechselräder kommen die unter Seite 186 (Berechnung der Wechselräder zum Gewindec schneiden) angegebenen Formeln unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses *i* des Teilkopfes in Anwendung. Es entspricht:

Fräsmaschine		Drehbank
Zu fräsende Spirale (siehe auch Seite 329)		Zu schneidendes Gewinde
Spindelgewinde für den Tischvorschub	gewöhnlich	Gewinde der Leitspindel
Verdrehung der Teilkopfspindel <i>C</i> bei einer Umdrehung der Welle <i>H</i>		Herzübersetzung
Rad an der Spindel für den Tischvorschub	$E_2 = 1/4''$ $i = 1/80$	Rad an der Leitspindel
Rad an der Antriebswelle des Teilkopfes		Erstes treibendes Wechselrad

Beispiele.

- a) für mittelbares Teilen:

Ein Umfang ist in 6 Teile zu teilen; gegeben $T=6$; $i=40$.
 $u = i : T = 40 : 6 = 6 (+ 4/6)$ d. h. zu einer Teilung sind 6 volle Kurbelumdrehungen nötig. Der Rest $4/6$ ist verhältnismäßig $l_1 : L$. Wird $L=39$ gewählt, so ist $4 : 6 = l_1 : 39$, also $l_1 = 26$, d. h. die Kurbel ist noch um 26 Löcher weiter zu drehen.

- b) für das Differenzial-Teilverfahren:

Ein Umfang ist in 337 Teile zu teilen; gegeben $T=337$; $i=40$; $i_1=2$.
 $u = i : T = 40 : 337 =$ angenähert $l : L$; aus $i : T \approx l : L$ ergibt sich $l \approx i \cdot L : T$.
 Wird $L=43$ gewählt, dann ist $l \approx \frac{40 \cdot 43}{337} \approx 5$. Die nächstliegende ohne Differenzial ausführbare Teilzahl $t = \frac{L \cdot i}{l} = \frac{43 \cdot 40}{5} = 344$. Der verbleibende Unterschied wird durch Wechselräder *a, b* usw. beseitigt, die sich aus der Gleichung bestimmen lassen $A=B$; hierbei ist $A = (t - T) \frac{l}{L} \cdot \dot{u} = (344 - 337) \cdot \frac{5}{43} \cdot 2 = \frac{70}{43} = \frac{b}{43 a}$ für einfache Übersetzung; da *T* kleiner ist als *t*, haben Teilscheibe und Zeigerkurbel gleiche Drehrichtung.

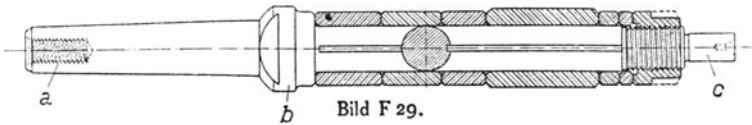
- c) für das Fräsen von Spiralen:

Es soll eine Spirale von $10''$ Steigung gefräst werden, $i=1/80$; $E_2=1/4''$.

Nach Seite 187 wird für: $E_1=10''$; $E_2=1/4''$; $i=1/80$.

$$A = \frac{E_1}{E_2} \cdot i = \frac{10}{1/4} \cdot \frac{1}{80} = \frac{10 \cdot 4}{80} = \frac{40}{80} = \frac{a}{b} = 1 \text{ fach oder } \frac{40}{80} = \frac{48 \cdot 36}{48 \cdot 72} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} = 2 \text{ fach.}$$

Fräsdorne und ihre Herstellung.



Der Fräsdorn Bild F 29 zeigt alle Eigenarten eines Dornes neuester Bauart. Das Gewinde im Kegel bei *a* dient zum festen Einziehen des Dornes in die Arbeitspindel der Maschine und zum Herausdrücken. Die Mitnehmerfläche *b* sichert die zwangsläufige Mitnahme. Der vordere zylindrische Zapfen *c* führt den Dorn im Gegenhalter der Maschine. Lange Fräsdorne werden mehrfach geführt, wobei ein Beilagring als Führung benutzt wird, der im Durchmesser etwas größer ist als die übrigen Ringe. Die Keilnute des Dornes ist am besten viereckig auszuführen. (Normalmaße für Fräsdorndurchmesser und Keilnuten siehe Seite 349.) Die Fräsdornmutter hat Schlüsselflächen und ist gehärtet.

Als Material für Fräsdorne wähle man Stahl von hoher Festigkeit oder, wenn er im Einsatz gehärtet werden soll, ein hochwertiges Einsatzmaterial. Der Fräsdorn ist an allen Stellen zu schleifen. Die Gewinde sind nach dem Härten und Schleifen zu schneiden. Bei gehärteten Fräsdornen werden die mit Gewinde zu versehenen Stellen beim Einsetzen durch Lehm-packung gegen die Zementation geschützt. Für ungehärtete Beilagringe und Führungsbuchsen genügt Gußeisen; für gehärtete ist im Einsatz härterer Weichstahl zu verwenden.

Bei der Herstellung eines Fräsdornes ist darauf zu achten, daß der fertige Dorn bei angezogener Mutter genau rundläuft. Hierfür ist erforderlich, daß alle Beilagringe genau parallele Anlagflächen haben. Um dies zu erreichen, drehe man die Endflächen der Ringe auf einem Drehdorn zwischen toten Spitzen gleichzeitig auf beiden Seiten ab. Eine hierfür praktische Anordnung der Drehstähle in einem verstellbaren Stahlhalter zeigt Bild F 30.

Sehr wichtig ist es, die Anlagefläche der gehärteten Fräsdornmutter genau zu schleifen, so daß sie den Dorn nicht krumm zieht. Die sorgfältig gedrehte Mutter, deren Gewinde besonders sauber zu schneiden ist, darf sich beim Härten nur wenig verziehen. Nach dem Härten ist das Gewinde mit einem Gewindedorn aus Gußeisen unter Verwendung von feinem Schmirgel und Öl so zu schleifen, daß die Mutter auf den Fräsdorn gut paßt. Alsdann wird auf einem besonderen Dorn, Bild F 31, die Mantelfläche genau geschliffen. Hierzu ist die Mutter unter Benutzung eines besonderen Zwischenringes fest gegen die Schulter des Dornes zu ziehen. Der Zwischenring hat 4 gegeneinander

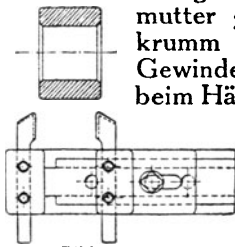


Bild F 30

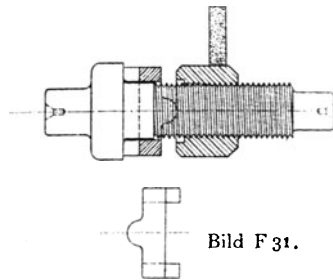


Bild F 31.

um 90° versetzte Anlagepunkte, so daß es der Mutter dadurch möglich ist, sich fest gegen die Gewindeflanken zu legen, während sich ihre Anlagefläche frei einstellen kann.

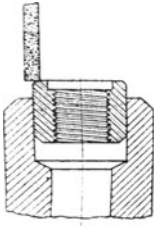


Bild F 32.

Die auf der Mantelfläche geschliffene Mutter wird dann in ein genau laufendes Futter gespannt zum Schleifen ihrer Anlagefläche, wie in Bild F 32.

Für die Erzielung guter Fräsarbeit und hoher Leistungen müssen die Fräser genau laufen. Das ist aber nur möglich, wenn die Fräsdorne mit der oben geschilderten Sorgfalt hergestellt werden. Sind die zur Herstellung notwendigen Hilfsmittel nicht vorhanden, so ist es besser, man bezieht den Dorn aus einer gut eingerichteten Fabrik.

Verstellbare Fräsdorn-Zwischenringe

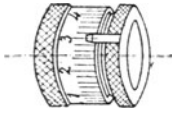


Bild F 33.

sind für die genaue Einstellung zweier oder mehrerer Fräser vorteilhaft zu verwenden. Die Entfernung zwischen 2 Teilstrichen entspricht 0,01 mm.

Befestigung der Fräser auf Fräsmaschinen.

Auf **zylindrischen Fräsdornen** werden Fräser am besten durch Keile von **rechteckigem Querschnitt** gegen Verdrehung gesichert, die sich besser bewähren als solche mit rundem Querschnitt. Nachstehende Tafel enthält in der Praxis verbreitete Maße, die sich gut bewährt haben. Als Material für die Keile verwende man Werkzeugstahl.

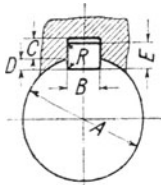


Bild F 34.

Keilnuten für Fräser mit zylindrischer Bohrung.

$$C + D = E + \text{zulässige Abweichung.}$$

Durchmesser der Welle	Von	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
	bis	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	69	80
Normaler Durchmesser	A	13	16	22	27	32	38	—	45	50	—	60	—
Keil- und Nutenbreite	B	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	16
Nutentiefe im Fräser . .	C	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6,5	8
Nutentiefe in der Welle	D	1,25	1,5	2	2	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	5
Keilhöhe	E	2,4	2,9	3,6	3,8	4,8	5,8	6,3	7,3	7,8	8,8	10,3	12,8
Abrundungshalbmesser	R	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	0,9	1	1,3	1,4	1,5	1,7	2

Die Befestigung von Stirnfräsern.

a) **Stirnfräser mit kleinem Durchmesser** werden häufig mit Gewinde auf den Dorn geschraubt. Da die Gewindebohrung nach dem Härten nicht geschliffen werden kann, schleife man zur Erzielung genauen Rundlaufens den Fräser auf dem Fräsdorn scharf. Der Schnitt- richtung des Fräasers entsprechend ist rechtes oder linkes Gewinde zu verwenden, so daß der Fräser sich fester zu ziehen sucht. — Vielfach im Gebrauche sind

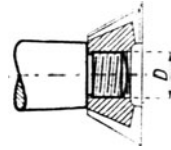


Bild F 35.

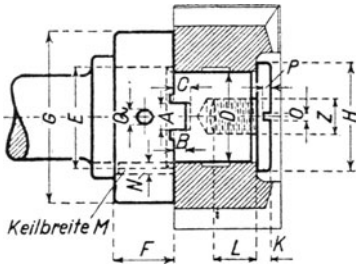


Bild F 36.

die in nachstehender Tafel angegebenen Gewindemaße. Wenn an- gängig, vermeide man es, Fräser mit Gewindebohrung zu verwenden, son- dern benutze zylindrische Bohrung und nebenstehende Befestigungsart.

b) **Stirnfräser von mittlerem Durchmesser** sollten zylindrische Bohrung erhalten und quer durch- gehende Mitnehmernute auf der Rückseite. — Nachstehende Tafel gibt bewährte Maße für Dorne und Fräser.

Tafel für die Befestigung von Stirnfräsern.

Fräser \varnothing	D	A	B	C	E	Mu. N	F	G	H	Z-Gewinde	K	L	O	P	Q
30-39	13	6	4	5	16	6×3	14	26	15,5	1/4" Whitw.	4	12	2	2,5	3
40-54	16	6	4	5	20	8×4	16	30	19	5/16" "	5	15	2,5	3	3
55-69	22	8	5	6	26	8×4	16	38	26	1/8" Gasgew.	6	18	2,5	3	3
70-79	27	8	5	6	32	10×5	18	50	32	1/4" "	6	18	2,5	3	4
80-89	32	12	6	7	38	10×5	18	60	38	3/8" "	7	20	3	3,5	4
90-104	38	12	6	7	45	12×6	20	70	45	3/8" "	7	20	3	3,5	5
105-124	45	15	7	8	52	12×6	22	85	52	1/2" "	8	23	3,5	4	5
125-144	50	15	7	8	60	14×7	24	95	60	5/8" "	8	23	3,5	4	6
145-170	60	20	8	9	70	16×8	26	110	70	3/4" "	9	26	4	4,5	8

c) **Stirnfräser von großem Durchmesser** werden vorteilhaft nicht mit Gewinde unmittelbar auf die Frässpindel aufgeschraubt, sondern unter Verwendung einer einmal geschlitzten Büchse, welche innen das Spindelgewinde hat, auf der Spindel befestigt. Außen ist die Büchse kegelförmig und mit Keil versehen, während der Fräserkörper entsprechende kegelige Bohrung und Keilnute besitzt. Bild F 37 zeigt auch die weitere Befestigung des Fräasers mit Spannplatte und Anzugschraube.

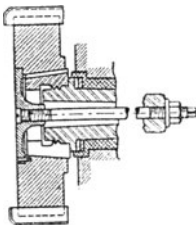


Bild F 37.

Fräser, die unmittelbar auf das Gewinde der Spindelnase aufgeschraubt werden, sind nach der Arbeitsleistung meist sehr schwer wieder zu entfernen, während die hier verwendete geschlitzte Büchse leicht abzuschrauben ist.

Das Gewinde auf der Frässpindel-nase wird bei neueren Fräsmaschinen nicht mehr ausgeführt, sondern die Spindel erhält anstatt des Gewindes einen Kegel mit Federkeil. Auf diesen Kegelpfosten werden die Stirnfräser ohne Futter unmittelbar aufgebracht, wie Bild F 38 zeigt. Diese Bauart hat den großen Vorteil, daß die Stirnfräser genau rund laufen, sich sehr leicht aufsetzen und abnehmen lassen. Die Schrittrichtung spielt bei dieser Art der Befestigung keine Rolle. Der kegelige Zapfen ist gehärtet und geschliffen, und dadurch sind Beschädigungen, wie sie beim Gewinde häufig vorkommen, ausgeschlossen.

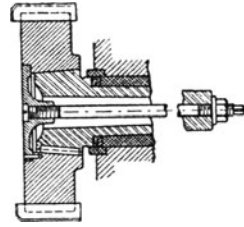


Bild F 38.

Schaftfräser mit Kegelschaft.

Die weitaus meisten Fräsmaschinen besitzen kegelige Spindelbohrung und besondere Anzugschrauben, mit welchen der Fräsdorn oder Fräser in die kegelige Spindelbohrung hineingezogen werden.

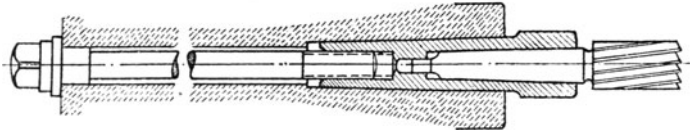


Bild F 39.

Kleine Fräser erhalten entsprechend kleinere Abmessungen ihres Schaftes und werden in der Spindel unter Benutzung von Einsatzhülsen in der Frässpindel gehalten, wie Bild F 39 zeigt.

Schaftfräser mit zylindrischem Schaft.

Häufig werden der Einfachheit wegen Schaftfräser mit zylindrischem Schaft hergestellt. Zu ihrer Befestigung in der Frä-

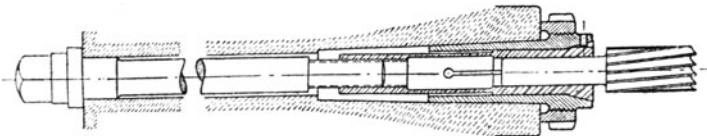


Bild F 40.

maschinenspindel dient dann eine Spannhülseneinrichtung. Bild F 40 zeigt ein solches Spannfutter, bei welchem ein genaues Rundlaufen des Fräfers gesichert ist.

Über die Befestigung der Messer in Messerköpfen, Stirnfräser und Scheibenfräser mit eingesetzten Messern.

Anzustreben ist dichte Anlage der Messer im Körper, wodurch gute Wärmeableitung und erzitterungsfreies Arbeiten der Messer gesichert ist. Die Messer sollen deshalb großen Querschnitt und nach dem Härten geschliffene Anlageflächen haben.

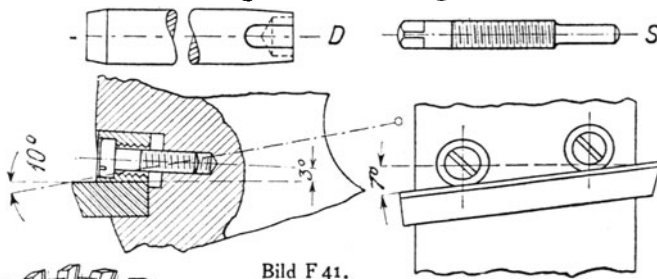


Bild F 41.

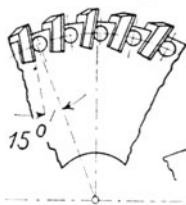


Bild F 42.

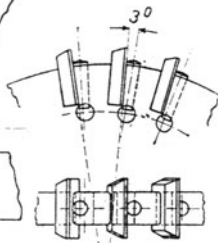


Bild F 43.

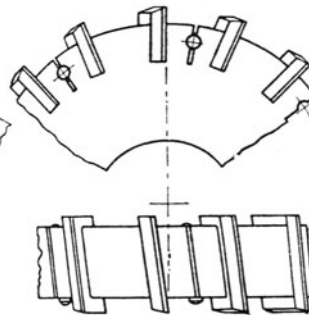


Bild F 44.

Für schwer beanspruchte Fräser ist die Befestigung mit Büchsen und Anzugschrauben nach Bild F 41 gut geeignet. Je nach der Breite des Fräasers werden 1-2 Büchsen angewendet. Die Büchsen haben Innengewinde u. können mit Schraube *S* leicht aus dem Sitz herausgezogen werden. Der Dorn *D* dient zum Eintreiben der Büchsen.

Für Fräser für mittlere Beanspruchung ist die Befestigung durch zylindrische Stifte nach Bild F 42 empfehlenswert. Das Loch für den Stift wird vor dem Fräsen der Messernute etwa im Winkel von 3° schräg gegen den Messersitz gebohrt und der Stift eingetrieben, so daß sich beim Fräsen der Messernute die Fläche an dem Stift richtig bildet. Der Stift zieht das Messer keilförmig gegen die Anlagefläche. Diese Befestigungsart gestattet kleine Zahnteilungen. Der Körper wird wenig beansprucht; es genügt hierfür Gußeisen.

Für schmale Fräser ist die Befestigung nach Bild F 43 geeignet. Der Sitz des zylindrischen Stiftes ist etwa 3° schräg gegen den Messersitz gebohrt; die Herstellung erfolgt wie bei der vorher beschriebenen Ausführung. Ein quer durch den Körper gebohrtes Loch dient zum Austreiben des Stiftes.

Ferner ist noch die Anwendung der Kegelstifte zu erwähnen (Bild F 44). Zwischen den Messerschlitzen sind schmale Schlitz gefräst, die durch einen kegelförmigen Stift aufgezwängt werden und so die Messer festklemmen. Die Messer müssen sehr straff in ihren Sitz passen, wenn das Werkzeug befriedigend arbeiten soll. Es empfiehlt sich in diesem Fall den Körper aus Maschinenstahl zu wählen.

Schleifen von Fräsern, Reibahlen usw.

Allgemeines. Schneidwerkzeuge sind oft zu schleifen, starke Abnutzung ist zu vermeiden, da diese einen starken Abschleiß erfordert, der bei Unachtsamkeit leicht ein Ausglühen der Schneiden zur Folge hat. Wenn Fräterschneiden als zu weich beanstandet werden, so liegt die Ursache hierfür selten in zu geringer Härte des Werkzeuges; meistens werden die Schneiden beim Schleifen ausgeglüht. Aus diesem Grunde ist auch starkes Andrücken der Scheibe an das Werkzeug zu vermeiden; leichter Schliff der Schleifscheibe zeitigt die besten Ergebnisse. Es ist vorzuziehen, an Stelle eines einmaligen kräftigen Schliffes mehrfach leicht über das Werkstück zu schleifen.

Schleifdorne. Der Schleifdorn muß einwandfrei rundlaufen und genau der Fräserbohrung entsprechen, sonst läuft der Fräser unrund, und es kommen beim Arbeiten nur wenige Zähne zum Angriff. Diese sind dann überlastet, werden bald stumpf und brechen leicht aus.

Schleifscheiben. Zum Schleifen gehärteten Stahles sind Schleifscheiben aus künstlichem und natürlichem Korund oder Schmirgel solchen aus Silicium-Carbid (Karboraundum) vorzuziehen. Die Auswahl von Härte und Körnung wird am besten der Schleifscheibenfabrik überlassen, der hierzu genaue Angaben über den zu schleifenden Stahl, Drehzahl der Schleifscheibe und Art der Arbeit (im vorliegenden Falle Schärfen von Fräsern u. dgl.) zu machen sind. Zu langsam laufende Schleifscheiben arbeiten schlecht; für Fräterschleifscheiben ist eine sekundliche Umfangsgeschwindigkeit von 15—20 m die geeignetste, 15 m/sek. für Scheiben kleineren und 20 m/sek. für Scheiben größeren Durchmesser. Eine Geschwindigkeit von 15 m/sek. soll aber in allen Fällen mindestens erreicht werden.

Durchm. der Schleifscheibe mm	70	80	90	100	115	130	150	175	200
Minutliche Umlaufzahl bei einer Umfangsgeschw. von 15 m/sek.	4095	3530	3185	2865	2490	2205	1910	1640	1430
" " 20 "	5455	4775	4245	3820	3320	2940	2545	2185	1910

Schleifen von Fräsern mit hinterdrehten Zähnen.

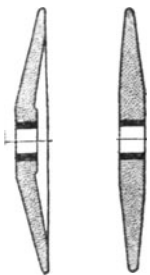


Bild S 1. Bild S 2.

Zum Schleifen hinterdrehter Fräser mit geraden Zahnspalten werden Tellerscheiben nach Bild S 1 verwendet. Es kann sowohl die flache als auch die abgeschrägte Seite verwendet werden, letztere hat den Vorzug, daß die Berührungsfläche und damit die Erwärmung der Schleifstelle geringer ist. Dagegen gibt die Flachseite der Schleifscheibe eine bessere Führung und macht unter Umständen die Zahnaufgabe entbehrlich. Wengleich für hinterdrehte Fräser die Zahnaufgabe des gleichmäßigen Abschliffes wegen Vorzüge hat, so muß sie doch in Wegfall kommen, wenn sich der Fräser beim Härten verzogen hat, so daß trotz Anwendung

der Zahnaufgabe kein genaues Rundlaufen zu erzielen ist. In diesem Falle muß die Führung des Fräserzahnes durch die flache Seite der Tellerscheibe erfolgen, wobei starkes Andrücken an die Schleifscheibe selbst bei größeren abzuschleifenden Unterschieden in der Zahnteilung unbedingt zu vermeiden ist, weil sonst die Schneidkanten ausgeglüht werden.

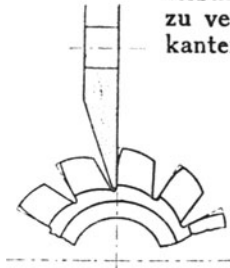


Bild S 3.

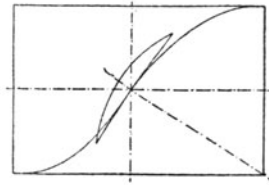


Bild S 4.

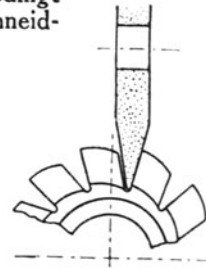


Bild S 5.

Hinterdrehte Fräser mit Spiralzähnen werden am besten mit einer Scheibe nach Bild S 2 geschliffen. Wird eine Scheibe nach Bild S 1 benutzt, so darf das Schleifen nur mit der abgescrängten Seite geschehen. Die Zahnbrust der spiralgenuteten Fräser stellt keine gerade, sondern eine gewundene Linie dar, die von der Fläche der Schleifscheibe wesentlich abweicht. Beim Schleifen nach Bild S 3 muß daher eine Abwälzung zwischen Zahnbrust und Schleifscheibe eintreten, die um so größer wird, je größer die Schleifscheibe und je kürzer die Spiralsteigung ist. Bild S 4 zeigt die Art des Angriffes der flachen Seite einer Tellerscheibe in einer Spiralwindung. Die Zähne des Fräasers verlieren hierbei, wie Bild S 3 zeigt, ihre radiale Zahnbrust. Unter allen Umständen ist die in Bild S 5 gezeigte Art des Schleifens vorzuziehen, weil hierbei, wie Bild S 6 zeigt, eine Abwälzung nicht stattfindet. Die Anwendung von Zahnaufgaben ist hierbei Bedingung.

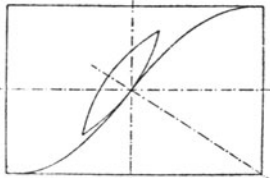


Bild S 6.

Ein Anliegen der Zahnaufgabe an der Zahnbrust, wie dies Bild S 7 zeigt, muß unbedingt vermieden werden, weil hierbei Teilungsfehler unvermeidlich sind und der Fräser dadurch unrund wird.

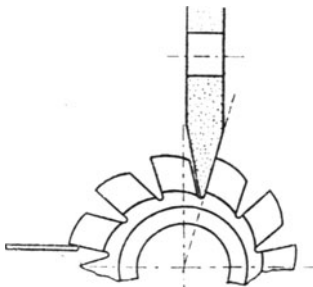


Bild S 7.

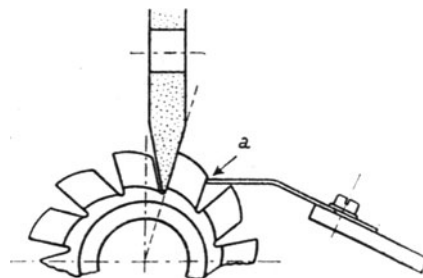


Bild S 8.

Die Zahnauflage soll stets am Rücken (a) des zu schleifenden Zahnes (nicht eines anderen Zahnes) anliegen (Bild S 8). Der Zahnrückens bleibt unverändert, da er niemals nachgeschliffen wird; eine Änderung der Spiralsteigung kann daher nicht eintreten.

Damit kein Absatz zwischen dem arbeitenden und nicht arbeitenden Teil entsteht, muß die Schleifscheibe öfter mit dem Diamanten übergangen werden. Wird die Schrägseite der Scheibe nicht von Zeit zu Zeit gerade gerichtet, so ergeben sich schlechte Schneidkanten.

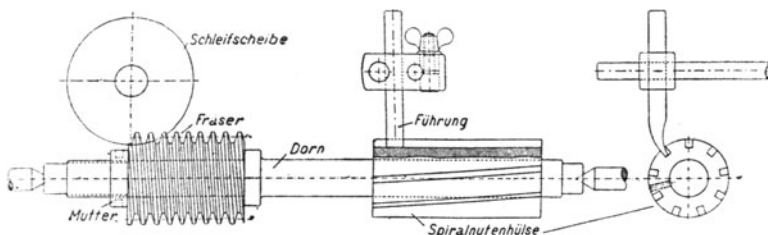


Bild S 9.

Bei hinterdrehten, spiralgenuteten Formfräsern, deren Profil große Höhenunterschiede aufweist, läßt sich aber nicht in allen Fällen die Zahnauflage am Fräser selbst anwenden.

Hierfür sind die in Bild S 9 gezeigten Schleifdorne gut verwendbar. Auf dem Dorn ist außer dem Fräser noch eine mit Spiralnuten versehene Hülse befestigt. Die Nuten dieser Hülse, in die die Zahnauflage eingreift, haben gleiche Spiralsteigung wie die Fräsernuten. Die Verwendung derartiger Schleifdorne macht für kleinere Fräser Schleifmaschinen mit zwangsläufiger Spiralführung überflüssig.

Die im Bild S 10 abgebildete Lehre dient zur Einstellung der Arbeitsfläche der Schleifscheibe auf Fräsermitte; sie kann auch zum Einstellen des Fräasers bei der Herstellung spiralgezahnter, gefräster Fräser verwendet werden. (Siehe S. 327, 329.)

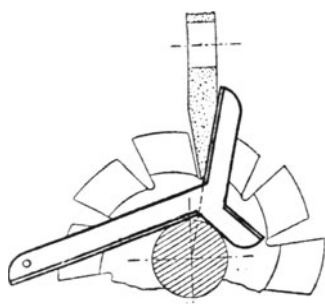


Bild S 10.

Wird diese Einstellung der Schleifscheibe versäumt, so tritt bei Formfräsern eine Verzerrung der Fräserform ein, abgesehen von den Unzuträglichkeiten, die z. B. eine nach hinten geschliffene Zahnbrust des stumpfen Schnittwinkels wegen mit sich bringt.

Zur Erzielung eines gleichmäßigen Abschliffes wird der einzelne Zahn nicht auf einmal fertig geschliffen. Nach einigen Schleifbewegungen wird der nächste Zahn eingeschaltet, so daß jeder Zahn etwa 2- bis 3 mal zum Abschleiff kommt, bevor die Schärfung vollständig beendet ist. Dadurch wird die Abnutzung der Schleifscheibe gleichmäßig auf alle Zähne des Fräasers verteilt, und dieser läuft genau rund.

Schleifen von Fräsern und Reibahlen mit gefrästen Zähnen.

Beim erstmaligen Schärfen und auch bei sehr stumpfen Fräsern ist ein vorheriges Rundschleifen empfehlenswert. Beim Schärfen soll vom Rundschliff an jedem Zahn ein geringes stehen bleiben; die nur wenige hundertstel Millimeter breite Stelle beeinflusst die Schneidfähigkeit des Werkzeuges in keiner Weise, läßt aber genau erkennen, ob der Angriff der Schleifscheibe gleichmäßig war. Für Schlichtarbeiten ist sie sogar von großem Vorteil, da sie die Sauberkeit der Arbeit erhöht. Bei Fräsern mit gefrästen Zähnen ist es im Gegensatz zu den hinterdrehten Fräsern Regel, die Zahnauflage an die Zahnbrust des zu schleifenden Zahnes, und zwar möglichst nahe an die Schleifstelle, einzustellen (Bild S 11), da bei Fräsern mit gefrästen Zähnen die Zahnbrust ebenso unverändert bleibt wie bei hinterdrehten Fräsern der Zahnrückens. In allen Fällen soll die aufwärtslaufende Kante der Schleifscheiben zum Angriff kommen, ganz gleich ob eine Topscheibe oder eine Tellerscheibe verwendet wird. Durch diese Einstellung wird nicht nur die Gefahr des Erhitzens und Anlaufens der Schneidkante vermindert, sondern auch Gratabbildung an den Schleifkanten verhütet. Letztere

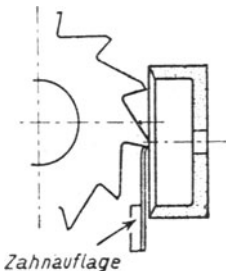


Bild S 11.

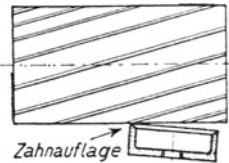


Bild S 12.

entsteht, wenn die Schleifscheibe in der entgegengesetzten Richtung läuft. Damit der Fräser durch den Angriff der Schleifscheibe nicht gehoben wird, ist es erforderlich, ihn mit leichtem Druck gegen die Zahnauflage zu halten. Dem gleichen Zweck dient ein um den Fräserdorn geschlungener Riemen, dessen herabhängendes Ende mit einem Gewicht versehen ist. Die Form der Zahnauflage ist nicht nebensächlich. Für gerade genutete Fräser, Reibahlen u. dgl. ist eine breite Zahnauflage mit gerader Anlage zweckmäßig. Zu schmale Zahnauflagen haben den Nachteil, daß sie beim Schleifen an den Enden des Werkzeuges dieses von der Auflage abgleiten lassen, wodurch Beschädigungen der Schleifscheibe wie des Werkzeuges hervorgerufen werden können. Beim Schärfen der Stirnzähne von Fräsern, Reibahlen u. dgl. sind jedoch schmale Zahnauflagen am Platze. Für spiralgenutete Fräser sind breite Zahnauflagen empfehlenswert, doch vermag bei geraden Oberkanten die Auflage sich nicht der Windung der Spiralnute anzupassen. In solchen Fällen wird eine Änderung der Auflage nach



Bild S 13 u. 14.

Bild S 13 und S 14 das Übel beseitigen. An Stelle der Flächenführung tritt dann Punktführung ein, die Form der Auflage verhütet ein Abgleiten des Werkstückes. Besondere Beachtung ist dem Schnittwinkel zu widmen. Bei Fräsern mit gefrästen Zähnen muß aber der Schnittwinkel durch entsprechendes Hinterschliff bei jedesmaligem Schärfen erzeugt werden. Dieser Hinterschliff ist von großem Einfluß auf die Leistung des Fräasers; das beste Werkzeug versagt, wenn der Schnittwinkel

zu spitz oder zu stumpf ist. Der Hinterschliff wird verschieden gewählt, bei Schruppfräsern bis 7° , bei Schlichtfräsern, Reibahlen u. dgl. etwa 5° . Fräser zur Bearbeitung von Material geringer Elastizität erhalten zweckmäßig einen geringen, solche für Material mit großer Elastizität einen größeren Hinterschliff. Zur Bearbeitung von Gußeisen wird daher der Fräser einen Hinterschliff von 5° und nur bei Stahl einen solchen von $5-7^\circ$ erhalten. Ein Hinterschliff über 7° hat vielfach schnelles Stumpfwerden des Fräasers und ungenügendes Arbeiten zur Folge, abgesehen davon, daß zu großer Hinterschliff leicht unsaubere Arbeit erzeugt. Bei Metallen den Winkel von 7° zu überschreiten ist nachteilig, nur bei horn- und holzähnlichen Stoffen hat ein größerer Winkel Berechtigung. Wird zum Schärfe eine Topfscheibe verwendet, so wird der Hinterschliff durch entsprechende Hebung der Fräserachse über die Zahnaufgabe bewirkt. Diese Hebung oder Einstellhöhe ist in Bild S 15 mit A bezeichnet. Bei Flachscheiben wird dagegen

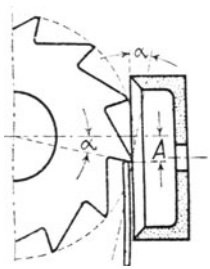


Bild S 15.

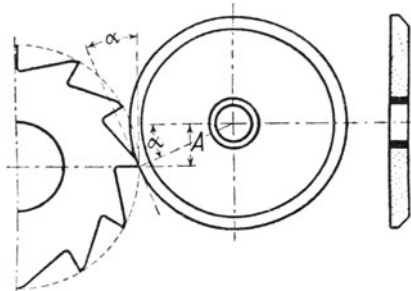


Bild S 16.

die Schleifscheibenachse um den Betrag A (Bild S 16) über die Werkzeugachse gestellt. Aus Bild S 16 ist zu ersehen, daß flache Scheiben keinen geraden Hinterschliff geben. Dieser wird um so hohler, je kleiner der Durchmesser der Schleifscheibe ist. Bei größerem Hinterschliff und größerem Fräserdurchmesser sind große Schleifscheibendurchmesser nicht zulässig, weil die Gefahr vorliegt, daß der nächste Zahn angeschliffen wird.

Die in Bild S 15 dargestellte Form hat den Vorzug, daß sie infolge der kleinen Berührungsfläche die Erwärmung beim Schleifen vermindert und daß sich die Umfangsgeschwindigkeit mit fortschreitender Abnutzung nicht ändert, wie dies bei Topfscheiben der Fall ist, deren Boden einen geringeren Durchmesser hat als der Rand.

Der Schnittwinkel α wird aus der Tangente des Scheibenumfanges und der Tangente des Fräserumfangs, deren Kreuzungspunkt in der Zahnspitze liegt, gebildet. Daraus ergibt sich, daß zum Schärfe gefräster Fräser in allen Fällen Topfscheiben vorzuziehen sind.

$$\text{Die Einstellhöhe } A = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha.$$

Bei Topfscheiben wird für D der Durchmesser des Fräasers und bei flachen Scheiben der Durchmesser der Scheibe eingesetzt.

Es wäre z. B. ein Fräser von 80 mm Durchmesser mit 5° Hinterschliff mit einer Topfscheibe zu schärfen.

$$\text{Einstellhöhe } A = \frac{80}{2} \cdot \sin 5^\circ = 40 \cdot 0,0872 = 3,488 \text{ mm}$$

Soll dagegen ein Fräser beliebigen Durchmessers mit einer flachen Scheibe von 120 mm Durchmesser geschliffen werden, so berechnet sich:

$$A = \frac{120}{2} \cdot \sin 5^\circ = 60 \cdot 0,0872 = 5,232 \text{ mm.}$$

Nachstehend ist eine Tafel der Einstellmaße A in mm gegeben. Die Einstellmaße für den am meisten zur Anwendung kommenden Schliffwinkel von 5° sind durch Fettdruck hervorgehoben.

Durchmesser D mm	Einstellmaß A für einen Hinterschliff von					Durchmesser D mm	Einstellmaß A für einen Hinterschliff von				
	3°	4°	5°	6°	7°		3°	4°	5°	6°	7°
6	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	95	2,49	3,31	4,14	4,97	5,79
8	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	100	2,62	3,49	4,36	5,23	6,09
10	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	110	2,88	3,84	4,79	5,75	6,70
12	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73	120	3,14	4,19	5,23	6,27	7,31
14	0,37	0,49	0,61	0,73	0,85	130	3,40	4,53	5,67	6,79	7,92
16	0,42	0,56	0,70	0,84	0,97	140	3,66	4,88	6,10	7,32	8,53
18	0,47	0,63	0,78	0,94	1,10	150	3,93	5,23	6,54	7,84	9,14
20	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22	160	4,19	5,58	6,97	8,36	9,75
23	0,60	0,80	1	1,20	1,40	170	4,45	5,93	7,41	8,89	10,36
26	0,68	0,91	1,13	1,36	1,58	180	4,71	6,28	7,84	9,41	10,97
30	0,79	1,05	1,31	1,57	1,83	190	4,97	6,63	8,28	9,93	11,58
35	0,92	1,22	1,53	1,83	2,13	200	5,23	6,98	8,72	10,45	12,19
40	1,05	1,40	1,74	2,09	2,44	210	5,50	7,32	9,15	10,98	12,80
45	1,18	1,57	1,96	2,35	2,74	220	5,76	7,67	9,59	11,50	13,41
50	1,31	1,74	2,18	2,62	3,05	230	6,02	8,02	10,02	12,02	14,02
55	1,44	1,92	2,40	2,87	3,35	240	6,28	8,37	10,46	12,53	14,62
60	1,57	2,09	2,61	3,14	3,66	250	6,54	8,72	10,90	13,07	15,23
65	1,70	2,27	2,83	3,40	3,96	260	6,80	9,07	11,33	13,59	15,84
70	1,83	2,44	3,05	3,66	4,27	270	7,07	9,42	11,77	14,11	16,45
75	1,96	2,62	3,27	3,92	4,57	280	7,33	9,77	12,20	14,63	17,06
80	2,09	2,79	3,49	4,18	4,87	290	7,59	10,12	12,64	15,16	17,67
85	2,22	2,97	3,70	4,44	5,18	300	7,85	10,46	13,07	15,68	18,28
90	2,36	3,14	3,92	4,70	5,48						

Rundschleifen.

Schleifscheiben. — Für das Rundschleifen sind weiche Schleifscheiben wirtschaftlicher als harte. Die Schleifscheibe soll um so weicher sein, je härter das Material und je größer der Durchmesser des Arbeitstückes ist, und umgekehrt. Zu harte Schleifscheiben haben den Nachteil, daß die Schleifkörnchen zu spät ausbrechen und noch im stumpfen Zustande arbeiten und daher schlecht schneiden. Die weitere Folge ist hoher Anpressungsdruck, starke Erwärmung und Verziehen des Werkstückes. Die Schleifscheibe wird bald blank und unrund, und es entstehen am Werkstück Zittermarken. Eine zu harte Scheibe arbeitet unter Umständen trotzdem gut, wenn deren Umfangsgeschwindigkeit vermindert und dafür die Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes erhöht wird.

Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes.

Für die Bemessung der Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes ist die Drehungsgeschwindigkeit der Schleifscheibe, die Art des Schliffes, das Material und der Durchmesser des Werkstückes maßgebend. Je feiner der Schliff, desto niedriger die Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes. Hohe Geschwindigkeiten des Werkstückes haben starke Abnutzung der Schleifscheibe zur Folge. Dieser Umstand ist vielfach die Ursache, daß Scheiben richtiger Härte als zu weich beanstandet werden.

Für Schlichtarbeit wird der Vorschub entsprechend der gewünschten Feinheit des Schliffes vermindert.

Große Vorschübe verlangen geringere Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes. Bei hoher Umfangsgeschwindigkeit des Arbeitstückes muß der Vorschub entsprechend verringert werden. Es ist vorteilhafter, die Umfangsgeschwindigkeit des Arbeitstückes geringer und den Vorschub größer zu wählen.

Breite Schleifscheiben gestatten einen größeren minutlichen Vorschub, doch ist für Fertigschliff in Betracht zu ziehen, daß durch die vergrößerte Berührungsfläche und die erhöhte Anpressung das Arbeitstück ziemlich erwärmt wird und dadurch zum Verziehen neigt.

Empfehlenswert sind folgende Umfangsgeschwindigkeiten für das Werkstück:

a) für Stahl und Schmiedeeisen:

Schruppen.

Bei nicht zu langen Stücken über 100 mm Durchmesser und Vorschüben bis $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ Schleifscheibenbreite für die Umdrehung	12—15 m/min
Bei langen Stücken über 120 mm Durchmesser und Vorschüben bis $\frac{2}{3}$ Schleifscheibenbreite für 1 Umdrehung	10—12 „
Bei Stücken geringeren Durchmessers u. Vorschüben von $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Schleifscheibenbreite für 1 Umdrehung	10—12 „
„ $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ „ „ 1 „	8—10 „

Feinschliff.

Für Schlichtarbeiten	6— 8 m/min
Zur Erzielung sehr sauberen Schliffes	3— 6 „

b) für Gußeisen :

Bei starken und schwachen Stücken (Schruppen)	12—15 m/min
Für Schlichtarbeiten	6—10 „
Zur Erzielung sehr sauberen Schliffes	3—6 „

Vor dem Feinschleifen ist es erforderlich, die Schleifscheibe mit einem Diamanten unter Wasserzufuhr genau rundlaufend abzurichten. Zu beachten ist, daß in allen Fällen bei geringerer Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes auch mit größeren Scheiben feiner Schliff erzielt wird.

Vorschub für eine Umdrehung des Werkstückes.

Der Vorschub für eine Umdrehung des Werkstückes hängt von der Feinheit des Schliffes ab; zum Vorschleifen bei Stahl und Schmiedeeisen kann $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ und bei Gußeisen $\frac{3}{4}$ — $\frac{5}{6}$ der Schleifscheibenbreite gewählt werden.

Schnittiefe. (Anstellung der Schleifscheibe.)

Zu große Schnittiefen haben eine unwirtschaftliche Abnutzung der Schleifscheibe und Zittern des Werkstückes zur Folge. Je feiner die Schleifscheibe, desto geringer ist die Spantiefe zu wählen. Bei hartem Material ist auch bei groben Scheiben geringe Spantiefe anzuwenden, da sonst die einzelnen Schleifkörner zu leicht ausbrechen.

Bei Gußeisen sind zum Vorschleifen größere Spantiefen zweckmäßig, bei Schmiedeeisen und Stahl geringere. Diese hängen sehr von der Maschine ab, auch bei schwersten Maschinen wird man sie stets unter 0,05, meistens 0,01—0,03 wählen.

Sehr große Durchmesser des Arbeitstückes erfordern geringere Schnittiefen, da durch die größere Berührungsfläche mit der Schleifscheibe der Kraftverbrauch steigt und Gefahr vorliegt, daß der Riemen nicht mehr durchzieht. Ebenso sind bei langen und dünnen Werkstücken geringe Schnittiefen anzuwenden.

Befestigung von Schleifscheiben.

Die Aufspannung hat durch Flanschen zu erfolgen, die aber nicht flach, sondern hohlgedreht oder noch besser ausgespart sein sollen (Bild S 17). Es ist unstatthaft, die Scheiben mit Flanschen ohne Zwischenlage festzuspannen; als Zwischenlage sind weiche Pappscheiben zweckmäßig, die etwas größer sein sollen als die Flanschen. Der Flanschdurchmesser soll mindestens ein Drittel, besser aber die Hälfte des Schleifscheibendurchmessers betragen; beide Flanschen sollen dieselbe Größe haben und genau rundlaufend gedreht sein.

Die Schleifscheibe muß sich leicht auf die Spindel aufstecken lassen, ohne aufgezwängt zu werden; jedoch soll das Loch auch nicht zu groß sein.

Bild S 18 zeigt eine unsachgemäße Aufspannung der Schleifscheibe durch ungleich große, ganz anliegende Flanschen ohne Zwischenlagen; die Bohrung ist zu groß.

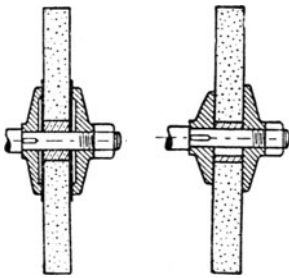


Bild S 17
richtig.

Bild S 18
falsch.

Umfangsgeschwindigkeiten und Umlaufzahlen für Schleifscheiben.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe ist abhängig von der Art des zu schleifenden Materials, dem Schleifverfahren, dem Schleifzweck, dem Zustande der Maschine, den Schutzvorrichtungen und der Größe der Berührungsflächen zwischen Scheibe und Arbeitsstück. Auch die Bindung der Schleifscheibe kommt hierbei in Frage.

Die in nachstehender Tafel durch Fettdruck hervorgehobene Umfangsgeschwindigkeit von etwa 25 m in der Sekunde ist die am meisten angewandte. Für selbsttätige Maschinen (Rundschleifmaschinen) kommen Umfangsgeschwindigkeiten bis 35 m/sek in Betracht und sind bis 50 m/sek nach dem auf Seite 362 abgedruckten Ministerialerlaß zulässig.

Zum Rundschleifen von Schmiedeeisen und Stahl haben sich Umfangsgeschwindigkeiten der Schleifscheibe von 30—35 m/sek und für Gußeisen 25—30 m/sek als am vorteilhaftesten erwiesen. Für Handschleifmaschinen sind Umfangsgeschwindigkeiten von 20—25 m, für Maschinen zum Schleifen von Fräsern, Reibahlen u. dgl. von 15—20 m/sek zweckmäßig.

Umlaufzahlen für Schleifscheiben.

Durchm. d. Schleif- scheibe	Minutl. Umlaufzahl bei einer Umfangsgeschw. in d. Sek. von					Durchm. d. Schleif- scheibe	Minutl. Umlaufzahl bei einer Umfangsgeschw. in d. Sek. von				
	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m		15 m	20 m	25 m	30 m	35 m
mm						mm					
10	28650	38200	47745	57295	66845	225	1275	1695	2120	2545	2970
15	19100	25465	31830	38200	44560	250	1145	1530	1910	2290	2675
20	14325	19100	23875	28650	33420	275	1040	1390	1735	2085	2430
25	11460	15280	19100	22920	26740	300	955	1275	1590	1810	2230
30	9550	12730	15915	19100	22280	350	820	1090	1365	1640	1910
35	8185	10915	13640	16370	19100	400	715	955	1195	1430	1670
40	7160	9550	11935	14325	16710	450	635	850	1060	1275	1485
45	6365	8490	10610	12730	14855	500	575	765	955	1145	1335
50	5730	7640	9550	11460	13370	550	520	695	870	1040	1215
60	4775	6365	7960	9550	11140	600	480	635	795	955	1114
70	4095	5455	6820	8185	9550	650	445	585	735	885	1030
80	3580	4775	5970	7160	8350	700	410	545	680	820	955
90	3185	4245	5305	6365	7425	750	380	510	635	765	890
100	2865	3820	4775	5730	6685	800	360	480	595	715	835
115	2490	3320	4150	4890	5815	850	335	450	560	675	785
130	2205	2940	3675	4410	5140	900	320	425	530	635	745
150	1910	2545	3185	3820	4455	950	300	400	500	600	705
175	1640	2185	2730	3275	3820	1000	285	380	480	575	670
200	1430	1910	2385	2865	3340						

**Der Minister
für Handel und Gewerbe.**

Berlin, den 8. Oktober 1909.

**An den Verein deutscher Ingenieure,
Berlin.**

Auf die Eingabe vom 7. Oktober 1907 und 10. August d. J.

Den Nummern VII und X der durch Erlaß vom 1. September 1897 festgestellten Grundsätze, betreffend den Betrieb von Schmirgelscheiben, habe ich durch Erlaß vom heutigen Tage folgende Fassung gegeben:

VII. Die sekundliche Umlaufgeschwindigkeit der Schmirgelscheiben richtet sich nach ihrer Herstellungsweise, insbesondere nach den dabei verwendeten Bindemitteln.

Es ist darauf hinzuwirken, daß die Fabrikanten von Schmirgelscheiben nur solche Scheiben in den Verkehr bringen, deren Widerstandsfähigkeit durch fortlaufende geeignete Proben geprüft ist, und daß die vom Fabrikanten hiernach und nach Maßgabe seiner Erfahrungen als zulässig angesehene Umlaufzahl, die Art der Bindung des Steines (durch vegetabilische, keramische oder mineralische Bindemittel), die Abmessungen der Scheibe und die Firma des Fabrikanten oder dessen Schutzmarke in deutlicher und dauerhafter Weise auf jeder Scheibe bezeichnet sind.

Es ist ferner darauf hinzuwirken, daß die Schmirgelscheiben mit einer geringeren als der vom Fabrikanten als zulässig bezeichneten Umlaufzahl in Betrieb genommen werden, um Schwankungen in der Umlaufzahl der Betriebsmaschine Rechnung zu tragen.

Den Betriebsunternehmern ist anzuraten, im Betriebe die nachstehenden sekundlichen Umlaufgeschwindigkeiten nicht zu überschreiten:

Bei Scheiben mit mineralischer Bindung	15 m
Bei Scheiben mit vegetabilischer und keramischer Bindung und bei Zuführung des Arbeitstückes mit Hand (Hand- schleifmaschinen)	25 m
Bei Scheiben mit vegetabilischer und keramischer Bindung und bei mechanischer Zuführung des Arbeitstückes (Supportschleifmaschinen)	35 m

Bei Nachweis eines entsprechend hohen Probelaufs und bei besonders starken Schutzvorrichtungen kann in Ausnahmefällen bei Supportschleifmaschinen bis zu 50 m Umfangsgeschwindigkeit gegangen werden. Fällen, in denen das geschieht, haben jedoch die Gewerbeaufsichtsbeamten ihre besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden und auch ihrerseits zu prüfen, ob die Voraussetzungen für die Zulassung einer solchen Umfangsgeschwindigkeit tatsächlich erfüllt sind.

Scheiben mit mineralischer Bindung dürfen nur zum Trockenschleifen Verwendung finden.

Scheiben, welche keine Bezeichnung seitens des Fabrikanten über Bindung und Umlaufzahl tragen, dürfen nur mit höchstens 15 m Umfangsgeschwindigkeit betrieben werden.

Elektrische Antriebsmaschinen sind so anzuordnen, daß ihre Umlaufzahl der Art der Schmirgelscheiben angepaßt werden kann.

Bei Schmirgelmaschinen mit Stufenscheiben hat der Betriebsunternehmer durch Anschlag möglichst in der Nähe der Maschine die Arbeiter darüber aufzuklären, auf welche Scheiben der Riemen je nach der Größe der Schmirgelscheiben aufzulegen ist, bei elektrischen Arbeitsmaschinen, welche Schaltung der zulässigen Umfangsgeschwindigkeit entspricht.

X. Die vorstehenden Grundsätze sind auf alle künstlichen Schleifscheiben, welche aus künstlichen oder natürlichen Schleifmitteln (wie Carborundum, Corundum, Alundum, Corubin, Elektrorubin, Carbosilite u. a. m. mit Ausschluß der Sandsteine) mit Bindemitteln hergestellt sind, sinngemäß zur Anwendung zu bringen.

In Vertretung
(folgt Name)

Diese Abänderungen der früher bestehenden Grundsätze mit erheblich niedrigeren Umlaufzahlen sind auf die Versuche mit Schmirgelscheiben von Schlesinger-Charlottenburg (W. T. 1907, S. 441 u. 493, sowie Forschungsheft Nr. 43 des V. d. I.) zurückzuführen.

Als weitere Veröffentlichung über Rundscheifmaschinen sei noch Forschungsheft 105 d. V. d. I. (Verlag Jul. Springer, Berlin) „Pockrandt: Versuche zur Ermittlung der günstigsten Arbeitsweise der Rundscheifmaschinen“ angeführt.

Beispiele zur Berechnung der Umfangsgeschwindigkeit und Umlaufzahlen.

Nachstehende Beispiele sind als Anleitung für den Schleifer gedacht, um die in Frage kommenden Umlaufzahlen selbst berechnen zu können.

Wie groß ist die sekundliche Umfangsgeschwindigkeit einer Schleifscheibe von 150 mm Durchmesser bei 3180 minutlichen Umläufen?

Umlaufgeschwindigkeit = Durchmesser der Scheibe \times 3,14
 \times Umlaufzahl, geteilt durch 60

$$\frac{150 \times 3,14 \times 3180}{60} = 24963 = 24,96 \text{ m in der Sekunde.}$$

Wie groß muß die minutliche Umlaufzahl sein von einer Schleifscheibe mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 25 m = 25000 m in der Sekunde und 500 mm Durchmesser?

Umlaufzahl = Umfangsgeschwindigkeit \times 60, geteilt durch den Scheibendurchmesser \times 3,14

$$\frac{25000 \times 60}{500 \times 3,14} = 955 \text{ Umläufe in der Minute.}$$

Wieviel Umläufe macht die Schleifspindel, wenn die auf ihr befestigte Riemscheibe 125 mm Durchmesser hat und von einer 575 mm großen Riemscheibe des Deckenvorgeleges mit 230 minutlichen Umläufen angetrieben wird?

Umlaufzahl der getriebenen Riemscheibe = Durchmesser \times Umlaufzahl der treibenden Scheibe, geteilt durch den Durchmesser der getriebenen Scheibe

$$\frac{575 \times 230}{125} = 1058 \text{ Umläufe in der Minute.}$$

Wieviel Umläufe macht das Vorgelege minutlich, wenn der Riemscheibendurchmesser 275 mm beträgt und die Schleifspindel mit einer 90 mm großen Riemscheibe versehen ist, die 1400 Umläufe minutlich ausführt?

Umlaufzahl der treibenden Scheibe = Umlaufzahl \times Durchmesser der getriebenen Scheibe, geteilt durch den Durchmesser der treibenden Scheibe

$$\frac{1400 \times 90}{275} = 458 \text{ Umläufe in der Minute.}$$

Wie groß muß die auf der Transmission befindliche Riemscheibe sein,

wenn die Riemscheibe des Deckenvorgeleges 300 mm Durchmesser hat und 458 Umläufe ausführt? Die Transmission macht minutlich 160 Umläufe.

Durchmesser der treibenden Scheibe = Durchmesser \times Umlaufzahl der getriebenen Scheibe, geteilt durch die Umlaufzahl der treibenden Scheibe.

$$\frac{300 \times 458}{160} = 859 \text{ mm Durchmesser.}$$

Werkzeugstahl.

I. Allgemeines über Werkzeugstahl.

Die Eignung eines Stahles für ein bestimmtes Werkzeug verlangt nicht nur eine besondere chemische Zusammensetzung des Stahles, sondern auch eine besondere physikalische Beschaffenheit, die das Ergebnis der Vorbehandlung ist.

Über die chemische Zusammensetzung wie auch über diese Gefügebeschaffenheit gibt schon das Aussehen des frischen Bruches einigen Aufschluß, jedoch sind zur zuverlässigen Feststellung die chemische Analyse und die mikroskopische Betrachtung des Kleingefüges unentbehrlich.

Anforderungen.

1. an das Gefüge:

Abwesenheit von Blasen- und Schlackeneinschlüssen, Falten, Rissen, Saigerungen. Das Gefüge muß, wenigstens bei gegläutem Material, durchaus gleichmäßig sein und darf besonders keine verbrannten Stellen haben.

Während schwarzes Material eine dünne, durch Schneidwerkzeuge zu entfernende Oxydschicht hat, soll blankes außen nicht entkohlt sein.

2. an die chemische Zusammensetzung:

Reinheit, Abwesenheit von schädlichen Stoffen. Je kohlenstoffreicher ein Stahl ist, desto empfindlicher ist er und desto sorgfältiger muß er hergestellt und behandelt werden.

Von Kupfer und Arsen dürfen nur Spuren vorhanden sein. Der Höchstgehalt an Schwefel soll 0,05, an Phosphor 0,04, an Mangan 0,1, an Silicium 0,08 v. H. nicht übersteigen.

Praktische Prüfung.

Stehen die Mittel zur Untersuchung der chemischen und physikalischen Beschaffenheit nicht zur Verfügung, so kann die Eignung eines Stahles für bestimmte Zwecke am sichersten bestimmt werden durch Ausprobieren eines Werkzeuges. So wird z. B. ein Stahl, wenn ein aus ihm gefertigter Handmeißel gut steht, auch für andere Werkzeuge mit Schlagbeanspruchung zu brauchen sein, oder ein Stahl, wenn ein aus ihm gefertigter Drehstahl gut steht, für andere Werkzeuge mit hoher Schneidkraft bei ruhender Belastung. — Oder man begnügt sich mit Härteproben, die an unbehandeltem sowohl wie an abgeschrecktem Stahl in einfachster Weise mit dem Skleroskop auszuführen sind.

II. Herstellung des Werkzeugstahles.

Für hochwertige Werkzeuge wird nur Tiegelstahl (Tiegelgußstahl) verwendet, der aus reinem Rohstahl erschmolzen und unter dem Hammer oder dem Walzwerk gut durchgearbeitet sein muß. Doch steht der beste Elektro Stahl dem Tiegelstahl heute kaum mehr nach.

Siemens-Martin-Stahl, direkt oder im Einsatze gehärtet, dient nur für Werkzeuge, an deren Schneidfähigkeit keine großen Ansprüche gestellt werden. Seines niedrigen Preises wegen wird er leider häufig auch an unrichtiger Stelle gebraucht.

III. Kohlenstoffstähle.

Es werden darunter alle die Stähle verstanden, die zur Beeinflussung der wichtigsten Eigenschaften des Stahles (Härte, Härbarkeit, Zähigkeit usw.) im wesentlichen nur Kohlenstoff zugesetzt erhielten.

Der Gehalt an Kohlenstoff schwankt bei Werkzeugstählen zwischen 0,6 und 1,6 v. H. Er ist maßgebend für die Auswahl, denn Härte und Festigkeit nehmen mit steigendem Gehalt (wenigstens bis zu 1 v. H.) zu, Dehnung und Zähigkeit ab.

Der Kohlenstoff kommt bei allen diesen Stählen nur in der Form von Eisenkarbid (Fe_3C) vor, das frei oder an das Eisen in fester Lösung gebunden sein kann.

Das Kleingefüge ist verschieden, je nach dem Kohlenstoffgehalt der Stähle und der vorhergegangenen Behandlung. Die Gefügebestandteile haben besondere Namen erhalten.

Es heißt das reine Eisen: Ferrit,
das Eisenkarbid: Zementit,
das innige Gemisch von Zementit und Ferrit: Perlit,
die feste Lösung von Zementit und Ferrit: Martensit.

1. Langsam abgekühlte (ausgeglühte) Stähle.

Das Kleingefüge besteht:

Bei etwa 0,9 v. H. Kohlenstoff aus fein lamellarem Perlit. Bild H 2, Seite 367, zeigt Perlit in 1000facher Vergrößerung (Zementit-Lamellen dunkel).

Bei weniger als 0,9 v. H. Kohlenstoff aus Perlit und Ferrit. Bild H 3, Seite 367, zeigt dies Gefüge in 200facher Vergrößerung (Perlit dunkel).

Bei mehr als 0,9 v. H. Kohlenstoff aus Perlit und Zementit. Bild H 4, Seite 367, zeigt dies Gefüge in 200facher Vergrößerung (Perlit dunkel).

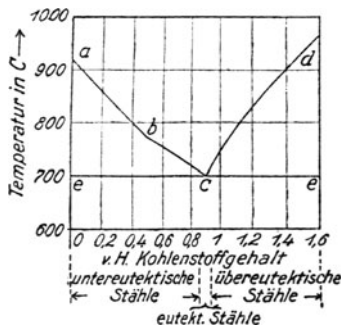


Bild H 1.

Ferrit ist der weichste dieser Bestandteile, Zementit der härteste; Perlit liegt in der Mitte.

Erhitzt man einen eutektischen Stahl langsam, so beginnt oberhalb einer Temperatur von etwa 700°C der Zementit des Perlits sich im Ferrit aufzulösen zu einer festen Lösung von ungefähr 0,9 v. H. Kohlenstoff. Es entstehen Mischkristalle, die zunächst sehr klein sind, aber um so größer werden, je höher die Temperatur steigt und je länger der Stahl ihr ausgesetzt ist.

Erhitzt man einen untereutektischen Stahl, so geht oberhalb 700°C zu-

nächst nur der Perlit in feste Lösung über, während der Ferrit erst bei höheren Temperaturen aufgelöst wird. Beendet ist die Auflösung des Ferrits bei Temperaturen oberhalb der Kurve $a b c$ im Bild H 1, das die Abhängigkeit der Umwandlungstemperaturen vom Kohlenstoffgehalt angibt.

Erhitzt man einen übereutektischen Stahl, so geht wieder oberhalb 700°C , also der Geraden, der Perlit in Lösung, während der Zementit erst bei höheren Temperaturen gelöst wird. Seine Lösung ist oberhalb der Kurve *cd* beendet.

2. Rasch abgekühlte (abgeschreckte) Stähle.

Läßt man von Temperaturen über 700°C den Stahl nicht langsam abkühlen, sondern schreckt ihn rasch ab, so verhindert man den Zerfall der festen Lösung; man erhält sie bei Abschrecken bis auf Zimmertemperatur als Martensit. Martensit ist sehr hart und bildet mit seinem etwas nadligen Gefüge den charakteristischen Bestandteil der gehärteten Werkzeugstähle.

Bei eutektischen Stählen erhält man beim Abschrecken von Temperaturen oberhalb 700°C nur Martensit. Der ist beim Abschrecken von wenig oberhalb 700°C sehr feinkörnig, wird aber um so gröber, je höher die Temperatur steigt und je länger der Stahl bei der hohen Temperatur ausgenutzt wird. Schließlich geht der Martensit in den weichen Austenit über. Bild H 5, Seite 367, zeigt den Martensit in 200facher Vergrößerung.

Bei untereutektischen Stählen erhält man beim Abkühlen von Temperaturen wenig oberhalb 700°C wieder feinkörnigen Martensit, aber mit Einschlüssen von weichem Ferrit. Bild H 6 zeigt dieses Gefüge in 200facher Vergrößerung (Martensit dunkel). Erst bei Abschrecktemperaturen oberhalb der Kurve ist aller Ferrit in Martensit gelöst, der nun aber nicht mehr so feinkörnig ist.

Bei übereutektischen Stählen erhält man beim Abschrecken von Temperaturen oberhalb 700°C wieder feinkörnigen Martensit, aber mit Einschlüssen von hartem Zementit. Bild H 7 zeigt dieses Gefüge in 200facher Vergrößerung (Zementitkörner hell). Erst bei Abschrecktemperaturen oberhalb der Kurve *c d*, Bild H 1, ist aller Zementit in Martensit gelöst, der nun aber recht grobnadlig ist.

3. Übergangsgefüge.

Erfolgt das Abkühlen weniger rasch als zur Bildung von Martensit nötig ist, jedoch rascher als daß Perlit sich bilden könnte, so entstehen Übergangsgefüge: Troostit, Osmondit, Sorbit, deren Härte, zwischen der von Martensit und Perlit liegend, in der angegebenen Reihenfolge abnimmt. Die gleichen Gefügebestandteile entstehen, wenn rasch abgeschreckter Stahl angelassen wird.

In der Wirklichkeit entsteht beim Härten (außer bei sehr dünnen Stücken) neben Martensit stets nach dem Kern zu Osmondit, weil ihm beim Abschrecken die Wärme nicht rasch genug entzogen wird.

4. Die richtigen Härtetemperaturen.

Sie liegen: a) für eutektische Stähle etwas über 700°C , also etwas über der Linie *ee*, Bild H 1. Dann ist der Martensit am feinsten, härtesten und wenigsten spröde.

b) für untereutektische Stähle oberhalb der Kurve *abc*. Denn der weiche Ferrit, der sonst im Martensit ist, beeinträchtigt die Härte außerordentlich.

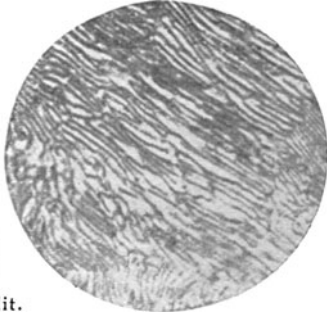


Bild
H 2.

Perlit.

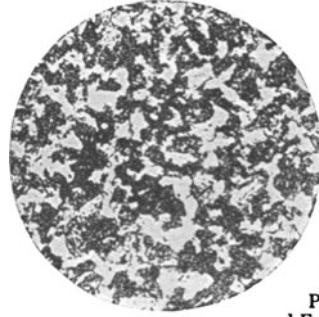


Bild
H 3.

**Perlit
und Ferrit.**

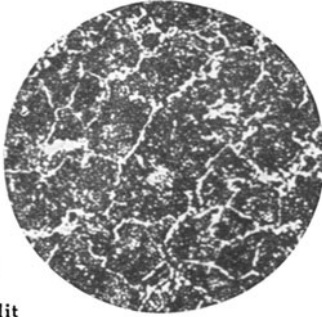


Bild
H 4.

**Perlit
und Zementit.**

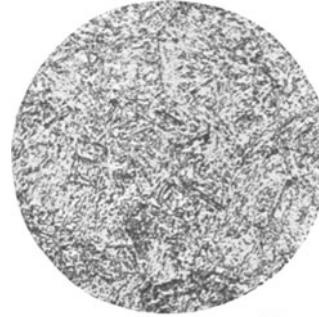


Bild
H 5.

Martensit.

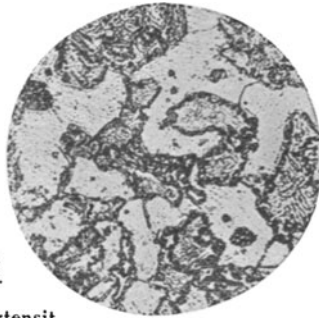


Bild
H 6.

**Martensit
und Ferrit.**

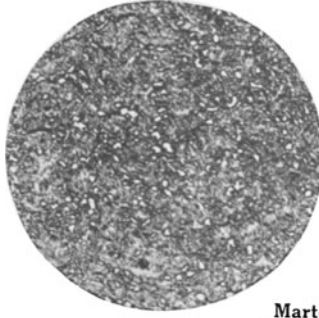


Bild
H 7.

**Martensit
und Zementit.**



Bild
H 8.

Schnellstahl, ausgeglüht.

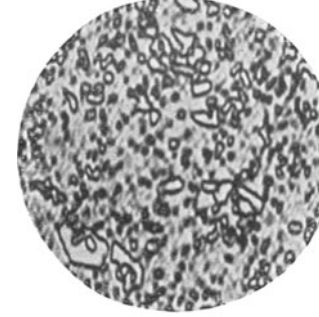


Bild
H 9.

Schnellstahl, gehärtet.

c) für übereutektische Stähle unterhalb der Kurve *c d*, nur etwas über 700° C um so weniger, je höher der Kohlenstoffgehalt ist. Denn der Zementit, der neben dem Martensit erhalten wird, ist sehr hart, härter als dieser selbst. Der Zementit darf nur kein zusammenhängendes Netzwerk bilden, da er sonst den Stahl außerordentlich spröde macht.

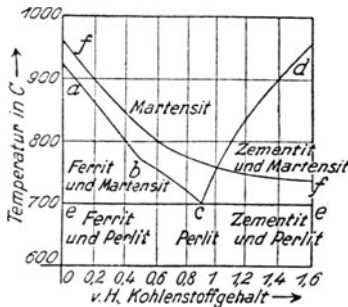


Bild H 10.

In Bild H 10 gibt die Kurve *f f* die nach dem vorstehenden für die verschiedenen Stähle richtigsten Härte-temperaturen an. In den einzelnen Feldern von H 10 sind zudem diejenigen Gefügebestandteile angegeben, die beim Abschrecken von einem Punkt des Feldes erhalten werden (weiteres siehe: Brearley-Schäfer, die Wärmebehandlung der Werkzeugstähle. Verlag von Julius Springer, Berlin W 9).

IV. Legierte Stähle.

Darunter sind Stähle zu verstehen, die zu ihrem Gehalt an Kohlenstoff und geringen Mengen von Mangan, Silicium usw. zur Verbesserung ihrer Eigenschaften größere Mengen fremder Stoffe zugesetzt erhalten, insbesondere: Chrom, Wolfram, Kobalt, Vanadium, Mangan, Silicium, Molybdän. Allen diesen Stoffen gemeinschaftlich ist ein Einfluß auf die Umwandlungstemperatur, die die meisten von ihnen herabsetzen, und auf die Umwandlungsgeschwindigkeiten, die sie verlangsamen. Ist der Gehalt an Legierungsmetall gering, so ist die Verschiebung nicht wesentlich und das Kleingefüge wird nicht beeinflußt.

Wir haben dann Stähle, die wie die Kohlenstoffstähle im ungehärteten Zustande Perlit, im gehärteten Martensit enthalten, und die **perlitische Stähle** heißen. Größere Mengen der fremden Stoffe können dagegen so erhebliche Erniedrigung der Umwandlungspunkte hervorrufen, daß schließlich das Bestandsgebiet der festen Lösung sich bis zur Zimmertemperatur herabsenkt, wir also im unbehandelten Stahl Martensit haben. Derartige Stähle heißen wohl martensitische oder **naturharte Stähle**.

Aber selbst wenn die Umwandlung der festen Lösung nicht erst unterhalb der Zimmertemperatur vor sich geht, kann sie so verlangsamt sein, daß Abkühlen an der Luft genügt, sie ganz oder teilweise zu verhindern. Derartige Stähle heißen wohl **Selbsthärter**.

Die an fremden Elementen reichen Stähle haben auch besondere Gefügebestandteile. Die wichtigsten der hochlegierten Werkzeugstähle sind die

V. Schnellstähle.

1. Schnellstähle mit Wolfram.

Einfluß des Wolframs im allgemeinen: Es fördert die Härtung und die Schneidhaltigkeit, die ein Ergebnis aus Härte und Zähigkeit ist, macht den Stahl unempfindlicher gegen höhere

Temperaturen, setzt aber dafür die Schweißbarkeit und Wärmeleitfähigkeit herab, ebenso die Haltepunkte. Das spezifische Gewicht wächst (bis auf 9,5 bei hohem Gehalt), der frische Bruch ist am unbehandelten Material feiner, am gehärteten porzellanartiger als beim Kohlenstoffstahl von gleicher Härte und Vorbehandlung.

Diese letzten Eigenschaften können in der Werkstatt zum leichten Erkennen des Wolframstahles dienen; ferner auch die Tatsache, daß er an der Schmirgelscheibe rötliche Funken gibt (siehe S. 385).

8—10 v. H. Wolfram neben einigen Hundertteilen Mangan oder Chrom machen den Stahl selbsthärtend (Hartwerden durch Abkühlen von höherer Temperatur in der Luft). Wann das martensitische Gefüge eintritt, hängt außer vom Gehalt an Wolfram auch vom Gehalt an Kohlenstoff ab.

Wolfram-Schnellstähle. Sie haben die höchsten Wolframgehalte (14—20 v. H.) neben 2—6 v. H. Chrom und einem Kohlenstoffgehalte von 0,5—0,8 v. H. Meist haben sie noch Vanadium bis 2,5 v. H. Neuerdings hat man auch bis 5 v. H. Kobalt hinzugegeben. Die auf Weißglut erhitzten Stähle werden durch Abkühlen im Luftstrom gehärtet.

Das Kleingefüge besteht bei ausgeglühten Stählen aus Perlit, den Bild H 8, Seite 367, in 200facher Vergrößerung zeigt, bei gehärteten Stählen wahrscheinlich aus im Eisen gelösten, sehr beständigen Doppelkarbiden von Chrom und Wolfram. Bild H 9, Seite 367, zeigt dies Gefüge in 600facher Vergrößerung. (Karbidekörner hell.)

2. Schnellstahl ohne Wolfram.

Veranlaßt durch den Mangel an Wolfram während des Krieges hat man den Schnellstahl statt mit 14—20 v. H. Wolfram mit 7—8 v. H. Molybdän (das in Deutschland vorkommt) legiert und zur Erhöhung der Schneidhaltigkeit noch etwas Chrom, Vanadium und auch wohl Kobalt zugesetzt. Diese neuen wolframfreien Schnellstähle haben sich sehr gut bewährt, zum mindesten steht ihre Schruppleistung in keiner Weise hinter der der Wolfram-Schnellstähle zurück. Das Gefüge dieser Ersatz-Schnellstähle ist noch nicht näher untersucht.

Die wichtigste Eigenschaft der Schnellstähle ist ihre **Härtebeständigkeit**. Die Härte nimmt bei höherer Temperatur nur langsam ab, sowohl im gewöhnlichen Zustand als besonders im gehärteten. Dabei ist sie bei Zimmertemperatur etwas geringer als die richtig gehärteter übereutektischer Kohlenstoffstähle. Während aber diese mit wachsender Temperatur rasch ihre Härte verlieren, behält der abgeschreckte Schnellstahl sie bis fast 500° ziemlich unverändert bei.

Bild H 11 stellt die Härtekurven von verschiedenen Stählen dar, woraus der Einfluß der Wärme auf die Härte zu ersehen ist. Die Kurve AA ist diejenige von gut gehärtetem Kohlenstoffstahl mit etwa 1,2 v. H. Kohlenstoffgehalt. BB und CC sind die Kurven zweier gut gehärteter Schnellstähle, während die Kurve DD von einem unrichtig gehärteten Schnellstahl stammt.

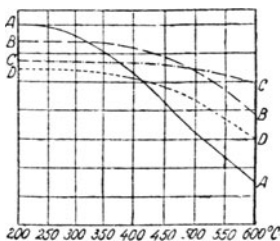


Bild H 11.

VI. Auswahl der Stähle für Werkzeuge.

1. Für Schneidwerkzeuge.

Es werden überwiegend Stähle gebraucht, die durch Abschrecken eine hohe Härte annehmen. Die Härte muß um so größer sein, je härter das zu bearbeitende Material ist; andererseits muß die Zähigkeit, die mehr oder weniger nur auf Kosten der Härte zu erlangen ist, um so höher sein, je mehr das Werkzeug Stößen und Schlägen ausgesetzt ist.

a) **Kohlenstoffstähle.** Man geht daher für die ruhig arbeitenden **Drehstähle** bis auf einen Kohlenstoffgehalt bis 1,4 v. H. Für Fräser, Bohrer, Reibahlen, Senker usw. bis 1,25 v. H., und zwar zuweilen für die größeren und schwierigeren Werkzeuge einen etwas niedrigeren Satz; für **Schnitt- und Stanzwerkzeuge, Lochstempel, große Scherenmesser** usw. 0,9—1,1 v. H.

Unter 1 v. H. geht man meist bei Werkzeugen für Holzbearbeitung.

Für Genauigkeits-Schneidwerkzeuge bester Güte, besonders Fräser und Bohrer, liefern die Stahlwerke vielfach einen Kohlenstoffstahl, der bei rund 1,2 v. H. Kohlenstoff noch $\frac{1}{4}$ —1 v. H. Wolfram enthält.

b) **Sonderstähle.** Schon als Sonderstahl gilt ein Stahl, der neben 1,2—1,4 v. H. Kohlenstoff, 2—4 v. H. Wolfram enthält, und der sich für feinste Schneiden eignet. Verwendet wird er viel für **Formstähle** an Revolverbänken und Automaten, für Gewindebohrer usw., wo dauernd genaue Arbeit zu leisten ist. Mit 1 bis 2 v. H. Chrom bei nur 0,4 bis 0,6 v. H. Kohlenstoff dient ein 3 bis 4 v. H. Wolframstahl für Werkzeuge, die starke Stöße auszuhalten haben, wie **Hand- und Preßluftmeißel**. Auch mit höherem Silicium- oder Mangangehalt legierte Stähle haben sich für diesen Zweck bewährt.

Wenn besonders hohe Härte ohne große Zähigkeit verlangt wird, so geht man mit dem Wolframgehalt bis auf 6—8 v. H., wie für **Dreh- und Hobelstähle** zum Bearbeiten von Hartguß, hartgebremsten Radreifen, Panzerplatten usw.

Für schwierige Schnitte und ähnliche Werkzeuge wird ein Selbsthärter mit 8—10 v. H. Wolfram und 2—4 v. H. Chrom benutzt, der durch und durch hart wird und wenig zundert.

c) **Schnellstähle.** Perlitische Werkzeugstähle dürfen wegen ihrer niedrigen Anlaßtemperatur beim Arbeiten nicht wärmer als 150 — 200°C werden, da sonst die Schneide erweicht und verdirbt. Höhere Leistungen erlauben die martensitischen (naturharten) und selbsthärtenden Stähle, die höchsten die Schnellstähle. Diese finden heute überall Verwendung, wo es auf große Arbeitsleistung ankommt (auch bei der Holzbearbeitung). Hervorragendes leisten sie beim Drehen und Bohren; aber auch für Hobel- und Stoßstähle und für Fräser eignen sie sich sehr gut. Nicht durchweg so vorteilhaft sind sie für Reibahlen, Gewindeschneidzeuge usw. Weniger geeignet sind sie im allgemeinen für Schlichtarbeiten und dort, wo besonders feine Schnittkanten nötig sind.

Ein besonderer Vorzug der Schnellstähle ist noch ihre geringere Neigung zum Verziehen beim Härten (wichtig für Gewindebohrer, hinterdrehte Formfräser usw.). Doch bemühen sich die Stahlwerke, auch weniger hochhaltige, perlitische Stähle mit derselben Eigenschaft herzustellen.

Werkzeugstahl zweiter Güte, weniger rein und gleichmäßig, wird für Feilen, Meißel, Hämmer, gewisse Matrizen usw. verwendet.

2. Auswahl für sonstige Werkzeuge und kleinere Teile.

a) Werkzeuge, die starken Schlägen ausgesetzt sind, dabei gut hart sein müssen, wie Dampf- und Fallhammergesenke, werden für sauberste Arbeit aus bestem Kohlenstoffstahl mit etwa 0,8 bis 0,9 v. H. Kohlenstoff hergestellt.

b) Für Federn und federnde Teile (Spannpatronen usw.) geht man mit dem Kohlenstoffgehalt auf 0,7 v. H. herunter, da hohe Elastizität Bedingung ist. Gut hat sich ein Stahl mit 1,2 – 1,5 v. H. Silicium bewährt, während die höchsten Leistungen Chrom-Vanadium-Stähle erzielen.

c) Stahl herunter bis zu 0,6 v. H. dient für Hämmer, Stempel, Kaltwalzen (nicht selten in milderer Güte). Neuerdings werden hierzu auch legierte Stähle benutzt, so für Ziehorne und -ringe, Lochstempel usw. ein Stahl mit 2 – 4 v. H. Wolfram oder Chrom.

d) Für Kugeln wird Stahl mit etwa 1,2 v. H. Kohlenstoff verwendet und ihm für die Kugeln ersten Gütegrades noch 1 – 1,5 v. H. Chrom zur besseren Durchhärtung und Gleichmäßigkeit zugesetzt.

e) Für Warm-, Preß-, Zieh- und Spritzmatrizen, die Temperaturen von über 400° aushalten und unschwer nacharbeitbar sein müssen, verwendet man niedrig legierten Chromnickelstahl mit etwa 4 – 5 v. H. Nickel, 1 – 1,5 v. H. Chrom und 0,2 – 0,3 v. H. Kohlenstoff, der zwar beim Abschrecken in Öl nicht sehr hart wird, aber seine Härte bis zu 500° unvermindert beibehält, und der dabei innen sehr zäh bleibt. Man benutzt auch hochhaltigen Chromwolframstahl. Für Kaltzieheisen hochhaltigen Chromstahl.

f) Meßwerkzeuge. Für geodätische und physikalische Genauigkeitsinstrumente, für die Material mit möglichst geringer Wärmeausdehnung nötig ist, benutzt man den „Invar“-Stahl mit etwa 36 v. H. Nickel. Ein Stab von 1 m Länge aus „Invar“ mit 36 v. H. Nickel dehnt sich bei einer Temperaturzunahme von 1° C je nach der Wärmebehandlung um 0,0000001 – 0,000003 m. = 0,0001 – 0,003 mm aus. Zu Meßwerkzeugen für den Maschinenbau ist der gleiche Stahl, auch abgesehen von den hohen Kosten, nicht verwendbar. Vielmehr muß ein solcher gebraucht werden, der annähernd die gleiche Ausdehnungszahl hat wie die Maschinenbaustoffe. Man nimmt Kohlenstoffstahl mit 1 – 1,25 v. H. Kohlenstoff, auch mit ganz geringem Chrom- oder Wolfram-Zusatz für gewöhnliche Härtung oder auch weichen Stahl für Einsatzhärtung. Neuerdings wird für Meßmaschinen auch ein Nickelstahl mit 58 v. H. Nickelzusatz verwendet. Diese Legierung hat den Vorzug, gegen Rost fast unempfindlich zu sein, und besitzt die gleiche Wärmeausdehnung wie Stahl (0,011 mm für den Meter und Grad Celsius).

VII. Ausglühen der Werkzeugstähle.

1. Gründe.

Es geschieht zur Erreichung des günstigsten Zustandes für die Weiterverarbeitung:

Bei rohem Material zur Beseitigung größerer Härte, Ungleichheiten im Gefüge usw., die durch die Vorbehandlung entstanden sind; bei geschmiedeten oder durch Drehen, Fräsen usw. kräftig bearbeiteten halbfertigen Werkzeugen auch zur Beseitigung von Spannungszuständen (um das Verziehen beim Härten gering zu halten).

Weiter zur Beseitigung von grobem (durch Überhitzen entstandenem) und von verfeinertem (durch Kaltrecken und Härten entstandenem) Korn, das verminderte Zähigkeit zur Folge hat.

Die Stahlwerke liefern den Stahl geblüht oder ungeblüht.

2. Ausführung.

a) Richtiges Glühen:

Erhitzen bis kurz unter oder über den unteren Umwandlungspunkt unter Vermeidung von chemischen Vorgängen (Kohlung, Entkohlung, Schwefelzufuhr usw.), dann langsames Abkühlen. Dazu ist für bereits fertig bearbeitete Werkzeuge zu empfehlen: Einpacken in Lederkohle, Holzasche oder reine Gußspäne.

Glühtemperaturen (Glühfarben auf Seite 379):

650—750⁰ für Kohlenstoffstahl

700—800⁰ für niedrig legierte Stähle

800—850⁰ für Schnellstahl.

b) Falsches Glühen:

1. Durch ungleichmäßiges Erwärmen, das besonders im Schmiedefeuer leicht vorkommt.

2. Durch zu hohe Temperatur. Gefüge wird großkristallinisch und spröde (überhitzter Stahl) oder, bei Temperaturen bis zum Funkensprühen, völlig mürbe und durch Oxydation verdorben (verbrannter Stahl).

Überhitzter Stahl kann durch Glühen, Überschmieden, Abschrecken wiederhergestellt werden, verbrannter dagegen nicht.

3. Durch zu langes Glühen (abgestandener Stahl). Durch Luftzutritt oberflächlich entkohelter Stahl kann durch Glühen mit Einsatzmitteln (Holzkohle mit gelbem Blutlaugensalz oder Bariumcarbonat) wiederhergestellt werden.

VIII. Härten.

Wenn auch das Härten eine Kunst ist und auch heute noch viel Erfahrung verlangt, so sind doch, um dauernd die besten Ergebnisse zu erzielen, wissenschaftliche Einsicht und neuzeitliche Härteinrichtungen unentbehrlich.

1. Das Erhitzen.

Es muß gleichmäßig geschehen, damit nicht nur die Oberfläche oder vorspringende Teile die nötige Temperatur haben; daher auch nicht zu rasch:

Für Kohlenstoffstähle auf 720—800° C*
„ legierte Stähle „ 750—900° C
„ Schnellstähle „ 1150—1350° C

Die richtige Temperatur kann am abgeschreckten Gefüge leicht erkannt werden. Besonders für Kohlenstoffstahl reicht meist schon das Bruchaussehen von Probestücken zur Beurteilung hin oder die Härteprüfung mit dem Skleroskop (s. „Härteprüfung“). Bild H 12 zeigt das Verhältnis der Härte zur Abschrecktemperatur bei einem Kohlenstoffgehalt von etwa 1 v. H. Der höchsten Härte entspricht die richtige Abschrecktemperatur.

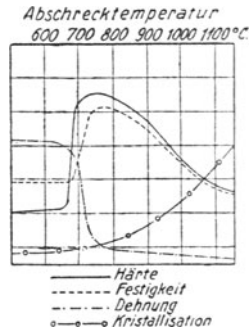


Bild H 12.

Allgemein ist zu beachten:

Für Kohlenstoffstähle Temperatur so niedrig wie möglich. Für Schnellstähle so hoch wie möglich, ohne sie zu verbrennen.

Schnellstähle sind dabei langsam auf 850–900° vorzuwärmen und dann rasch auf die Höchsttemperatur zu erhitzen. Dabei hat sich für manche Werkzeuge gut bewährt, sie kurz hintereinander mehrere Male aus dem Ofen heraus an die Luft und wieder in den Ofen hineinzugeben.

Bei Werkzeugen, die nur teilweise gehärtet und erhitzt werden (Drehstähle, Meißel, viele Bohrer usw.), ist eine scharfe Grenze zwischen erhitzten und nicht erhitzten Stellen zu vermeiden. Müssen die Teile (Bohrungen, Zapfen usw.), die später weich bleiben sollen, mit in den Ofen, sind sie durch Lehm- oder Asbestpackung oder noch besser durch Enamelite zu schützen.

2. Öfen.

Die zu stellenden Anforderungen sind:

Sie sollen im ganzen Heizraum möglichst gleichmäßige Temperatur haben, die nirgends die Höchsttemperatur für den Stahl überschreitet. Die Temperatur soll leicht regulierbar, aber auch leicht festzuhalten sein.

Die Erwärmung soll ohne chemischen Einfluß auf den Stahl vor sich gehen.

Der Ofen soll den Arbeiter nicht belästigen, reinlich, ruhig und wirtschaftlich arbeiten.

Am wenigsten erfüllt das Schmiedefeuer diese Anforderungen. Doch da es billig und bequem ist, findet es noch vielfach Anwendung, besonders für einfachere, weniger empfindliche Werkzeuge, wie: Drehstähle, Meißel usw

* Siehe Bild H 10.

Nur bei großer Vorsicht und Geschick ist es auch für andere Werkzeuge brauchbar.

Sehr gut sind die **Öfen mit Flüssigkeitsbädern**, die durch Gas, Öl, Elektrizität oder auch Kohlen erwärmt werden. Als Flüssigkeit dienen Metalle (Blei) nur für Temperaturen bis etwa 600°, Salze (Chlorbarium, Chlornatrium, Chlorcalcium; Schmelzpunkte s. S. 87) für Temperaturen bis 1300°. Salze erwärmen langsamer als Metalle und verhindern das oberflächliche Oxydieren beim Herausnehmen aus dem Bade durch Bildung einer dünnen Salzkruste.

Sehr brauchbar sind auch die Öfen, in denen heiße Luft und Verbrennungsgase zum Erhitzen dienen, vor allem die **Gasöfen** mit offenem oder geschlossenem (Muffel-) Glühraum. Da ein Zündern infolge Luftüberschuß, Überhitzen infolge Stichflamme auch in ersteren vermieden werden kann, sind die **Muffelöfen** gewöhnlich nur nötig, wenn die Verbrennungsgase zuviel Schwefel enthalten.

Zum Glühen in Holz-Lederkohle oder dgl., besonders bei sehr großen Werkzeugen (Gesenken), dienen gemauerte Öfen, die durch Steinkohle, Öl, Generatorgas usw. geheizt werden.

3. Das Abschrecken.

Es geschieht durch Flüssigkeiten (Wasser, kalt oder warm, Öl, Tran, geschmolzene Metalle usw.), Gase (Luft) oder auch feste Metalle (eiserne Platten). Die Abschreckwirkung beruht auf der spezifischen Wärme, Verdampfungswärme, Wärmeleitung und Düninflüssigkeit der Kühlmittel und wächst mit diesen Größen. Sie wird befördert durch die Reinheit der Werkstückoberfläche und durch Bewegungen, sei es des Werkstücks oder der Badflüssigkeit, wodurch immer neue Massen des Abkühlmittels mit der glühenden Werkstückoberfläche in Berührung kommen und ein Festsetzen von Gas- und Dampfblasen am Werkzeuge verhindert wird.

Werkzeuge aus Kohlenstoff- und niedrig legiertem Sonderstahl. Schroffes Abschrecken zur Erreichung höchster Härte, wie sie für Dreh- und Hobelstähle und Meißel nötig ist, geschieht in Wasser von etwa 18 bis 20°C, dem zur Verschärfung der Wirkung einige Hundertteile Kochsalz oder Säure (Schwefelsäure, Ameisensäure) zugesetzt werden. Werkzeuge, wie Fräser, Bohrer, Reibahlen, Gewindeschneidwerkzeuge usw., die vorstehende Schneidzähne haben, werden zur Vermeidung starker Spannungen und des Abplatzens der Zähne nur so lange im Wasser gekühlt, bis die Glut gelöscht ist, und dann in Öl gelegt.

Teile, die weniger Härte, dafür mehr Federung haben müssen, wie Spannpatronen, Federn, große Stanzen usw., oder die sehr dünn sind, wie schwache Sägen, werden nur in Öl oder Unschlitt abgeschreckt, an deren Stelle zur Not auch heißes Wasser treten kann.

Eine mittlere Härte zwischen dem Abschrecken im Wasser und dem in Öl erhält man durch Abschrecken in Wasser, auf dem eine Ölschicht schwimmt, die das Werkzeug beim Durchgang mit einer dünnen Schicht überzieht. So werden Messerklingen, manche Stempel usw. gehärtet.

Werkzeuge, die an der Arbeitsstelle sehr hart, an anderen Stellen und innen aber recht zäh sein sollen, werden vorteilhaft durch einen gegen die Arbeitsfläche gerichteten Wasserstrahl gehärtet: Hammergesenke, Präge- und Preßstempel, Stanzen, Hammerbahnen usw. Mit einem durch die Bohrung gehenden Strahl: Zugringe, Lehr- ringe usw.

Dünne Teile, die sich nicht verziehen sollen und die zur scharfen Härtung Wasser nicht brauchen, wie Kreissägen, Rasier- klingeln usw., werden im Glühzustande zwischen kalte gußeiserne Platten gepreßt und dadurch gehärtet.

Werkzeuge aus Schnellstahl werden in Talg, Öl, Tran, Petroleum oder auch im trockenen Preßluftstrom abgekühlt. In manchen Fällen, bei schwachen Werkzeugen, ist eine abgestufte Härtung, erst im Blei-, Cyankali- oder Salz- bade von 600 bis 700°, dann in Luft oder Öl angebracht.

4. Das Anlassen.

Esgeschieht nach dem Abschrecken zur Beseitigung von Spannungen, die ein Verziehen zur Folge haben, oder zur Erhöhung der Zähigkeit. Die Zähigkeit muß um so größer sein, je wechselnder die Beanspruchung ist; doch kann größere Zähigkeit durch Anlassen nur auf Kosten der Härte erlangt werden.

Arten des Anlassens:

a) Anlassen von innen, d. h. durch die im teilweise abgeschreckten Werkzeuge noch vorhandene Wärme. Nur anwendbar bei einfach geformten oder kleineren Werkzeugen, wie Dreh- und Hobelstählen, Stempeln usw. Beurteilung nach den Anlauffarben.

b) Anlassen von außen, d. h. durch, dem meist völlig erkalteten Werkzeuge von außen zugeführte Wärme.

Zuführung von Wärme erfolgt durch kochendes Wasser, glühende Kohlen, Gasflamme, heiße Luft, heißes Eisen oder dgl., für größere und wertvollere Werkzeuge am besten in Öl-, Salz- oder auch (für höhere Temperaturen) in Metallbädern. Sandbäder werden vielfach gebraucht, wenn deutliche Anlauffarben verlangt werden.

Werkzeuge, wie Meßwerkzeuge, die zwar Glashärte, aber keine Spannungen haben dürfen, die die Ursache fortschreitender Formänderungen bilden, werden mehrere Stunden in Bädern von 125 bis 150° angelassen.

c) Abbrennen: kleinere, meist dünnere Werkzeuge erhitzt man bis zum Verbrennen des anhaftenden Öles (Flammpunkt der fetten Öle 350° C). Sie erhalten dadurch Federhärte.

Werkzeuge aus Kohlenstoffstahl werden fast ausnahmslos angelassen. Bis etwa 250° ist die Minderung der Härte gering, die Zunahme der Zähigkeit schon erheblich. Deshalb werden die Schneid- werkzeuge für Metallbearbeitung meist innerhalb des dadurch gezogenen Temperaturbereiches angelassen.

Werkzeuge aus Schnellstahl. Dreh- und Hobelstähle brauchen nicht angelassen zu werden.

Für Fräser, Bohrer usw. haben sich Temperaturen zwischen 250 und 275° C bewährt.

Temperatur des Anlassens. Sie wird entweder nach den Anlaßfarben (s. Seite 379) oder mit dem Quecksilberthermometer bestimmt. Die Anlauffarben sind nicht durchaus zuverlässig, da sie auch von der Zeit abhängen, Thermometer sind nur zu verwenden beim Anlassen in Flüssigkeiten (Öl oder Salz) oder im Glühofen.

Genau Angaben über Höhe der Anlaßtemperaturen können nicht ohne weiteres gegeben werden, denn die bestgeeignete Anlaßwärme ist abhängig von den Eigenschaften des verwendeten Stahles und von der Zeit des Anlassens; ferner von der Bauart und dem Verwendungszwecke des Werkzeuges, von seiner Beanspruchung und von der Stärke und dem Zustand der Maschine, auf der es verwendet wird.

Nachstehende Anlaßtemperaturen sind als Mittelwerte zu betrachten.

Anlaßtemperatur	Werkzeug
125—150°	Meßwerkzeuge (10 Stunden oder länger)
180—200°	Alle Schneidwerkzeuge aus Kohlenstoffstahl für Metallbearbeitung, wie Dreh- und Hobelstähle, Bohrer, Fräser, Reibahlen, Senker
200—225°	Alle obigen Werkzeuge, wenn sie durch ihre Form oder Arbeit dem Brechen sehr ausgesetzt sind, wie dünne Bohrer, Gewindebohrer, Schafffräser, feine Schneideisen.
225—275°	Alle Schneidwerkzeuge aus Schnellstahl
250—280°	Werkzeuge für Holzbearbeitung
275—300°	Meißel, Federn, Schlagwerkzeuge usw.

5. Reinigen.

Vor dem Erhitzen ist ein Reinigen der Werkzeuge von Fett und Schmutz nötig, am besten durch Abkochen in Sodawasser. Nach dem Anlassen findet zweckmäßig ein Reinigen statt, um dem Werkzeuge ein gutes Aussehen zu geben, und um die Möglichkeit zu haben, auch feine Härterisse sehen zu können. Dieses nachträgliche Reinigen geschieht am besten mit dem Sandstrahlgebläse.

IX. Hauptursachen der Mißerfolge beim Härten.

1. Fehler im ungehärteten Werkzeuge.

Materialfehler, wie Risse, Blasen usw.

Ganz oder teilweise zu hartes Material (Zementitadern).

Beim Glühen oder Schmieden überhitztes Material.

Eigenspannungen infolge ursprünglich im Material vorhandener oder durch Bearbeitung entstandener Spannungen.

Konstruktionsfehler: schlecht verteilte Massen, wie feinere Schneiden und Zähne an den massigen Körpern, harte Übergänge, besonders scharfe, einspringende Ecken (am Zahnfuß, in Nuten, Bunden usw.).

2. Fehler beim Härten.

Ungleichmäßiges Erwärmen, unrichtige bzw. zu hohe Temperatur, teilweise Entkohlung.

Spannungen durch das Abschrecken. Sie verursachen Formänderungen, unter Umständen sogar Reißen. In gewissem Maße sind sie unvermeidlich, da sie erstens durch die Bildung der neuen Gefügebestandteile (Martensit, Osmondit) entstehen, die ein größeres spezifisches Volumen haben (wenigstens Martensit), und zweitens durch die verschieden rasche Abkühlung der äußeren und inneren Schichten, die ein ungleiches Zusammenziehen zur Folge hat.

Ein Reißen durch übergroße Spannungen kann auch beim Anlassen oder gar erst nach längerer Zeit eintreten. Nach Möglichkeit gering halten kann man die Spannungen durch:

- a) Möglichst niedrige Abschrecktemperatur;
- b) Möglichst kurzes Verweilen bei der höchsten Temperatur nach langsamem Vorwärmen;
- c) Nicht schrofferes Abschrecken als für die Härte nötig;
- d) Vermeiden der unter 1 angegebenen Fehler.

Falsches Eintauchen in die Abkühlflüssigkeit oder falsches Bewegen kann starkes Verziehen bis zur Unbrauchbarkeit zur Folge haben; ungenügendes Bewegen oder Anfassen mit breiten Flächen verursacht das Entstehen weicher Stellen.

X. Die Temperatur-Messung in der Härterei.

Sie ist unentbehrlich, da von der richtigen Temperatur vor allem der Erfolg der Wärmebehandlung abhängt und gerade die besten Stähle vielfach gegen Überhitzung sehr empfindlich sind.

Temperaturen bis 350°C (Anlassen) können (nur bei Flüssigkeitsbädern) mit dem gewöhnlichen Quecksilberthermometer gemessen werden (s. Seite 90).

Auch Sonderausführungen sind möglich, die bei bestimmten einzustellenden Temperaturen Zeichen geben oder weitere Wärmezufuhr abschneiden.

Für höhere Temperaturen, wie sie zum Ausglühen und Erhitzen zum Abschrecken nötig sind, ist das einfachste aber auch unzuverlässigste Mittel: die Beurteilung nach den Glühfarben nur durch das Auge. Daher sind Wärmemeßinstrumente unerlässlich in einer gut eingerichteten Härtestube.

1. Segerkegel oder Sentinelzylinder (aus Metall-Salzgemischen) sind brauchbar außer in Flüssigkeitsbädern, doch für ununterbrochenen Härteretrieb zu umständlich (s. Seite 87).
2. Thermoelektrische Pyrometer sind für alle Fälle vorzüglich. An dem mit dem Thermostab verbundenen Galvanometer kann die Temperatur unmittelbar abgelesen werden. Es sind aber auch Einrichtungen zum selbsttätigen Aufschreiben der Temperatur möglich und üblich. Tatsächlich gemessen wird mit diesen Pyrometern der Wärmeunterschied zwischen der Lötstelle und der Anschlußklemme. Ist die Anschlußstelle noch nicht genügend außerhalb des Bereiches der Ofenwärme und damit schwankenden Temperaturen ausgesetzt, so kann diese Fehlerquelle durch ein Kompensations-Thermoelement beseitigt werden. Regelmäßiges

Prüfen der Pyrometer ist erforderlich, da sie durch Heizgase im Ofen leicht angegriffen werden und dann falsch zeigen. Bei anhaltender Benutzung in hohen Wärmegraden brennen die Schutzrohre leicht durch (besonders zu schützen ist die Stelle des Rohres, mit der es durch die Oberfläche der Badflüssigkeit tritt).

Obere Temperaturgrenzen und angenäherte Spannungen der gebräuchlichsten Thermoelemente in Millivolt für einen Temperaturunterschied von 100°.

Element	Grenze	Spannung f. 100°	Element	Grenze	Spannung f. 100°
Platin-Platinrhodium	1600	0,9	Nickel-Chromnickel	1100	3,9
Platin-Platiniridium	1100	1,1	Silber-Konstantan	600	4,5
Nickel-Silber	600	2,3	Kupfer-Konstantan	500	4,6
			Eisen-Konstantan	800	5,0

- 3. Optische Pyrometer.** Sie beruhen auf der Erscheinung, daß jeder Glühfarbe eine bestimmte Temperatur entspricht und daß alle Stoffe bei gleicher Temperatur in gleicher Farbe glühen. Die Messung erfolgt entweder durch Vergleichung mit einer veränderlichen Glühfarbe, wozu der Leuchtdraht einer Kohlenfaden-Glühlampe dient, der in seiner Helligkeit durch gemessene Stromänderung verändert wird (Pyrometer nach Holborn-Kurlbaum), oder mit einer festen Lichtquelle, deren wirkende Helligkeit durch optische Ablendung geschwächt wird (Pyrometer nach Wanner). Alle optischen Pyrometer sind Störungen weniger ausgesetzt als die thermoelektrischen, da sie in ausreichender Entfernung vom Heizraum aufgestellt werden können. Sie messen die Temperaturen glühender Oberflächen (Glühräume, Werkzeuge), können aber nicht das Innere von Bädern messen und eignen sich nicht zum selbsttätigen Aufschreiben. Sie sind nur von etwa 650° an aufwärts verwendbar.
- 4. Widerstandsthermometer.** Bei ihnen wird die Widerstandsänderung von Metalldrähten mit der Temperatur zur Messung dieser gebraucht. Sie sind nur bis etwa 600° C verwendbar. Die Messung erfolgt an Galvanometern, welche die Temperatur unmittelbar ablesen lassen. Als Widerstandsmetalle dienen meistens Nickel oder Platin. (Widerstandsänderung bei 1° Temperaturerhöhung + 0,6 bzw. 0,39 v. H.)

Glühfarben.

Anlaßfarben.

Glühfarbe	Temperatur	Anlaßfarbe	Temperatur
Beginn des Dunkelrot	650° C	Hellgelb	225° C
Dunkelrot	700 "	Dunkelgelb	240 "
Kirschrot	800 "	Gelbbraun	255 "
Hellrot	900 "	Rotbraun	265 "
Lachsrot	1000 "	Purpurrot	275 "
Orange	1100 "	Violett	285 "
Zitronengelb	1200 "	Dunkelblau	295 "
Weiß	1300 "	Hellblau	310 "
		Grau	325 "

Konstruktionsstahl.

I. Einsatzhärten (Zementieren).

Es bedeutet: die Erzeugung einer kohlenstoffreichen, harten Oberfläche auf Teilen aus weichem Stahl, durch Glühen in kohlenstoffabgebenden Mitteln, so daß das Innere, der Kern des Arbeitstückes, seine ursprünglichen, mechanischen Eigenschaften, besonders die Zähigkeit, möglichst beibehält.

Anwendung. Das Einsatzhärten wird benutzt:

1. Zur Erzielung einer harten Oberfläche bei einem zähen Kern, damit die Arbeitstücke geringe Abnutzung haben und trotzdem große Widerstandsfähigkeit gegen Schlag und Stoß. Ferner damit die Arbeitstücke sich nachher im Kern und an der nicht zementierten Oberfläche leicht bearbeiten lassen (Ausbohren, Gewindegewinde usw.).
2. Um die Verwendung von hochgekohltem Stahl zu vermeiden, weil derselbe beim Härten durch und durch hart wird und deshalb Teile daraus sich stärker verziehen und leichter reißen (Verwendung für gewisse schwierige Werkzeuge, Bohrlehren usw.).
3. Weil die Verwendung von weichem, im Einsatz härtbarem Stahl zuweilen billiger ist, als die von hochgekohltem Tiegelstahl.

Einsatzstahl. Jeder zähe, nicht zu hoch gekohlte Stahl ist verwendbar. Der Gehalt an Kohlenstoff soll $\cong 0,2$ v. H. sein. Der Gehalt an Schwefel und Phosphor und auch an Silicium soll recht gering, das Material also rein sein. Deshalb ist an Stelle von gewöhnlichem Maschinenstahl besser besonderer Einsatzstahl zu verwenden.

Da niedrig gekohlter Kohlenstoffstahl nur geringe Festigkeit hat, so muß man, wenn höhere Festigkeit verlangt wird, legierte Stähle benutzen. Von diesen sind Nickel- und Nickelchromstähle für Einsatzhärten besonders gut geeignet; aber auch Mangan, Vanadium- usw. -Stähle werden zementiert.

Nickel verlangsamt die Kohlenstoffaufnahme, aber auch die Kristallisation des Kernes, Chrom, Mangan, Vanadin fördern sie.

Einsatzmittel. Es werden vorwiegend feste (pulverförmige) Mittel gebraucht, nicht selten aber auch gasförmige. Ihre Wirksamkeit beruht in erster Linie auf der Bildung von Kohlenoxyd, Cyan, flüchtigen Cyanverbindungen und leichten Kohlenwasserstoffen. Fester elementarer Kohlenstoff zementiert nur schwach.

Von festen Mitteln werden gebraucht: Holz-, Knochen- und Lederkohle, Ruß, allein oder gemischt mit Soda, Kalk, Kochsalz usw. Sehr kräftig wirkt Holzkohle mit gelbem Blutlaugensalz. Besonders bewährt hat sich Holzkohle mit Bariumkarbonat im Verhältnis 60 : 40.

Von den gasförmigen Mitteln wird am meisten benutzt: Leuchtgas, ferner Acetylen (Acetylen-Sauerstoff-Flamme).

Anforderungen an ein gutes Zementiermittel:

1. Es muß billig, besonders aber im Gebrauch sparsam sein.
2. Es muß unschädlich für den Stahl sein (keine Zuführung von Schwefel, Phosphor, Wasserstoff usw.).
3. Es muß kräftig wirken, doch nicht zu heftig, damit sich kein harter Übergang zwischen Kern und zementierter Schicht bildet.

Ausführung des Zementierens. Die Teile werden, rings umgeben von dem Zementiermittel, das in einer Schicht von 15 bis 50 mm gegen die Teile gestampft wird, in eiserne Kästen gepackt, die mit einem Deckel verschlossen und mit Lehm sorgfältig abgedichtet werden. (Für einzelne größere Spindeln haben sich eiserne Rohre gut bewährt.) Die Kästen werden dann in einem Ofen längere Zeit geglüht.

Die zementierte Schicht soll etwa 0,9 bis 1,2 v. H. Kohlenstoff enthalten, je nach Anforderung und Größe des Stückes 0,5 bis 2 mm stark sein und allmählich in den weichen Kern übergehen. Die dazu geeignetste Temperatur und Glühzeit hängt von der Zusammensetzung des Einsatzstahls sowohl wie des Einsatzmittels ab. Die Wärme soll nicht unnötig hoch sein, muß aber so hoch sein, daß der Perlit in feste Lösung übergeht (s. Seite 365). Dazu ist eine Temperatur von 850—950° C nötig. Die Zeit, meist einige Stunden, muß um so länger sein, je tiefer die zementierte Schicht sein soll. Es ist nicht zu empfehlen, durch zu hohe Erhitzung die Einsatzzeit abzukürzen. Wegen Messung der Temperatur s. Seite 378. Auch die Natur der Flamme im Glühofen soll von Einfluß auf die Zementation sein. Eine Flamme mit Überschuß an Luft (Sauerstoff) soll sie verzögern, eine Flamme mit Überschuß an Kohlenstoff fördern und verbilligen, trotz der sorgfältigen Verpackung der Teile.

Das Zementieren kann auf bestimmte Teile der Oberfläche beschränkt werden dadurch, daß man die anderen Teile mit Lehm, Asbest oder dgl. verpackt, Eisenplatten gegen sie preßt, Ringe überzieht oder sie galvanisch verkupfert. Man kann auch nach dem Zementieren der ganzen Oberfläche, doch vor dem Härten, von den Stellen, die nicht hart werden sollen, die zementierte Schicht durch Drehen, Hobeln, Fräsen usw. wieder entfernen.

Die Nachbehandlung: Sie hat 2 Aufgaben:

1. soll sie die Sprödigkeit, die das Material infolge des Glühens bei hoher Temperatur erhalten hat, möglichst wieder beseitigen;
2. soll sie die zementierte Schicht härten.

Es sind verschiedene Behandlungen üblich. Für niedrig und nicht legierten Stahl hat sich folgende bewährt:

Nachdem der Kasten aus dem Ofen genommen ist, läßt man die Teile im Kasten langsam erkalten, nimmt sie heraus und reinigt sie. Zur Beseitigung der Sprödigkeit erhitzt man sie nun auf 850—950° C und schreckt sie in Wasser ab. Dann werden sie zum Härten der zementierten Schicht auf etwa 800° C erhitzt und wieder abgeschreckt, und zwar entweder in Wasser, wenn sie sehr hart werden sollen, oder in Öl, wenn sie weniger hart sein, aber auch weniger sich verziehen sollen.

Das erste Abschrecken kann auch durch ein längeres Glühen (2–3 Stunden) bei 650–700° C ersetzt werden.

Bei den legierten Stählen muß die Nachbehandlung sich nach der Zusammensetzung des Stahls richten. Ein geringer Gehalt an Nickel und Chrom ändert an der Behandlung fast nichts, nur daß die Temperatur des zweiten Abschreckens etwas niedriger, etwa 700–750° C, genommen wird.

Höher legierte Nickelstähle können nur durch Zementieren, ohne Abschrecken, glashart werden.

Einfache Teile, wie Schlüssel, Muttern usw., an die keine besonderen Anforderungen gestellt werden, werden oft unmittelbar aus der Rotglut des Kastens in das Kühlbad gestürzt, das meist aus Wasser besteht. Zur Erzielung bunter Härtefarben wird vielfach Luft zugeführt. Das Rohrende befindet sich am Boden des Behälters, die Luft tritt durch eine poröse Masse aus und steigt in Perlen auf. Als Einsatzmittel wird hierbei gut trockene Markknochenkohle benutzt.

Größere Teile, die sich beim Härten verzogen haben, können unter leichtem Erwärmen gerichtet werden.

Eine Oberflächenhärtung von sehr geringer Tiefe ist an kleineren Flächen (Kopf und Druckende von Schrauben usw.) ohne Einpacken zu erzielen durch Abbrennen mit Cyankali oder dem ungiftigen gelben Blutlaugensalz („Kali“ der Werkstatt). Dazu werden die Teile rotwarm erhitzt, dann mit dem Pulver bedeckt, nochmals erhitzt und abgeschreckt.

II. Vergüten von Stahl.

Es bedeutet: eine Wärmebehandlung von Konstruktionsstahl, ähnlich dem Härten des Werkzeugstahls, durch die die Festigkeitseigenschaften des Materials innerhalb bestimmter Grenzen beliebig verändert werden können.

Das Material: Gewöhnlicher Kohlenstoffstahl wird selten vergütet. In erster Linie werden vergütet: Nickel- und Nickelchromstähle, die als Konstruktionsstähle einen niedrigen Gehalt an Kohlenstoff haben und einen Gehalt an Nickel bis zu etwa 5 v. H. und an Chrom bis zu etwa 3 v. H.

Es wird entweder das rohe Material vergütet oder das geschmiedete oder sonstwie vorgearbeitete Stück.

Die Wärmebehandlung: Das Stück wird, nachdem es gereinigt, auf 780–850° C erwärmt und in Wasser oder Öl abgeschreckt. Nachher wird es dann auf Temperaturen zwischen 300 und 600° C angelassen.

Ergebnis: Durch das Abschrecken steigt die Härte und Bruchfestigkeit, während Dehnung, Zusammenziehung und Zähigkeit abnehmen. Das nachfolgende Anlassen erhöht die Dehnung, Zusammenziehung und Zähigkeit auf Kosten der Härte und der Bruchfestigkeit um so mehr, je höher die Anlaßtemperatur und je länger die Anlaßzeit ist.

Auch die höchste Härte ist bei diesen vergüteten Stählen infolge ihres geringen Gehaltes an Kohlenstoff nicht so groß, daß nicht ein Bearbeiten mit schneidenden Werkzeugen noch möglich wäre.

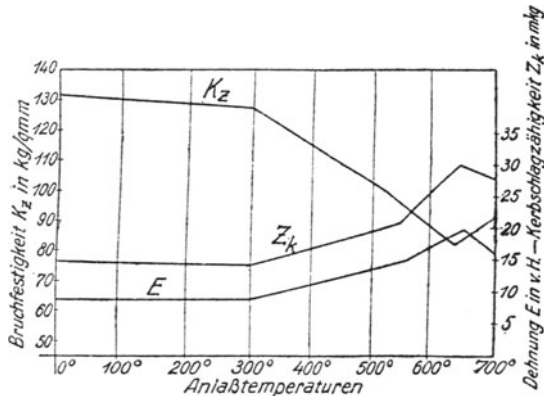


Bild H 13.

Bild H 13 gibt die Veränderungen der Bruchfestigkeit K_z , der Dehnung E und der Kerbschlagzähigkeit Z_k durch verschieden hohes Anlassen an für einen Nickelchromstahl mit

4,5 v. H. Nickel und gegläht $K_z = 80$
 1,5 „ Chrom „ $E = 17$
 0,15 „ Kohlenstoff

Der Stahl wurde von 850° in Öl abgeschreckt und dann etwa je 8 Minuten bei den verschiedenen Temperaturen angelassen.

Wenn von einem legierten Stahle keine „Glashärte“ verlangt wird, ist das Vergüten dem Zementieren vorzuziehen, erstens weil es billiger ist, zweitens weil es dem Material ein gleichmäßiges Gefüge gibt.

Einteilung des „schmiedbaren Eisens“.

(Nach den Vorschlägen des Ausschusses Id des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik vom 4. Oktober 1907 angenommen von dem Verein Deutscher Ingenieure, dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute und der Schiffbau-technischen Gesellschaft.)

Als „schmiedbares Eisen“ wird bezeichnet:

Flußeisen, Flußstahl, Schweißisen, Schweißstahl.

Flußstahl ist ein im flüssigen Zustande gewonnenes Eisen von 50 kg und mehr Festigkeit im ausgeglühten Zustande.

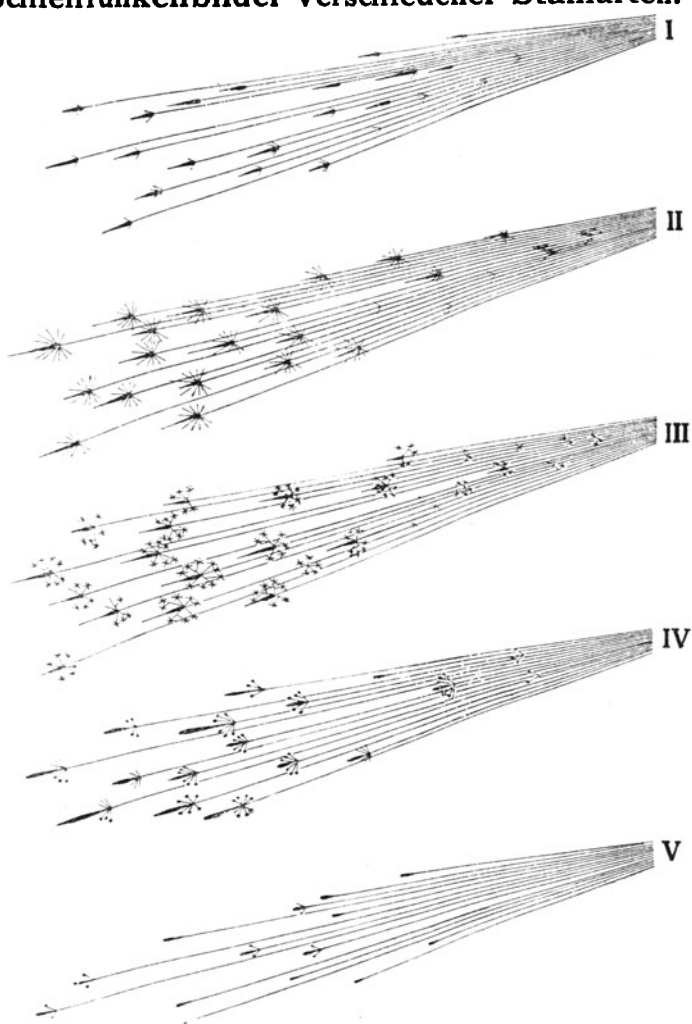
Schweißstahl ist ein in teigigem Zustande gewonnenes Eisen von 42 kg und mehr Festigkeit in ausgeglühtem Zustande.

Schmiedbares Eisen mit weniger als 50 kg bzw. 42 kg Festigkeit wird bezeichnet mit **Flußeisen**, bzw. **Schweißisen**.

Härtetafel für Flußeisen und Flußstahl.

Kohlenstoff %	Festigkeit kg	Bezeichnung und Verwendung
0,06 – 0,10	35 – 40	Weichstes Flußeisen, nicht härtbar. Draht, Fein- und Stanzbleche, Kesselbleche, Drahtstifte, Nieten, Schuhnägeln, geschweißte Rohre, Siederohre.
0,1 – 0,2	40 – 45	Flußeisen, nicht oder wenig härtbar. Schiffsbleche, Träger, Winkel, Eisenbahnschwellen.
0,2 – 0,25	45 – 50	Hartes Flußeisen, etwas härtbar. Maschinenteile, Achsen, Schaufeln, Springfedern.
0,25 – 0,3	50 – 55	Weicher Flußstahl, härtbar. Maschinenteile, Radreifen, Gabeln, Schienen, Achsen, Fahrradrohre.
0,3 – 0,35	55 – 60	Mittelharter Flußstahl, härtbar. Schienen, Radreifen, Achsen, Pflugschare, Raspen, Gasflaschen, Gewehrläufe für Jagdgewehre, Griffstahl.
0,35 – 0,4	60 – 65	Mittelharter Flußstahl, gut härtbar. Straßenbahnschienen, Radreifen, Spaten, Stollen, Griffstahl, Hammer, Scherenmesser.
0,4 – 0,45	65 – 70	Harter Flußstahl, gut härtbar. Straßenbahnschienen, Radreifen für Pferdebahnwagen, Feilen, Döpper, Matrizen, Sensen, Federn, Kaltmeißel.
0,45 – 0,5	70 – 75	Harter Flußstahl, gut härtbar. Straßenbahnschienen für elektrischen Betrieb, harter Federstahl, Feilen, Messer, Klingen, Heugabeln, Steinbohrer, Geschosse, Meißel, Pflugschare.
0,5 – 0,55	75 – 80	Harter Flußstahl, gut härtbar. Straßenbahnschienen, Steinbohrer, Kabeldraht, Förderseile, Geschosse, Radreifen für elektr. Betrieb.
0,55 – 0,6	80 – 85	Harter Flußstahl, gut härtbar. Regenschirmdraht, Korsettfeder, Fahrradspitzen und -achsen, Kabeldraht, Förderseile, Geschosse, Gewehrläufe für Militärgewehre.
0,6 – 0,7	85 – 90	Harter Flußstahl, gut härtbar. Geschosse, Stempel, Kugeln für Kugelmühle.

Schleiffunkenbilder verschiedener Stahllarten.



Nr.	Stahllart	Kennzeichen	Funkfarbe
I	Kohlenstoffarmer Stahl — Schmiedeeisen	In lange Tropfen auslaufende, glatte Lichtlinien; Stachelbüschel dem Kohlenstoffgehalt entsprechend	Hellgelb
II	Kohlenstoffreicher Stahl — Bessemerstahl		
III	Werkzeugstahl (manganhaltig)	Mangangehalt: verästelte Stachelbüschel	Hellgelb
IV	Wolframstahl	Strahlenbüschel mit kugeligen Enden	Rötlich
V	Schnellstahl (Wolfram u. Molybdän)	Geringe Funkenbildung, kurze Tropfen mit einzelnen tropfenförmigen Abzweigungen	Rötlich

Härte.

Den Techniker interessiert weniger der umstrittene physikalische Begriff der absoluten Härte als die technische Härte, die mit der Bearbeitbarkeit zusammenhängt.

I. Begriff der technischen Härte.

Die technische Härte ist keine eindeutig bestimmte Eigenschaft, sondern hängt von dem Verfahren der Prüfung ab, so daß es so viel verschiedene „Härten“ wie Prüfungsverfahren gibt. Daher können auch die nach den verschiedenen Verfahren gefundenen Härtezahlen nicht ohne weiteres mit einander verglichen werden; es weichen vielmehr diese Zahlen bei den verschiedenen Materialien nicht nur voneinander ab, je nach dem besonderen Maßstab des Verfahrens, sondern das Verhältnis zwischen den einzelnen Härten zeigt bei den verschiedenen Stoffen erhebliche Unterschiede. Bei allen Verfahren wird die Härte mit Hilfe eines zweiten Körpers, eines Probekörpers, der in den zu prüfenden einzudringen sucht, ermittelt.

II. Die wichtigsten Verfahren der technischen Härteprüfung.

1. Der Probekörper wirkt bei ruhendem Druck.

- a) Der Probekörper wird in den zu prüfenden eingedrückt, und zwar eine Kugel bei dem Verfahren von Brinell, eine Kegelspitze bei dem Verfahren von Ludwik.

Als Härtemaß dient:

- a) die Eindringungstiefe bei konstantem, bestimmtem Druck,
β) der Druck für eine bestimmte Eindringungstiefe.

- b) Der Probekörper wird unter Druck über den zu prüfenden hingeführt. Ritzhärteprüfung nach Martens.

Als Härtemaß dient:

- a) die Ritzbreite bei bestimmtem Druck,
β) der Druck für einen Ritz von bestimmter Breite.

2. Der Probekörper wirkt durch Schlag oder Stoß.

- a) Ein Stempel wird in das zu prüfende Material eingeschlagen.

Als Härtemaß dient:

- a) die Eindringungstiefe bei gleicher Schlagleistung,
β) die Schlagleistung für eine bestimmte Eindringungstiefe.

- b) Ein Körper wird aus bestimmter Höhe, also mit bestimmter Geschwindigkeit auf den zu prüfenden Körper fallen gelassen. Kugelfallprobe. Skleroskop.

Als Härtemaß dient die Rücksprunghöhe.

III. Brinell- und Skleroskophärte.

Diese beiden Härteverfahren sind für die Maschinenbauwerkstatt die wichtigsten.

1. Die Brinellhärte.

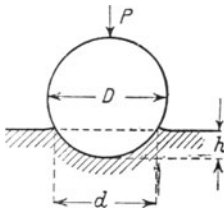


Bild H 1.

Die gehärtete Stahlkugel vom Durchmesser D (Bild H) wird durch einen so großen Druck in das zu prüfende Material eingedrückt, daß die Elastizitätsgrenze überschritten wird und so der bleibende Eindruck eines Kugelabschnittes (Kalotte) entsteht.

Bezeichnet f die Oberfläche der Kalotte, so ist die Härtezahl $H = P/f$. f kann aus der zu messenden Tiefe h oder dem zu messenden Durchmesser d der Kalotte berechnet werden (S. 45). Statt f wird auch

die Projektion der Kalotte $f_1 = \frac{d^2 \pi}{4}$ zur

Bestimmung der Härte benutzt (S. 2—21). Die folgende Zahlentafel gibt die Werte von H an in Abhängigkeit vom Kalottendurchmesser d für $P = 3000$ kg und 500 kg und $D = 10$ mm.

Tafel der Härtezahlen H .

d = Durchmesser des Kugeleindrucks in mm.

H = Härtezahl bei einem Probedruck P von 3000 kg und 500 kg.

H			H			H			H		
d	$P = 3000$ kg	$P = 500$ kg	d	$P = 3000$ kg	$P = 500$ kg	d	$P = 3000$ kg	$P = 500$ kg	d	$P = 3000$ kg	$P = 500$ kg
mm			mm			mm			mm		
2,00	946	158	3,25	351	59	4,50	179	29,7	5,75	105	17,5
2,05	898	150	3,30	340	57	4,55	174	29,1	5,80	103	17,2
2,10	857	143	3,35	332	55	4,60	170	28,4	5,85	101	16,9
2,15	817	136	3,40	321	54	4,65	166	27,8	5,90	99	16,6
2,20	782	130	3,45	311	52	4,70	163	27,2	5,95	97	16,2
2,25	744	124	3,50	302	50	4,75	159	26,5	6,00	95	15,9
2,30	713	119	3,55	293	49	4,80	156	25,9	6,05	94	15,6
2,35	683	114	3,60	286	48	4,85	153	25,4	6,10	92	15,3
2,40	652	109	3,65	277	46	4,90	149	24,9	6,15	90	15,1
2,45	627	105	3,70	269	45	4,95	146	24,4	6,20	89	14,8
2,50	600	100	3,75	262	44	5,00	143	23,8	6,25	87	14,5
2,55	578	96	3,80	255	43	5,05	140	23,3	6,30	86	14,3
2,60	555	93	3,85	248	41	5,10	137	22,8	6,35	84	14,0
2,65	532	89	3,90	241	40	5,15	134	22,3	6,40	82	13,8
2,70	512	86	3,95	235	39	5,20	131	21,8	6,45	81	13,5
2,75	495	83	4,00	228	38	5,25	128	21,5	6,50	80	13,3
2,80	477	80	4,05	223	37	5,30	126	21,0	6,55	79	13,1
2,85	460	77	4,10	217	36	5,35	124	20,6	6,60	77	12,8
2,90	444	74	4,15	212	35	5,40	121	20,1	6,65	76	12,6
2,95	430	73	4,20	207	34,4	5,45	118	19,7	6,70	74	12,4
3,00	418	70	4,25	202	33,6	5,50	116	19,3	6,75	73	12,2
3,05	402	67	4,30	196	32,6	5,55	114	19,0	6,80	71,5	11,9
3,10	387	65	4,35	192	32	5,60	112	18,6	6,85	70	11,7
3,15	375	63	4,40	187	31,2	5,65	109	18,2	6,90	69	11,5
3,20	364	61	4,45	183	30,4	5,70	107	17,8	6,95	68	11,3

H ist von der Größe von P und D nicht ganz unabhängig. Bei gleicher Belastung wird nämlich die Härtezahl kleiner, je größer der Kugeldurchmesser ist; bei gleichem Kugeldurchmesser wird sie größer, je größer die Belastung ist. Deshalb dürfen Versuche mit verschiedenen Kugeldurchmessern nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden.

Um diese Nachteile auszuschneiden, wird meist mit bestimmtem Druck und Kugeldurchmesser gearbeitet. Für Werkstattversuche wird in der Regel eine 10 mm Kugel bei $P = 3000$ kg für Eisen und Stahl und bei $P = 500$ kg für weichere Metalle und Legierungen angewendet. Für Laboratoriumsversuche dagegen, welche den Zweck haben, verschiedene Sorten von Probestücken miteinander zu vergleichen, also z. B. Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß usw., kommt nach einem Vorschlage von Martens (K. Mat.-Prüfungsamt, Großlichterfelde) eine Normalkugel von 5 mm und eine vorgeschriebene Eindringtiefe von 0,05 mm in Anwendung; hierbei wird ohne Rücksichtnahme auf den Eindruckdurchmesser als Gütezahl für die Härte einfach die Kraft betrachtet, welche zur Erzielung dieser Eindringtiefe nötig ist.

Da auch die Zeit einen Einfluß auf H hat, so ist weiter zu empfehlen, den Druck eine bestimmte Zeit (1 oder 3 Minuten) wirken zu lassen.

2. Brinellhärte und Festigkeit.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß ein enger Zusammenhang zwischen der Brinellhärte und der Festigkeit eines Stoffes besteht. Da nun die Brinellhärte leichter und ohne wesentliche Zerstörung des Stoffes zu ermitteln ist, so wird sie häufig als Ersatz für die Festigkeit bestimmt.

Ist K_z die Zerreißfestigkeit eines Stoffes, so kann für schmiedbares Eisen die zur Berechnung von K_z aus H nötige Verhältniszahl $m = K_z/H$ aus der folgenden Zahlentafel entnommen werden.

Beziehung zwischen Zerreißfestigkeit und Brinellhärte für schmiedbares Eisen.

Stahlsorte	$K_z = m \cdot H$ kg/mm ²	H	m
Sehr weicher Stahl	30 ÷ 40	< 120	0,36
Weicher und halbweicher Stahl	40 ÷ 45	120 ÷ 160	0,355
Halbharter Stahl	45 ÷ 65	160 ÷ 180	0,353
Harter Stahl	65 ÷ 75	180 ÷	0,349

3. Skleroskophärt.

Im Skleroskop von Shore ist ein sehr einfaches und handliches Instrument gegeben, um diese Prüfung auszuführen. Ein Stahlhämmerchen mit Diamantspitze fällt innerhalb eines Röhrchens aus immer gleicher Höhe herab; der Rücksprung wird an einer Skala im Röhrchen abgelesen.

4. Vergleich zwischen Brinell- und Skleroskophärte.

Die Brinellhärte ergibt für alle Stoffe Werte, die sich den sonstigen Festigkeitseigenschaften dieser Stoffe einordnen; jedoch läßt sich dieses Verfahren nicht ohne weiteres anwenden für die Prüfung von gehärtetem Stahl, fertigen Werkzeugen und vielen anderen fertigen Teilen. Die Prüfung erfolgt ferner nicht so bequem und schnell, daß sie an vielen Stellen derselben Oberfläche wiederholt zu werden pflegt.

Im Gegensatz dazu gibt die Skleroskophärte für manche weiche, nicht metallische Stoffe Werte, die als „Härte“ zweckmäßig nicht gelten können; außerdem ist die Skala des Skleroskopes willkürlich. Andererseits aber ist das Skleroskop für die Prüfung von Eisen und Stahl, wenigstens von gehärteten Werkzeugen und fertigen Teilen aller Art, ein vorzügliches, unentbehrliches Hilfsmittel. Die Einfachheit und Schnelligkeit, mit der die Prüfung auszuführen ist, gestattet, sie beliebig oft zu wiederholen und so die Unterschiede in der Härte an verschiedenen Stellen sicher und schnell zu ermitteln.

IV. Härte und Bearbeitbarkeit.

Der Grad der Bearbeitbarkeit eines Stoffes ist nicht allein von der Härte, sondern im erheblichen Maße auch von der Zähigkeit, Sprödigkeit und Geschmeidigkeit des Stoffes abhängig und kann ganz einwandfrei nur durch eine der späteren Bearbeitungsart entsprechende Prüfung festgestellt werden. Über die Bearbeitbarkeit durch Drehen oder Bohren z. B. kann also ganz zuverlässig nur ein Dreh- oder Bohrversuch entscheiden.

Diese Bearbeitbarkeit nennt man wohl Schneidhärte.

Es sind zwei verschiedene Arten der Prüfung der Schneidhärte möglich.

1. Versuche mit gleichbleibender Belastung.

Besonders verwendet für Bohrversuche.

Es wird mit gleichbleibendem Bohrdruck und gleicher Umlaufzahl der Bohrer gearbeitet, so daß die Lochtiefen bei den verschiedenen Stoffen in derselben Zeit verschieden groß werden. Als Maß der Bearbeitbarkeit nimmt man zweckmäßig die Lochtiefe für 100 Umdrehungen des Bohrers.

Da es unmöglich ist, immer und überall alle Umstände beim Bohren gleich zu halten, besonders Material, Härtung, Form und Schärfe der Bohrerschneide, so können diese Versuche nur Vergleichswerte liefern in bezug auf ein Normalmaterial, das bei jedem Versuch mitgebohrt werden muß.

Einfache Versuchseinrichtung für gewöhnliche Bohrmaschinen von Keßner, der als Normalmaterial Elektrolytkupfer empfiehlt.

2. Versuche bis zum Stumpfwerden der Schneiden.

Verwendet für Bohr- und Drehversuche.

Es werden ohne Rücksicht auf die Größe der Schnittkraft die Schneiden bis zum Stumpfwerden gefahren, das sich am besten im

Steigen des Vorschubdruckes anzeigt. Als Maß der Bearbeitbarkeit nimmt man entweder die Schnittzeit bei gleicher Schnittgeschwindigkeit, oder diejenige Schnittgeschwindigkeit, bei der die Schneide eine bestimmte Zeit (etwa 20 Min.) hält.

Über den Wert der Versuchszahlen gilt das unter 1 Gesagte. Beide Arten der Prüfung können bei Verwendung desselben Arbeitsmaterials umgekehrt auch dazu dienen, die Schneidhaltigkeit der Schneide für Bohrer und Drehstähle aus verschiedenem Stahl oder von verschiedener Form zu ermitteln.

V. Härte und Abnutzung.

Die Abnutzung ist meist um so kleiner, je größer die Oberflächenhärte eines Stoffes ist; am geringsten ist die Abnutzung bei Maschinenteilen, wenn die Oberfläche die hohe Härte aufweist, wie sie beim hochgekohlten Stahl durch unmittelbares Härten oder beim niedriggekohlten durch Einsatzhärten erreicht wird (s. Seite 380). Einfache umgekehrte Proportionalität zwischen Härte und Abnutzung besteht aber nicht. Es gibt Versuchseinrichtungen, mit denen man die Größe der Abnutzung im Vergleich zu einem Normalmaterial unmittelbar prüfen kann, doch haben diese Einrichtungen noch keine allgemeine Anerkennung und Einführung gefunden.

Literatur.

- Eugen Meyer: Untersuchungen über Härteprüfung und Härte. Zeitsch. d. Ver. d. Ing., 1908, S. 645.
- Martens & Heyn: Vorrichtung zur vereinfachten Prüfung der Kugeldruckhärte. Zeitschr. d. Ver. d. Ing., 1908, S. 1719.
- Ludewik: Härteprüfung. Martens & Heyn: Vorrichtung zur vereinfachten Prüfung der Kugeldruckhärte und die damit erzielten Ergebnisse. Geßner: Die Anwendung der Kegeldruckprobe zur Härtebestimmung von Eisenbahnoberbaumaterial. Mitteilungen des internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik, Wien, Heft 6, Juni 1909.
- Reichelt: Der heutige Stand der Härteprüfung. Gießereizeitung, 1910, S. 458.
- Kühnel & Schulz: Härteprüfer. Gießereizeitung, 1914, S. 1.
- Kirner: Pendelhärtemesser. Zeitschr. d. V. d. Ing., 1910, S. 1834.
- John J. Schneider: Die Kugelfallprobe. Zeitschr. d. Ver. d. Ing., 1910, S. 1631.
- Schuchardt & Schütte: Härteprüfung — Shores Skleroskop. Druckschrift C442, 1914.
- Shore: Das Skleroskop im Automobilbau. Zeitschrift f. prakt. Maschinenbau, 1910, S. 67.
- Zimmermann: Materialprüfung mit dem Skleroskop. Zeitschr. f. prakt. Maschinenbau, 1913, Sonderdruck bei Schuchardt & Schütte.
- Dr. Keßner: Der Indikator zur Bestimmung der Bearbeitungsfähigkeit. Werkst.-Techn., 1911, S. 39.
- W. Heym: Eine Prüfmaschine für Werkzeugstahl. Werkst.-Techn., 1910, S. 17.
- G. E. Herbert: Schneideeigenschaften des Werkzeugstahles. Zeitschr. f. prakt. Maschinenbau, 1910, S. 1903, 1968.
- Mitteilungen des K. Materialprüfungsamtes Lichterfelde, 1915, Heft 7/8.

Schmierölprüfung.

Herkunft und Eignung. Schmiermittel werden sowohl in flüssiger, salbenartiger wie fester Form (Öl, Fett, Graphit) verwendet.

Die flüssigen Schmiermittel scheiden sich in fette Öle (feste Fette) und in Mineralöle. Die fetten Öle können pflanzlichen oder tierischen Ursprungs sein; ihre Schmierfähigkeit ist groß, sie haben aber vielfach den Nachteil, daß sie in unvermischem Zustande mehr oder minder leicht verharzen und dann die Reibung zwischen den zu schmierenden Flächen nicht mehr genügend vermindern. Fette Öle sind ferner oft sauer und greifen dann Maschinenteile, besonders wenn sie mit Dampf in Berührung kommen (Dampfzylinder), in unzulässiger Weise an.

Im Betriebe werden daher vielfach zum Schmieren der Maschinen fast ausschließlich Mineralöle verwendet. Mineralöle haben den Vorzug, nicht zu verharzen, werden aber mit wachsender Erwärmung erheblich dünnflüssiger und büßen dann an Schmierfähigkeit ein. Aus diesem Grunde werden Mineral- und fette Öle wohl gemischt; dabei spielt auch der meist geringere Preis der Mineralöle eine Rolle.

Die Prüfung der Schmieröle ist ohne Laboratoriumshilfsmittel nicht in genügender Weise auszuführen. Sie erstreckt sich auf die physikalische, chemische und mechanisch-technische Untersuchung.

Die physikalische Prüfung untersucht in erster Linie den Flüssigkeitsgrad (Viskosität) und gibt ihn meist in Englergraden an. Der Englergrad gibt das Vielfache der Zeit an, die eine gewisse Menge Öl gegenüber der gleichen Menge Wasser von 20° C zum Ausfließen aus einem bestimmt geformten Gefäße braucht, wenn gleiche Ausflußverhältnisse gegeben sind. Wichtig ist, diese Untersuchung bei verschiedenen Temperaturen auszuführen, da neben der Höhe des Flüssigkeitsgrades bei Zimmertemperatur, besonders das Maß der Abnahme mit der Erwärmung für die Auswahl des Öles maßgebend ist. Vielfach wird angenommen, daß der Flüssigkeitsgrad die „Schmierfähigkeit“ des Öles bestimme und keine besonderen Eigenschaften des Öles zur Erklärung nötig seien.

Ferner untersucht die physikalische Prüfung den Flammpunkt, das Verhalten in der Kälte, das spezifische Gewicht, die Konsistenz, die Durchsichtigkeit und unter Umständen den Brennpunkt und die Verdampfungsmenge.

Die chemische Prüfung stellt fest: vorhandene freie Säuren, die Löslichkeit des Öles in Benzin und Benzol, das Vorhandensein von Fetten und Harzöl, sowie von Wasser, Alkalien und Salzen. Die Laugenprobe dient zur Prüfung auf naphthen-säure in Öl gelöste Salze. Unter Umständen kommen noch hinzu: die Destillationsprobe und die Bestimmung des Paraffingehaltes.

Die mechanisch-technische Prüfung wird vielfach als Ergänzung der vorhergehenden Prüfungen auf besonderen Maschinen oder Vorrichtungen vorgenommen, bei denen die Reibungsgröße des Öles unter Verhältnissen geprüft wird, die denen in gewöhnlichen Maschinen nahekommen. (Prüfmaschinen von Martens, von Wendt usw.) Neuerdings hat man auch unmittelbar in betriebsmäßigen

Bohren.

Geringer Vorschub verbunden mit hoher Schnittgeschwindigkeit ist großem Vorschub und dementsprechend langsamerem Lauf vorzuziehen. Je stärker der Span, umso mehr wird der Bohrer auf Verdrehung beansprucht und die Bruchgefahr erhöht. Bei sehr dünnen Spiralbohrern werden die in folgender Tafel angegebenen Schnittgeschwindigkeiten oft wesentlich überschritten, um Bohrerbrüchen vorzubeugen. (Siehe Seite 394.)

Schnittgeschwindigkeit und Spanquerschnitt stehen in einem bestimmten Verhältnis zu einander. Der Spanquerschnitt (Vorschub auf eine Umdrehung) hängt sehr von der Maschine und dem Material ab; die in vielen technischen Werken enthaltenen Tafeln über Vorschübe geben meist in den oberen Grenzwerten Zahlen, die sich beim werkstattmäßigen Bohren nicht erreichen lassen. Lediglich der Versuch kann im jeweiligen Falle brauchbare Werte ergeben.

Zum **Aufreiben** sind geringe Schnittgeschwindigkeiten, bei Gußeisen und Stahl 3—6 m/min., bei Messing und Bronze 10—20 m/min. und Vorschübe von 0,5—0,15 mm f. d. Umdrehung zweckmäßig.

Drehen und Hobeln.

Zum **Schruppen**: Niedere Schnittgeschwindigkeit bei großem Vorschub und langer im Winkel von 30 bis 45° zur Drehachse geneigter Schneide (siehe S. 306).

Zum **Schlichten**: Höhere Schnittgeschwindigkeit, kleiner Vorschub, breite Schneidkante gleichlaufend zur Drehachse.

(Über die Winkel der Drehstahlschneiden siehe Seite 306, 315.)

Fräsen.

Zum **Schruppen**: Niedere Schnittgeschwindigkeit bei großem Vorschub. Es ist wirtschaftlicher, eine Fläche mehrfach mit mittlerer Schnitttiefe und großem Vorschub als einmal mit kleinerem Vorschub und großer Schnitttiefe zu überfräsen.

Zum **Schlichten**: Höhere Schnittgeschwindigkeit, geringe Schnitttiefe, Vorschub um so geringer, je sauberer die bearbeitete Fläche werden soll.

Über Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe beim Fräsen siehe auch Seite 321 und 324.

Werkzeugmaschinen die Reibungswiderstände bei verschiedenen Ölen gemessen und damit den Einfluß der Öle auf den Wirkungsgrad der Maschine ermittelt.

Ausführliches hierüber befindet sich:

K. Memmler: Materialprüfungen. Band II, Sammlung Göschen, 1914.

Schlesinger & Kurrein: Schmierölprüfung für den Betrieb. Werkst.-Techn. 1916 und Berichte d. Versuchsfeldes f. Werkzeugmasch. a. d. Tech. Hochschule Berlin, Heft IV.

Deutscher Verb. f. d. Mat.-Prüf. d. Techn. Drucks. Nr. 21: Grundsätze für die Prüfung von Mineralschmierölen.

Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe.

Bei spanabnehmenden Werkzeugen stehen Schnittgeschwindigkeit und Vorschub in einem gewissen Verhältnis zueinander. Die Arbeitswärme steigt mit der Schnittgeschwindigkeit und beeinflusst so die Schneidenabnutzung. Die Vergrößerung des Spanquerschnittes bei gleichbleibender Schnittgeschwindigkeit hat eine verhältnismäßig geringe Steigerung der Arbeitswärme zur Folge. Schnellstahl gestattet eine wesentlich höhere Arbeitswärme als Werkzeugstahl (Kohlenstoffstahl).

Die Einführung des Schnellstahles hat vielfach Veranlassung zu einer übermäßigen Schnittgeschwindigkeit gegeben, die unzulässig hohe Arbeitswärme hervorruft und dadurch eine Verminderung der Leistung und schnelle Abnutzung der Werkzeuge zur Folge hat. Wenngleich Schnellstahlwerkzeuge eine wesentlich höhere Arbeitswärme bis etwa 500°C gegen 200°C bei Werkzeugstahl (Kohlenstoffstahl) gestatten, so ist es durchaus unwirtschaftlich, eine Erhitzung der Schneiden herbeizuführen. Die bei geringer Schnittgeschwindigkeit vorgenommene Zerlegung einer bestimmten Metallmenge in Späne von großem Querschnitte erfordert weniger Zeit mal Kraft als die Anwendung kleiner Spanquerschnitte und hoher Schnittgeschwindigkeit. Der Kraftverbrauch und damit auch die Beanspruchung der Maschine steigt mit der Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit. Durch ein geringes Zurückgehen der Schnittgeschwindigkeit wird in gewissen Fällen eine wesentliche Erhöhung der Lebensdauer der Schneiden bewirkt. Bei weniger kräftigen Maschinen, sowie bei ungenügend starrer Aufspannung des Arbeitstückes wird jedoch die Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Verminderung des Vorschubes für je eine Umdrehung eine Steigerung der Tagesleistung ergeben. Für die Bestimmung der günstigsten Schnittgeschwindigkeit und des bestgeeigneten Vorschubes konnte bis jetzt keine Formel gefunden werden, da zu viele Eigenschaften von Werkzeug, Maschine und Arbeitstück in Frage kommen. Man muß sich daher auf Angaben beschränken, die die gebräuchlichsten Werte enthalten.

Schnittgeschwindigkeiten

in Metern in der Minute.

	Gußeisen						Stahlguß						Temperguß												
	weich		mittel		hart		weich		mittel		hart		weich		mittel		hart								
	Werkzeugstahl		Schnellstahl		Werkzeugstahl		Schnellstahl		Werkzeugstahl		Schnellstahl		Werkzeugstahl		Schnellstahl		Werkzeugstahl								
	14	10	7	20	15	10	11	9	7	16	13	10	12	10	7	20	17	12	12	10	7	20	17	12	
Drehen { und Hobeln {	Schrappen	18	14	10	24	20	16	17	14	11	24	20	15	20	18	16	28	25	20	18	16	28	25	22	
	Schlichten	5	3,5	2	5	3,5	2	5	3,5	2	5	3,5	2	5	3,5	2	5	3,5	2	5	3,5	2	5	3,5	2
Gewindeschneiden	Ein- und Abstechen	10	7	5	20	15	10	10	7	5	20	15	10	10	7	5	20	15	10	10	7	5	20	15	10
		20	15	10	25	18	10	20	15	10	25	18	10	18	14	10	25	18	10	18	14	10	25	18	10
Bohren { mit {	Spiralbohrer	18	12	8	22	16	10	18	12	8	20	15	10	16	13	8	20	15	10	16	13	8	20	15	10
	Bohrstangen	16	10	7	20	14	8	16	10	7	20	14	8	14	10	7	20	14	8	14	10	7	20	14	8
	Kanonbohrer	6	5	3	6	5	3	6	5	3	6	5	3	6	5	3	6	5	3	6	5	3	6	5	3
Ausreiben		14	12	8	14	12	8	14	12	8	14	12	8	14	12	8	14	12	8	14	12	8	14	12	8
	Schrappen	20	15	10	20	15	10	20	15	10	20	15	10	20	15	10	20	15	10	20	15	10	20	15	10
Fräsen {	Schlichten																								

Die angegebenen Werte sind Mittelwerte und können je nach den Umständen etwas erhöht oder erniedrigt werden, um sich den vor-
handenen Bedingungen anzupassen.
Für Fräser wurde kein Unterschied gemacht zwischen Werkzeugstahl und Schnellstahl, denn die günstigste Schnittgeschwindigkeit ist für
beide Stahlsorten gleich. (Siehe Zeitschrift für praktischen Maschinenbau, Nr. 2, 1910, Seite 55, Reindl. Schnittgeschwindigkeit für Fräser.)

Schnittgeschwindigkeiten

in Metern in der Minute.

	Stahl und Eisen												Bronze und Messing														
	Festigkeit in kg												Werkzeugstahl														
	30-40			40-60			60-80			30-40			40-60			60-80			weich			mittel			hart		
	Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Schnellstahl		
Drehen und Hobeln	{ Schruppen { Schlichten	12	11	9	20	16	14	10	7	5	15	12	9	30	23	18	40	30	20	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl	Schnellstahl
		22	17	11	30	26	21	12	8	6	18	15	12	9	40	32	16	70	60	45	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl
Gewindeschneiden Ein- und Abstechen	5	3,5	2	5	3,5	2	5	4	3	5	4	3	5	4	3	10	8	7	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl	Schnellstahl
		10	8	6	20	15	10	8	6	5	16	12	8	25	20	16	30	25	20	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl	Schnellstahl
Bohren mit	{ Spiralbohrer { Bohrstangen { Kanonenbohrer	18	15	12	28	23	20	14	12	8	16	13	10	32	26	20	60	50	40	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl	Schnellstahl
		16	14	10	24	20	17	12	10	7	14	12	10	25	20	15	40	30	25	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl	Schnellstahl
Fräsen	{ Schruppen { Schlichten	14	12	8	20	18	15	10	8	6	12	10	8	25	20	15	40	30	25	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl	Schnellstahl
		20	16	12	20	16	12	16	13	8	16	13	8	40	30	15	40	30	15	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	Werkzeugstahl	Schnellstahl

Die angegebenen Werte sind Mittelwerte und können je nach den Umständen etwas erhöht oder erniedrigt werden, um sich den vor-
handenen Bedingungen anzupassen.
Für Fräser wurde kein Unterschied gemacht zwischen Werkzeugstahl und Schnellstahl, denn die günstigste Schnittgeschwindigkeit ist für
beide Stahlsorten gleich. (Siehe Zeitschrift für praktischen Maschinenbau, Nr. 2, 1910, Seite 55, Reindl, Schnittgeschwindigkeit für Fräser.)

Tafel zur Ermittlung von Umfangsgeschwindigkeiten.

Geschwindigkeit in Metern in der Minute	2	4	6	8	10	12	15	18	21	24	27	30	35	40	45	50	Geschwin- digkeit in Metern in der Minute
Durch- messer mm	Umlaufzahlen in der Minute																Durch- messer mm
2	31,8	637	955	1274	1592	1910	2388	2866	3343	3821	4298	4776	5572	6368	7164	7960	2
3	21,2	424	636	848	1060	1272	1590	1908	2226	2544	2862	3180	3710	4240	4770	5300	3
4	15,9	318	478	637	796	955	1194	1433	1672	1911	2149	2388	2830	3184	3582	3980	4
5	12,7	256	382	510	636	764	956	1148	1338	1530	1720	1912	2230	2548	2870	3180	5
6	10,6	212	318	425	531	636	797	956	1113	1272	1432	1593	1856	2124	2390	2650	6
7	9,1	182	273	364	455	546	683	819	956	1092	1230	1365	1593	1820	2050	2275	7
8	8,0	160	239	318	400	478	597	716	836	955	1075	1194	1393	1592	1791	1990	8
9	7,1	141	212	283	354	425	530	636	743	850	955	1060	1240	1415	1590	1770	9
10	63,5	128	191	255	318	382	478	574	669	765	860	956	1115	1274	1435	1590	10
11	58	116	174	231	289	347	434	520	608	695	781	868	1013	1157	1300	1445	11
12	53,1	106	159	212	265	318	398	478	556	636	716	796	928	1060	1195	1325	12
13	49	98	147	196	245	294	367	442	514	588	662	735	857	980	1100	1225	13
14	45,5	91	136,5	182	228	273	341	410	478	546	615	682	796	910	1025	1136	14
15	42,6	85	127	169	212	254	318	381	444	508	572	635	740	846	952	1058	15
16	40	80	119	159	199	239	298	358	418	478	538	597	696	796	896	995	16
18	35,5	70,5	106	142	177	212	265	318	372	425	478	530	620	708	795	885	18
20	32	64	95,5	128	159	191	239	287	335	383	430	478	558	637	716	795	20
22	29	58	87	116	145	174	217	260	304	348	390	434	506	579	650	723	22
24	27	53	80	106	133	159	199	239	277	318	358	398	464	530	598	663	24
26	24,5	49	73,5	98	123	147	184	221	257	294	331	368	428	490	550	613	26
28	23	45,5	68	91	114	137	171	205	239	273	307	341	398	455	512	568	28
30	21,5	42,5	63,5	84,5	106	127	158	191	222	254	286	318	370	423	476	529	30

32	40	60	80	100	119	149	179	209	239	269	298	348	398	448	498	32
34	37,5	56,2	75	93,7	112	140	169	197	225	253	281	328	375	422	468	34
36	35,5	53,1	70,8	88,5	106	133	159	186	214	239	265	310	354	398	442	36
38	16,8	33,5	50,3	67	83,8	100	126	151	176	201	226	293	335	377	419	38
40	15,9	31,8	47,8	63,7	79,6	95,5	119	143	167	191	215	278	318	358	398	40
45	14,2	28,3	42,5	56,6	70,8	85	106	127	149	170	191	248	283	318	354	45
50	12,7	25,5	38,2	51	63,7	76,4	95,5	115	134	153	172	223	255	287	318	50
55	11,6	23,1	34,7	46,3	58	69,4	86,8	104	122	139	156	203	231	260	289	55
60	10,6	21,2	31,8	42,5	53	63,6	79,6	95,5	111	127	143	186	212	239	265	60
65	9,80	19,6	29,4	39,4	49	58,8	73,5	88,2	103	118	132	171	196	220	245	65
70	9,10	18,2	27,3	36,4	45,5	54,6	68,2	81,8	95,5	109	123	159	182	205	227	70
75	8,5	17	25,5	34	42,5	50,9	63,7	76,4	89,1	102	115	148	170	191	212	75
80	7,95	15,9	23,9	31,8	39,8	47,7	59,7	71,6	83,5	95,5	107	139	159	179	199	80
90	7,08	14,2	21,2	28,3	35,4	42,5	53,1	63,7	74,3	85	95,6	124	142	159	177	90
100	6,37	12,7	19	25,3	31,8	38,2	47,8	57,4	66,9	76,4	86	111	127	143	159	100
110	5,79	11,6	17,4	23,3	28,9	34,7	43,4	52,1	60,8	69,4	78,2	86,8	101	116	130	110
115	5,54	11,1	16,6	22,2	27,7	33,4	41,5	49,7	58,2	66,5	75,8	83,1	97	111	125	115
120	5,31	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8	39,8	47,8	55,4	63,7	71,6	79,6	92,8	106	120	120
125	5,1	10,2	15,3	20,4	25,5	30,6	38,2	45,8	53,5	61,2	68,8	76,4	89,2	102	115	125
130	4,9	9,8	14,7	19,6	24,5	29,4	36,7	44,2	51,4	58,8	66,2	73,5	85,7	98	110	130
140	4,55	9,1	13,7	18,2	22,8	27,3	34,2	41	47,8	54,6	61,4	68,2	79,6	91	102	140
150	4,26	8,5	12,7	16,9	21,2	25,4	31,8	38,1	44,4	50,8	57,2	63,5	74	84,6	95,2	150
160	4	8	12	16	20	24	29,8	35,8	41,8	47,8	53,8	59,7	69,6	79,6	89,6	160
175	3,64	7,28	10,9	14,55	18,2	21,8	27,3	32,8	38,2	43,6	49,2	54,6	63,6	72,8	82,8	91
200	3,2	6,4	9,5	12,8	15,9	19,1	23,9	28,7	33,5	38,3	43	47,8	55,8	63,7	71,6	79,5
225	2,83	5,66	8,5	11,3	14,2	17	21,2	25,5	29,7	34	38,2	42,5	49,5	56,6	63,7	70,8
250	2,54	5,1	7,64	10,2	12,7	15,3	19,2	23	26,8	30,6	34,4	38,2	44,6	51	57,4	63,6
275	2,32	4,63	6,95	9,26	11,6	13,9	17,4	20,8	24,3	27,8	31,3	34,7	40,5	46,3	52,1	57,9
300	2,15	4,25	6,35	8,5	10,6	12,7	15,8	19,1	22,2	25,4	28,6	31,8	37,6	42,3	47,6	52,9
350	1,82	3,64	5,5	7,3	9,1	10,9	13,7	16,4	19,1	21,8	24,6	27,3	31,8	36,4	40,9	45,5
400	1,6	3,18	4,8	6,4	8	9,6	11,9	14,3	16,7	19,1	21,5	23,9	27,8	31,8	35,8	39,8
450	1,42	2,83	4,25	5,66	7,1	8,5	10,6	12,7	14,9	17	19,1	21,4	24,8	28,3	31,8	35,5
500	1,27	2,55	3,82	5,1	6,37	7,64	9,6	11,5	13,4	15,3	17,2	19,1	22,3	25,5	28,7	31,8

Wirkungsgrad von Werkzeugmaschinen

Bezeichnet N_i die von der Maschine verbrauchten und N_e die von ihr geleisteten Pferdestärken, so ist ihr Wirkungsgrad $\eta = \frac{N_e}{N_i}$. Der höchste zu erreichende Wirkungsgrad η schwankt zwischen 0,8 bis 0,95, d. h. von der in die Maschine hineingeleiteten Kraft werden 80 bis 95 v. H. in nutzbringende Arbeit umgesetzt, der Rest von 20 bis 5 v. H. geht durch Reibung verloren.

Der Kraftbedarf N_i läßt sich bei Maschinen mit elektrischem Antrieb durch Ablesen am Volt- und Amperemeter bestimmen.

$$N_i = \frac{\text{Volt} \times \text{Ampere}}{735} PS \text{ (vgl. S. 80, 82)}$$

Die Leistung $N_e = \frac{P \cdot v}{75 \cdot 60}$. P ist der Schnittdruck in kg; Angaben hierüber befinden sich S. 285, 305, 325; v ist die Schnittgeschwindigkeit in m i. d. Minute; Angaben hierüber s. S. 395.

Beispiel: Ein Drehstuhl nimmt von einem Werkstück aus weichem Stahl einen Span vom Querschnitt $f = 15 \text{ mm}^2$ bei einer Schnittgeschwindigkeit $v = 10 \text{ m/min.}$ und einem Kraftbedarf $N_i = 6 PS$. Wie groß ist der Wirkungsgrad η der Drehbank?

Schnittdruck $P = a_1 \cdot f \text{ (S. 305)} = 150 \cdot 15 \text{ kg} = 2250 \text{ kg.}$

$$N_e = \frac{2250 \cdot 10}{75 \cdot 60} PS = 5,5 PS; \eta = \frac{N_e}{N_i} = \frac{5,5}{6} = 0,9.$$

Einätzen von Schriften in Metall.

Die mit Schrift zu versehende Fläche ist mit Benzin oder Terpentin von etwa anhaftendem Fette zu reinigen. Je glatter und blanker die Fläche ist, desto besser fällt die Ätzung aus.

Die gereinigte Fläche wird mit einem Ätzgrunde überdeckt, der aus feinstem Asphalt und gelbem Bienenwachs besteht. Diese werden in etwa gleichen Teilen zusammengeschmolzen unter Zusatz von Terpentin, bis die Masse in kaltem Zustande streichfähig ist (Vorsicht, da sehr feuergefährlich). Neigt der Ätzgrund zum Abspringen, so enthält er zuviel Asphalt, bleibt er zu weich, so ist zuviel Wachs zugesetzt. Die Erhärtung des aufgetragenen Ätzgrundes kann durch kaltes Wasser (Eintauchen oder Übergießen) beschleunigt werden. Wird von dem Zusatz von Terpentinöl Abstand genommen, so erstarrt die Masse beim Erkalten und muß zum Gebrauch mit etwas Terpentin oder Benzin zur Lösung gebracht werden. Das Auftragen muß mit einem Pinsel sehr gleichmäßig erfolgen.

In den Ätzgrund wird mit Hilfe einer nicht zu spitzen Reißnadel die Schrift so eingeritzt, daß das blanke Metall sichtbar ist. Schattenstriche werden durch mehrmaliges Nachfahren erzielt. Sehr gut eignen sich für die Beschriftung auch die nach Schablonen mit Hilfe eines Pantographen arbeitenden Graviermaschinen, in die an Stelle des Fräasers ein Stahlstift eingesetzt wird.

Um ein Abfließen der Ätzflüssigkeit zu verhindern, wird die zu behandelnde Fläche mit einem Rande aus Wachs oder Plastilin umgeben.

Als Ätzflüssigkeit sind zu empfehlen:

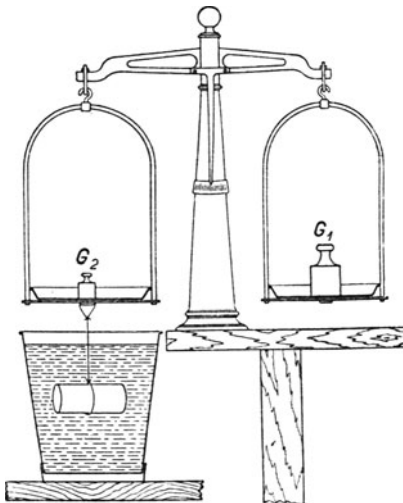
Salpetersäure rein oder mit geringem Wasserzusatz oder
Quecksilbersublimat mit Wasser in einer Flasche angesetzt.

Es kann so lange Wasser nachgefüllt werden, als ungelöstes Sublimat am Boden der Flasche ist.

Das Aufbringen der Ätzflüssigkeit geschieht vorteilhaft mit einem Tropfglas. Die nötige Wirkungsdauer hängt von der Härte des Metalles und der Art und Verdünnung der angewendeten Flüssigkeit ab. Sublimat z. B. ätzt weichen Stahl genügend tief in etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde, harten Stahl in etwa der doppelten Zeit. Salpetersäure beansprucht ungefähr die halbe Zeit. Der Grad der Einwirkung kann an der Menge der losgelösten Metallteilchen beurteilt werden. Während des Ätzens sich bildende Gasblasen sind durch einen weichen Gegenstand (Federfahne) zu entfernen, wobei eine Verletzung des Ätzgrundes zu vermeiden ist.

Nach Beendigung der Ätzung wird der Ätzgrund mit Terpentinöl abgewaschen.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Metallen.



Der Probekörper wird zuerst freihängend gewogen — Gewicht = G_1 —, dann in Wasser getaucht und die Waage, die infolge des Auftriebes, den der Probekörper erleidet, ausschlägt, durch Auflegen eines Gewichtes G_2 wieder zum Einspielen gebracht. Das spezifische Gewicht = $G_1 : G_2$.

Das Probestück darf beliebige Form haben, aber nicht zu klein sein, damit das Gewicht des Aufhängemittels (Roßhaar, Faden, Blumendraht) vernachlässigt werden kann. Sich ansetzende Wasserblasen sind zu entfernen.

Beispiel:

Ein Stück Schnellstahl wiegt $G_1 = 456$ g
Ausgleichsgewicht $G_2 = 55$ g
das spezifische Gewicht = $456 : 55 = 8,3$

Kraftbedarf für Werkzeugmaschinen.

Die angegebenen Werte entsprechen bei Einzelantrieb der Motorgröße, bei Gruppenantrieb ist für die Motorgröße 0,6—0,7 des gesamten Kraftbedarfs der zu einer Gruppe vereinigten Maschinen in Anschlag zu bringen.

Stangenreibhämmer.									
Bärgewicht kg	125	200	300	400	500	750			
Kraftbedarf rund PS.	2	2,5	3	3,5	4	5			
Blechrichtmaschinen.									
Blehdicke mm	6	10	15	20	25	30	35	40	
Blecbreite mm	1200	1300	1500	1800	2200	2600	3000	3500	
Rollendurchmesser . . . mm	120	200	250	300	330	350	370	400	
Kraftbedarf rund PS.	6	8	12	20	30	55	90	130	
Wagerechte Blechbiegemaschinen.									
Blehdicke mm	12	15	20	25	30				
Kraftbedarf rund PS. für eine Blecbreite mm	3000	10	12	18	27	40			
	6000	—	30	40	55	75			
Lochmaschinen und Scheren.									
Blehdicke mm	8	10	15	20	25	30	40		
Lochdurchmesser mm	16	20	22	26	30	35	40		
Kraftbedarf rund PS.	2	3	5	8	12	18	25		
Kreisscheren.									
Blehdicke mm	2		4		7				
Ausladung mm	300		500		700				
Kraftbedarf rund PS.	1,5		2,5		3,5				
Tisch-Hobelmaschinen.									
(Wenn Hobellänge mehr als 2 ¹ / ₂ mal Hobelbreite, und wenn mehr als 2 Werkzeuge, dann ist der Kraftbedarf um 30 bis 50 v. H. höher als hier angegeben.)									
Hobelbreite und Höhe . . mm	600	800	1000	1250	1500	2000	2500	3000	4000
Kraftbedarf rund PS.	3	5	6,5	8	10	15	20	25	30 bis 35
Blechkanten-Hobelmaschinen.									
Hobellänge mm	4000	5000	7000 bis 10000						
Spannhöhe mm	100	120	140	160	200				
Kraftbedarf rund PS.	7	8	10	15	20				

Kraftbedarf für Werkzeugmaschinen.

Senkrecht-Stoßmaschinen.													
Hub mm	175	200	250	300	350								
Ausladung mm	350	450	550	600	700								
Kraftbedarf mit Kulisse rund PS.	1,5	2	2,5	3	3								
Kraftbedarf mit Schraubenspindel rund PS.	—	—	—	—	—								
Hub mm	400	500	600	700	800								
Ausladung mm	800	900	1000	1150	1300								
Kraftbedarf mit Kulisse rund PS.	3,5	4	5	7	8								
Kraftbedarf mit Schraubenspindel rund PS.	4	5	6	9	10								
Schnellhobler.													
Hub mm	200	300	400	500	600	800							
Kraftbedarf rund PS.	1,5	2	3	4,5	6	7,5							
Spitzendrehbänke.													
Spitzenhöhe mm	150	170	200	250	300	350							
Kraftbedarf rund PS. für	leichte	0,6	0,8	1,5	2,5	3,5	5						
	mittlere	1	1,5	2,5	3 bis 4	4 bis 7	5 bis 10						
	schwere	2 bis 5	2 bis 5	3 bis 6	4 bis 7	6 bis 12	7 bis 15						
Spitzenhöhe mm	400	500	600	750	1000	1500							
Kraftbedarf rund PS. für	leichte	6	7	7	8	10	10						
	mittlere	6 bis 12	8 bis 15	8 bis 15	8 bis 15	10 bis 18	12 bis 20						
	schwere	8 bis 15	10 bis 20	12 bis 20	12 bis 20	12 bis 25	12 bis 25						
Revolverdrehbänke und Einspindelautomaten.													
Materialdurchlaß mm	10	15	20	25	30	40	50	70	85	100	120	150	
Kraftbedarf rund PS. für	leichte	0,75	1	1,5	1,5	2	2,5	3	4	—	—	—	—
	schwere	—	—	2,5	3	4	5	6	7	7	8	10	12
Vierspindelautomaten.													
Materialdurchlaß mm	7	14	20	25	35	42	57						
Kraftbedarf rund PS.	1	2	2,5	3	4	5	6						
Plandrehbänke.													
Drehdurchmesser mm	1000	1250	1500	1750	2000	2500							
Kraftbedarf rund PS.	2	2,5	3	3,5	4	5							
Drehdurchmesser mm	3000	4000	5000	6000	8000	10000							
Kraftbedarf rund PS.	6	8	10	12	18	25 bis 30							

Kraftbedarf für Werkzeugmaschinen.

Walzendrehbänke.								
Walzendurchmesser . . . mm	400	500	600	800	1000	1200	1500	
Walzenlänge mm	2500	3000	3500	4000	5000	5500	6000	
Kraftbedarf rund PS.	5	6	7	8	12	15	16 bis 20	
Radsatzdrehbänke.								
Größter Raddurchmesser mm	1000		1500		2000		2500	
Kraftbedarf rund PS.	12		15		18		20 bis 25	
Senkrecht-Dreh- und Bohrwerke.								
Drehdurchmesser mm	750	1000	1250	1500	2000	2500	3000	4000
Kraftbedarf rund PS.	5	8	12	15	18	20	25	25
Bohrmaschinen.								
Mehrspindlige Maschinen haben einen der Spindelzahl entsprechenden größeren Kraftverbrauch.								
Für Bohrer bis mm	20	30	40	50	75	100	120	
Kraftbedarf rund PS. für	gewöhnliche . . .	1 bis 1,5	1,5 bis 3	2 bis 4	3 bis 5	4 bis 8	5 bis 10	6 bis 12
	Hochleistung . . .	—	—	—	10	15	20	25
Radial-Bohrmaschinen.								
Für Bohrer bis mm	60	75	90	100	125			
Kraftbedarf rund PS.	2 bis 5	4 bis 8	6 bis 10	7 bis 12	10 bis 15			
Zylinder-Bohrmaschinen.								
Bohrstangendurchmesser . mm	150	200	250	300	350	400	450	500
Kraftbedarf rund PS.	5	6	7	8	10	12	16	20
Wagerecht-Bohr- und Fräsmaschinen.								
Bohrspindeldurchmesser . mm	80	100	120	150	200	250		
Kraftbedarf rund PS.	6	7 bis 10	8 bis 12	10 bis 15	15 bis 20	20 bis 25		
Einfache und Universal-Fräsmaschinen.								
Tischfläche mm	450×145		600×200		700×225		900×250	
Kraftbedarf rund PS. für	leichte	0,75	1 bis 1,5	1,5 bis 2	2 bis 2,5			
	schwere	—	—	4 bis 7	5 bis 10			
Tischfläche mm	1045×265		1200×285		1500×350		1700×400	
Kraftbedarf rund PS. für	leichte	2 bis 3	2 bis 3	3 bis 5	5 bis 7			
	schwere	6 bis 12	6 bis 15	6 bis 15	8 bis 20			

Kraftbedarf für Werkzeugmaschinen.

Räderfräsmaschinen.										
Bis Modul	1	2,5	4	6	9	14	20	25	30	
Kraftbedarf rund PS. für	leichte . . .	0,75	1	1,5	2,5	3	4	6	10	15
	schwere . . .	—	—	—	—	—	bis 8	bis 10	bis 15	bis 20
Senkrecht-Fräsmaschinen.										
Ausladung mm	150	200	350	500	800	1000				
Tischgröße mm	500×125	750×200	1000×300	—	—	—				
Durchmesser des Rundtisches mm	—	—	450	650	1000	1500				
Kraftbedarf . . . rund PS.	1	2	3	4 bis 7	6 bis 10	8 bis 15				
Kalt-Kreissägen.										
Sägeblattdurchmesser . . mm	500	600	900	1200	1500					
Kraftbedarf . . . rund PS.	5	6	9	12	16					
Pendel- und Heißeisensägen.										
Sägeblattdurchmesser . . mm	600		1000		1500					
Kraftbedarf . . . rund PS.	15 bis 26		40 bis 45		60 bis 70					
Rundschleifmaschinen.										
Scheibendurchmesser . . mm	250	300	500	600						
Kraftbedarf . . . rund PS.	5 bis 8	6 bis 10	10 bis 15	15 bis 25						
Werkzeugschleifmaschinen.										
Kraftbedarf rund PS. für	Spiralbohrer- u. Universalwerkzeugschleifmaschinen							0,5 bis 2		
	Naßschleifmaschinen für Drehstähle							1,5 bis 2,5		
Flächenschleifmaschinen.										
Scheibendurchmesser . . mm	Mit Flachscheibe			Mit Topfscheibe						
	175	200	250	200	400					
Kraftbedarf . . . rund PS.	2	3	4	5	20					
Schleifscheiben.										
Scheibendurchm. u. Breite mm	150×12	250×25	350×35	500×50	600×75					
Kraftbedarf für je 1 Schleifscheibe rund PS.	0,5 bis 1	2 bis 3	3 bis 5	6 bis 8	10 bis 12					
Schwabbelscheiben.										
Scheibendurchmesser	150	250	300	350	400					
Kraftbedarf für je 1 Scheibe . . . rund PS.	0,5	1 bis 2	2 bis 3	3 bis 5	5 bis 7					

Deutsche Reichsmünzen.

Metall	Wert- bezeichnung	Durchmesser mm	Gewicht g	Bestandteile
Gold	20 <i>M</i>	22½	7,96495	} 900 Teile Gold 100 " Kupfer
	10 "	19½	3,98248	
Silber	5 <i>M</i>	38	27,77778	} 900 Teile Silber 100 " Kupfer
	3 "	33	16,66667	
	2 " *	28	11,11111	
	1 "	24	5,55556	
	½ "	20	2,77778	
Nickel **	25 Pfg.	23	4,0000	} Reinnickel 25 Teile Nickel 75 " Kupfer
	10 "	21	4,0000	
	5 "	18	2,5000	
Kupfer	2 Pfg.	20	3,3333	} 95 Teile Kupfer 4 " Zinn 1 Teil Zink
	1 "	17,5	2,0000	
Eisen	10 Pfg.	21,3	3,6000	} Siemens - Martin- Flußstahl (sherardisiert)
	5 "	18	2,5200	
Aluminium	1 Pfg.	16	0,8	Aluminium

Österr.-ungarische Münzen.

Metall	Wert- bezeichnung	Durchmesser mm	Gewicht g	Bestandteile
Gold	100 K	37,00	33,875	} 900 Teile Gold 100 " Kupfer
	20 "	21,00	6,775	
	10 "	19,00	3,388	
Silber	5 K	36,00	24,00	} 900 Teile Silber 100 " Kupfer 835 " Silber 165 " Kupfer
	2 "	27,00	10,00	
	1 "	23,00	5,00	
Nickel **	20 h	21,00	4,00	} Reinnickel
	10 "	19,00	3,00	
Kupfer	2 h	19,00	3,30	} 95 Teile Kupfer 4 " Zinn 1 Teil Zink
	1 "	17,00	1,66	
Eisen	20 h	21,00	3,333	} Siemens - Martin- Flußstahl (sherardisiert)
	10 "	in Vorbereitung		
	2 "	17	2,77778	

* Ab 1. 1. 18 außer Kurs.

** Die deutschen Nickelmünzen mit Ausnahme der 25-Pfg.-Stücke sind wegen ihres geringen Nickelgehaltes im Gegensatz zu den österr. Reinnickelmünzen unmagnetisch.
Münzzeichen der deutschen Münzstätten: Berlin (A), München (B), Muldenhütte bei Freiberg in Sachsen (E), Stuttgart (F), Karlsruhe (G), Hamburg (I).

Deutsche Goldmünzen sollen aus dem Verkehr gezogen werden, sobald ihr Gewicht 7,9251 g bzw. 3,9626 g unterschreitet.

Alphabete.

Deutsch.		
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z		
Russisch.	Griechisch.	Morse.
A a a a	Α α a Alpha	a ---
Б б b bje	Β β b Beta	ä -----
В в w wje	Γ γ g Gamma	b -----
Г г g (auch h) gje	Δ δ d Delta	c -----
Д д d dje	Ε ε (kurz) e Epsilon	d ---
Е е je je	Ζ ζ ds(z) Zeta	e -
Ж ж sch Schiwete	Η η (lang) e Éta	f -----
З з (weich) s sje	Θ θ th Theta	g -----
И и i i	Ι ι i Iota	h -----
Й й i i	Κ κ k Kappa	ch -----
I i i i	Λ λ l Lambda	i -
К к k ka	Μ μ m Mü	j -----
Л л l el	Ν ν n Nü	k -----
М м m em	Ξ ξ ks (x) Ksi	l -----
Н н n en	Ο ο (kurz) o Omikron	m ---
О о o o	Π π p Pi	n -
П п p pje	Ρ ρ r Rho	o -----
Р р r er	Σ σ ς s Sigma	ö -----
С с (scharf) ss ess	Τ τ t Tau	p -----
Т т t tje	Υ υ ü Ypsilon	q -----
У у u u	Φ φ f(ph) Phi	r ---
Ф ф f ef	Χ χ ch Chi	s ---
Х х ch cha	Ψ ψ ps Psi	t -
Ц ц z ze	Ω ω (lang) o Omega	u ---
Ч ч tsch tsche		ü -----
Ш ш sch scha		v -----
Щ щ schtsch schtscha		w -----
Ъ ъ stumm jerr (hartes Zeichen)		x -----
Ы ы (kurz) ü jerrüj		y -----
Ь ь stumm jerj (weiches Zeichen)		z -----
Ѣ ѣ jä jatj		1 -----
Э э e e		2 -----
Ю ю ju ju		3 -----
Я я ja ja		4 -----
Ө ө f fita		5 -----
V v i ishiza		6 -----
		7 -----
		8 -----
		9 -----
		0 -----
	
		; -----
		: -----
		? -----
		! -----

Erste Hilfe bei Unfällen.

Behandlung von Verunglückten und Kranken Seite			
Behandlung von Verunglückten und Kranken Seite		408	
Vorbereitung zur Wundbehandlung		409	
Gefahren der Verunreinigung von Wunden "		409	
Verbandstoffe, anzuwendende und verbotene "		409	
Blutstillung "		410	
Künstliche Atmung "		415	
Unfallart	Behandlung	Seite	
Blutende Wunden	Nicht abwaschen; nur leicht entfernbare Fremdkörper beseitigen; dann trockenen Verband anlegen: erst Mull, dann Watte; nie Watte auf Wunde; Abschnürung zwecks Blutstillung, allernächstens 1 1/2 Stunden, sonst Brandgefahr; erst Mull auf Wunde, hierüber Heftpflaster, nie letzteres unmittelbar.	409	
Stichwunden	Nasser, kühlender, reichlich gr. Umschlag.	409	
Insektenstich	Salmiakgeist, nasser Umschlag.	412	
Tierbisse	Nasser Umschlag, Abschnürung, viel Alkohol trinken.	412	
Brennende Personen	Boden wälzen, zudeck., Wasser begießen; klebende Kleider nicht abreißen.	411	
Brandwunden	Bestreuen mit Mehl, doppeltkohlen-saurem Natron, Leinöl-Umschläge; Bardella-Brandbinde; Blasen nicht aufstechen.	411	
Säurewunden	Abwaschen, Umschläge benetzt mit Kalkwasser, Seifenwasser, Soda- oder doppeltkohlen-saurer Natronlösung.	412	
Augenverletzung	Durch Splitter: Fremdkörper mit reinem Tuchzipfel entfernen, Eisensplitter durch Elektromagnet. Durch Säure, Lauge, Kalk: Reichliche Auswaschung, sodann Olivenöl; Umschläge aus Verbandstoff, der in Augenwasser getaucht.	415	
Knochenbrüche	Bein und Arm	Etwaige Wunden verbinden; Schienenverband.	413
	Schlüsselbein	Arm in Tragetuch.	413
	Rippen	In Sitzlage befördern.	413
	Schädel, Becken, Wirbelsäule	Weich legen, sorgfältig wegschaffen.	413
Hervorgetretene Eingeweide	Nicht anfassen, mit reinem Tuch bedecken.	—	
Quetschungen	Kalte Umschläge; vorsichtig auf Seite bringen; befördern nach ärztlicher Anordnung; Erschütterung lebensgefährlich.	414	

Erste Hilfe bei Unfällen.

Unfallart		Behandlung	Seite
Verstauchung und Verrenkung		Kalte Umschläge; keine Gehversuche; obere Gliedmaßen in Tragetuch; Fußverletzung erfordert Tragbahre.	414
Vergiftungen durch	Gas	Frische Luft, künstl. Atmung, Sauerst. einatmen; Milch od. Sauerbrunnen trinken; kühles, kein warmes Bad; wach halten.	416
	Säure	Sodalösung, doppeltkohlens. Natron, Seifenwasser, Milch, Schleimsuppen, Kaffee; Erbrechen hervorrufen; künstliche Atmung; wach halten.	416
	Lauge	Zitronensaft, verdünnter Essig, Milch, Schleimsuppen; wach halten.	416
	Zyankali	Magenspülung mit 0,1 v. H. Kaliumpermanganatlösung; Erbrechen herbeiführen; künstliche Atmung, Sauerstoff; wach halten.	417
	Pilze	Magenspülung; Erbrechen hervorrufen; Rizinusöl.	417
Fischgräten im Hals		Zitronensaft; verdünnter Essig; Brot gut kauen und schlucken.	417
Ohnmacht		Wenn Gesicht blaß: Kopf tief legen; " rot: " hoch " kalte Umschläge; kalt Wasser über Gesicht u. Brust; riechen an Salmiakgeist, Kölnisch Wasser; künstliche Atmung.	417
Koll. Herzschwäche		Heißer Kaffee, Wein.	417
Unfälle durch elektrischen Strom		Schleunigst Strom abstellen und Arzt holen. Wenn sofortige Stromabstellung nicht durchführbar, mit Nichtleiter (trockenem Holz u. dgl.) den Verunglückten vom Strombereich entfernen. Bei Betäubung künstliche Atmung.	418
Hitzschlag		Entkleiden; kalt Wasser übergießen; künstliche Atmung.	418
Erfrieren		Kalte Abreibg., nicht an Wärme bringen.	418
Krämpfe		Wagerecht lagern.	418
Innere Blutung		Lungenbluten, Bluthusten: wagerechte Lage; Eisbeutel auf Brust; 1/2 Teelöffel Kochsalz auf 1 Glas Wasser. Magenbluten, Bluterbrechen: wagerechte Lage; kalte Umschläge und Eisbeutel auf Magen; Schlucken von Eisstückchen. Darmbluten: kalte Umschläge auf Unterleib; Tannintabletten oder -pulver.	418

Allgemeine Anweisungen für die Behandlung von Verunglückten und Kranken.

Der Nothelfer darf sich nie mit ärztlicher Behandlung befassen.

Bei **ernsten Unfällen** sofort Arzt oder Krankenhaus telephonisch, telegraphisch oder durch Boten benachrichtigen; dabei genaue Mitteilung (dem Boten schriftlich) abgeben, damit der Arzt die richtigen Instrumente mitnehmen und die erforderlichen Vorkehrungen treffen kann.

In der Zwischenzeit sind alle Schädlichkeiten von dem Verunglückten, der zweckmäßig zu lagern ist, fernzuhalten. Ein Trunk kühlen Wassers ist Verunglückten angenehm. Bei durchbohrenden Magen-, Eingeweide- und Halsverletzungen sind weder Speisen noch Getränke zu verabfolgen, Alkohol niemals. Starke Blutung ist zweckmäßig zu stillen (siehe Blutstillung), drohende Erstickung zu beseitigen, Notverband ist anzulegen oder gebrochene Glieder sind für die Beförderung zu stützen. Neugierige sind fernzuhalten, laute Unterhaltung zu vermeiden, und dem Verunglückten ist Mut und Trost zuzusprechen.

Verunglückte lege man behutsam auf eine bequeme Unterlage, wobei Kopf und Brust etwas erhöht sein sollen, damit die Atmung ungehindert ist. Beengende Kleidungsstücke (Kragen, Halsbinden, Hosenträger usw.) sind zu lockern bzw. zu entfernen.

Der verletzte Teil wird erhöht gelagert, ein verletzter Arm auf den Körper des Kranken gelegt, der ihn, wenn möglich, mit dem gesunden Arm festhält. Rückenverletzungen erfordern Seitenlage. Die Lage ist durch Kissen, gerollte Kleidungsstücke oder Decken zu sichern. Wenn Brustwunden oder Rippenbrüche vorhanden, die Atembeschwerden verursachen, so lagere man den Verunglückten in halb sitzender Stellung; diese erleichtert das Atmen.

Bei starkem Blutverlust und tiefer Bewußtlosigkeit mehr wagemrecht lagern, damit Blutzufuß zum Gehirn erleichtert wird.

Der Nothelfer unterrichte sich sofort über die Entstehungsursache einer Verletzung, denn diese ist wichtig für ärztliche und gerichtliche Beurteilung!!

Bei Verletzung größerer Körperhöhlen, aus denen innere Körperteile ausgetreten sind, ist der Verunglückte, unter Abhaltung aller Schädlichkeiten, ruhig zu lagern, bis der Arzt kommt, da unsachgemäße Beförderung lebensgefährliche Folgen herbeiführt!

Aus der Wunde ausgetretene **Eingeweide** lasse man unberührt und bedecke sie mit einem reinen Tuch.

Die größten Gefahren, die eine Verletzung mit sich bringen kann, sind: Unterbrechung der Nerventätigkeit, Blutverlust und Infektion. Die Infektion (Blutverunreinigung oder -vergiftung) wird durch mikroskopisch kleine Bakterien, die überall vorkommen und vom verletzenden Gegenstände, von den Fingern, Kleidern oder Verbandstoffen in die Wunde gelangen, verursacht.

Äußere Wunden.

Die Wundenbehandlung erfordert peinlichste Sauberkeit.

Der Nothelfer ziehe seinen Rock aus, streife die Hemdärmel bis über die Ellbogen hoch und wasche mit heißem Seifenwasser Hände (besonders unter den Fingernägeln) und Unterarme so gründlich wie möglich. Nicht abtrocknen an undesinfiziertem Handtuche. Keinen andern Gegenstand berühren, bis die Hilfeleistung beendet.

Der Nothelfer wasche oder spüle keine Wunden ab. Abgesehen von etwaiger Verunreinigung können Blutgerinnsel losgerissen werden, die ein Blutgefäß verschließen. Nur leicht entfernbare, grobe Schmutzteile von Erde, Holz, Glas und dgl. dürfen vorsichtig aus der Wunde entfernt werden. Im übrigen bleibt sie unberührt und wird nur durch Verbandstoffe vor weiterer Verunreinigung geschützt. Luftzutritt zur Wunde ist an sich nicht schädlich.

Vorbereitung zum Verbandanlegen, Entkleiden. — Der Verletzte soll sitzen oder liegen, um ohnmächtig werden und umfallen zu verhüten.

Die verletzte Körperstelle ist von den Kleidern zu befreien (hierbei sorgsam vorgehen!) und das verletzte Glied sorgfältig zu unterstützen. Erst gesunde Seite entkleiden, dann die verletzte; beim Anziehen kommt die verletzte Seite zuerst.

Beim Schuh- oder Stiefelausziehen halte ein Mann den Unterschenkel, ein anderer ziehe sachte den Stiefel aus; wenn nötig, den Stiefel an der Naht auftrennen.

Verbandstoffe:

Antiseptische Verbandstoffe, d. h. solche, die mit fäulniswidrigen Mitteln durchtränkt und dann getrocknet sind, werden **rot gefärbt**.

Keimfreie (aseptische) Verbandstoffe sind **weiß**.

Graue Watte darf nur zum Auspolstern von Schienenverbänden gebraucht werden.

Verbandtuch ist weniger geeignet zu Wundverbänden als zum Armtragetuch. Zur Not kann als Armtragetuch ein Halstuch oder der hochgeschlagene Rockschoß Verwendung finden.



Verbotene Verbandstoffe:

Schwämme, Spinngewebe, Zunder,
Eisenchloridwatte, Blutstillmittel.

Auf die Wunde zuerst keimfreie Verbandstoffe (Verbandmull) legen. Die Verbandstoffe sind nur mit gut ausgekochter, abgeseifter oder ausgeglühter Pincette anzufassen und mit ebenso gereinigter Schere zu zerschneiden.

Ist kein Verbandstoff zur Hand, so verwende man als Behelf reine Wäschestücke, falte sie auseinander, damit die innere, von

den Händen unberührte Seite auf die Wunde komme. Alte Leinwand ist nicht zu verwenden. Es ist zu empfehlen, Behelfsverbandstoffe mit heißem Bügeleisen zu plätten, denn hierdurch werden etwa anhaftende Krankheitskeime vernichtet. Besser ist halbstündiges Kochen in reinem Wasser, dem ein wenig Soda oder Kochsalz zugesetzt ist, und nachträgliches Trocknen.

Verbandmull soll die Wunde um Handbreite überragen.

Auf den Verbandmull kommt die weiße Verbandwatte, nie auf die Wunde selbst, weil die Wattefasern schwer aus der Wunde zu entfernen sind.

Binden müssen gut anliegen, ohne Faltenbildung. Das Umwickeln mit einer Binde geschieht wie das Anlegen einer Wadenbinde, man beginnt außen und wickelt nach dem Rumpf hin zu. Bindenende mit Sicherheitsnadeln befestigen oder mit Bändern. Obacht geben, daß der Kranke nicht auf die Nadel oder den Knoten zu liegen kommt.

Kleine Wunden, Heftpflaster. — Nie Heftpflaster unmittelbar auf die Wunde kleben, sondern stets die Wunde mit keimfreiem Verbandmull bedecken und dann darüber das Heftpflaster.

Trockener oder nasser Verband. — Die meisten frischen Wunden werden trocken verbunden. Insektenstiche, Stichverletzungen mit Nadeln, Pfiemen, Stahlfedern, Nägeln usw. werden naß verbunden, wenn der Körperteil schmerzt oder angeschwollen ist.

Nasse Verbände bestehen aus Umschlägen von reinen Tüchern oder reinem Verbandmull, die zu fingerdicken Lagen hergestellt sind, in die man Watte einschlagen kann. Man macht zwei Umschläge zurecht, tränkt den einen in kaltem Wasser, drückt ihn leicht auf, läßt ihn auf der Wunde bis er leicht angewärmt ist, um sodann den anderen aufzulegen. Das Wasser muß kühl sein und ist oft zu erneuern. Man verwende immer einen reichlich großen Umschlag, damit er auch die umliegenden Teile gut kühle.

Blutstillung.

Blutende Gliedmaßen sind möglichst hochzuhalten, auch während der Beförderung. Bei Fußverletzungen soll man den Verunglückten auf den Rücken legen und ihm das Bein hochhalten.

Eine blutende Wunde kann gestillt werden durch starkes Andrücken von Hand oder durch Aufbinden eines mit Mull umwickelten Watteballens. Starke Schlagaderblutungen werden gehemmt, indem man die zuführende Schlagader zwischen der verletzten Stelle und dem Herzen zudrückt.

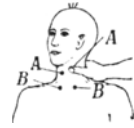
Blutstillung durch Fingerdruck. Druckstellen:



- A = Stelle für die Hals-Schlagader,
- B = " " " Schlüsselbein-Schlagader,
- C = " " " Oberarm-Schlagader in der Achselhöhle,
- D = " " " Oberarm-Schlagader in der großen Oberarmmuskelfurche,
- E = " " " Oberschenkel-Schlagader.

Bei Blutungen im Bereiche des Gesichtes und Kopfes wird auf die Hals-Schlagader gedrückt (in der fühlbaren Furche der Halsmitte neben Kehlkopf).

Ist die Blutung am Oberarm, so wird sie gestillt durch Druck auf die Schlüsselbein-Schlagader (dicht oberhalb der obersten Rippe).



Zudrücken der Hals-Schlagader



Zudrücken der Oberarm-Schlagader.

Abwärts vom Oberarm wird Blutung gestillt durch Pressung der Oberarm-Schlagader gegen Oberarmknochen. Die Lage der Schlagader entspricht der inneren Rockärmelnaht.

Die **Oberschenkel-Schlagader** liegt oben in der Mitte der Vorderfläche, dicht unter der Schenkelbeuge; sie wird gegen den Schenkelknochen gedrückt, um Blutungen am Bein zu hemmen.



Zudrücken der Oberschenkel-Schlagader

Da der Fingerdruck für den Helfer wie für den Kranken nur kurze Zeit erträglich ist, so verwende man so bald als möglich einen Gummischlauch (etwa 1 cm lichte Weite), Gummigurt oder elastischen Hosenträger, den man mehrfach um das Glied herumwickelt, dabei aber achte, daß keine freien Hautfalten zwischen den einzelnen Umkreisungen seien.

Die **Abschnürung** darf höchstens 1½ Stunden liegen.

Ist keine elastische Binde zu haben, so verwende man einen naßgemachten Baumwoll- oder Leinwandstoff. Eine Kartoffel, ein genügend großer Kiesel oder dgl. können durch Umwinden mit der Binde auf der Stelle, an der die Schlagader verläuft, befestigt werden, oder man steckt einen Knüppel (z. B. ein Stück Spazierstock, Besenstiel oder dgl.) unter die Binde, dreht sie zusammen (knebeln) und schiebt das eine Knebelende unter die Binde oder binde es fest, um Aufdrehen zu verhüten.



Knie geschnürt, um Blutungen am Unterschenkel zu verhindern.

Brenn- und Ätzwunden.

Brennende Personen werfe man zu Boden, bedecke sie mit einer Decke, Tuch, Rock oder was zur Hand ist, wälze oder rolle sie und begieße sie reichlich mit Wasser. Nicht festgeklebte Kleider entferne man vorsichtig durch Aufschneiden mit der Schere (festgeklebte Kleider dürfen nicht entfernt werden).

Die **Brandwunden** sind mit einem Leinölverband oder mit einer Bardella-Brandbinde zu bedecken. Kleine Blasen oder gerötete Stellen werden mit Mehl, doppeltkohlensaurem Natron oder Wundpulver bestreut oder mit reinem Fett bestrichen; darüber legt man einen keimfreien Verband.

Brandblasen dürfen nicht aufgestochen werden.

Bei großen Verbrennungen gebe man Anregungsmittel, wie Kaffee, Tee, Alkohol, Hoffmannstropfen oder warme Getränke.

Verbrennung (oder Ätzung) durch Säure. — Man spüle die Säure ab mit warmem Wasser. Umschläge mit in Kalkwasser getauchten Verbänden tun gute Dienste. Ist kein Kalkwasser vorhanden, so löse man 1 Teelöffel voll Soda oder doppeltkohlensaures Natron in $\frac{1}{2}$ Liter Wasser auf, oder man verwende Seifenwasser.

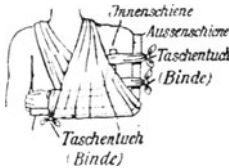
Insektenstiche und Tierbisse.

Um die Giftverbreitung im Körper zu verhindern, schnürt man das Glied mit einem Tuche, Hosenträger, Schlauch oder Bindfaden fest ab. Länger als $1\frac{1}{2}$ Stunden darf keine Umschnürung liegen bleiben; sie wird gelöst, wenn nach 30 Minuten keine allgemeine Vergiftungserscheinung, Bewußtlosigkeit, Herzschwäche eingetreten ist. Bei Unempfindlichkeit der Bißwunde und Wundstarre, Schwäche, Atemnot reiche man Brantwein in größeren Mengen.

Insektenstiche werden mit Salmiakgeist betupft oder mit kalten Umschlägen behandelt.

Knochenbrüche und innere Verletzungen.

Bei einfachen Armbrüchen genügt als Notverband fast immer Armtragetuch oder aufgeschlagener Rockzipfel. Skizze zeigt Anordnung eines Schienenverbandes. Im Notfalle wird Werg, Heu, Gras zum Polstern verwendet.



Bei Unterschenkelbruch den Kranken so legen, daß Hüft- und Kniegelenk schwach gebeugt und Unterschenkel in erhöhter Lage festgelagert wird. Als Unterlage verwende man Kissen, mit Heu oder Stroh gefüllten Sack, Heu- oder Stroh-bündel. Das verletzte Glied in einer Rinne

lagern, um seitliche Verschiebung der Bruchenden zu vermeiden. Kniekehle besonders gut stützen. Bei Oberschenkelbruch reicht die äußere Schiene vom Beckenrand, die innere vom Schritt bis zur Fußsohle, die untere vom Gesäß bis Ferse, die obere vom Knie bis Bauch. Sind keine langen Schienen zur Stelle, so lagere man das gebrochene Bein auf einen Stuhl, wobei Kniekehle und Ferse gut zu polstern sind. Um die Lage des gebrochenen Beines zu sichern, kann es mit Tüchern an dem gesunden befestigt werden.



Wird der Verunglückte auf der Tragbahre weggeschafft, so muß die Bahre in gleiche Linie gestellt sein, er selbst wird rückwärts auf die Bahre geschoben. Nur 2 Träger gleicher Größe verwenden. Die Träger dürfen nur kurze Schritte nehmen und nicht Schritt halten, da sonst die Bahre schwankt und der Verletzte gequält wird.

Kennzeichen der Knochenbrüche.

Erkennbar an der geschwellenen, bläulichen Stelle, die beweglich ist im Vergleiche zum gesunden Knochen. Man unterlasse jedes

Betasten, da dadurch Verschlimmerung und unnötige Schmerzen hervorgerufen werden.

Dem Nothelfer sind Einrichtungsversuche verboten. Seine Hilfeleistung beschränke sich auf Ruhigstellung der Glieder und auf Anlegen eines Stützverbandes. Bei offenen Knochenbrüchen ist auf keimfreie Verbandstoffe und richtige Anwendung streng zu achten.

Arm- und Beinbrüche.

Allgemeine Regel für Schienenverbände: Das gebrochene Glied vorsichtig entkleiden. Während des Entkleidens und Verbandanlegens soll das gebrochene Glied von einem oder zwei weiteren Helfern vorsichtig gehalten und so weit erhoben werden, daß das Verbandanlegen möglich ist. Der oder die Helfer fassen das gebrochene Glied möglichst ober- oder unterhalb der Bruchstelle an, wobei ein leichter Zug und Gegenzug ausgeübt wird. Gleichzeitiges Anheben ist erforderlich.

Eine etwa vorhandene Wunde wird zuerst verbunden, dann das Glied mit Watte umwickelt. Gelenke besonders gut polstern, um Druck zu vermeiden. Darüber werden die Schienen angelegt, und zwar an der inneren Gliedseite die kürzere, außen die längere. Zwischen Schiene und Glied Watte legen. Pappdeckelschienen zuerst befeuchten, dadurch schmiegen sie sich besser an. Über die Schiene kommt eine Binde. Die Schienen sind immer so lang zu nehmen, daß die Gelenke oberhalb und unterhalb der Bruchstelle unbeweglich werden, und zwar sind bei Oberarmbruch das Schulter- und Ellenbogengelenk, beim Vorderarmbruch das Ellbogen- und Handgelenk durch den Verband an Bewegung zu hindern, beim Oberschenkelbruch hingegen das Hüft- und das Kniegelenk und beim Unterschenkelbruch das Knie- und das Fußgelenk.

Schlüsselbeinbruch.

Arm der betreffenden Seite im Armtragetuch halten. Patient kann selbst zum Arzt gehen.

Rippenbruch.

Erkennbar an heftigen Schmerzen beim Atmen, meistens mit Quetschung verbunden. Kommt gewöhnlich beim Überfahrenwerden vor. Armbewegung durch Armtragetuch einschränken. Bei Beförderung auf der Trage oder im Wagen ist Sitzlager einzurichten, weil beim Liegen häufig Atemnot eintritt.

Schädelbruch.

Kopf ein wenig erhöhen, recht behutsam auf weiche Unterlage legen, die Seiten durch kleine Kissen stützen. Außerst sorgfältig fortschaffen!!

Wirbelsäulen- und Beckenbruch.

Sehr weich lagern. Beförderung wie bei Schädelbruch angegeben. Bei Wirbelsäulenbruch ist hierfür jedoch ärztliche Anordnung nötig, da äußerste Sorgfalt und Kenntnis der Verletzung erforderlich.

Beckenbruch ist zu vermuten, wenn in der Beckengegend starke Schmerzen auftreten und Harnlassen mit Beschwerden verbunden ist.

Wirbelsäulenbruch ist sehr wahrscheinlich vorhanden, wenn der Verunglückte seine Beine nicht fühlt und nicht bewegen kann.

Quetschungen.

Quetschungen sind oft gefährlicher als sie im ersten Augenblick erscheinen, denn es können Knochen gebrochen oder verletzt sein. Die gequetschte Stelle ist etwas geschwollen, fühlt sich teigig an und scheint gerötet. Bei geringeren Quetschungen genügt Ruhe. Anfangs können kalte Umschläge Linderung bringen.

Schwere Quetschungen, z. B. durch Überfahren, Verschütten, können Gehirn, Rückenmark, Brust und Baueingeweide verletzen, ohne daß eine äußere Wunde entsteht. Der Verletzte sieht sehr blaß und verfallen aus; der Puls ist kaum fühlbar. Bei Eisenbahn-, Kraftwagen- und Maschinenunfällen treten diese Beschädigungen sehr oft auf.

Der Verunglückte ist sehr vorsichtig auf die Seite zu bringen, aber nicht weiter, bis ihn der Arzt gesehen hat. **Erschütterungen beim Transporte sind bei solchen Kranken lebensgefährlich.**

Verstauchung.

Mit der Verstauchung ist immer eine Quetschung verbunden. Der Verletzte hat Schmerzen und ist im Gebrauch des Gelenkes stark behindert.

Das verstauchte Gelenk ist in Ruhigstellung zu bringen; hierfür genügt bei oberen Gliedmaßen ein Armtragetuch, beim Fuß- oder Kniegelenke eine Bindeneinwicklung. Kalte Umschläge dürfen gemacht werden.

Gehversuche bei Fußverstauchung sind zu unterlassen, da nur der Arzt bestimmen kann, ob kein Knöchelbruch vorhanden.

Verrenkung.

Unter Verrenkung versteht man die Verschiebung der Knochenenden in einem Gelenk gegeneinander, so daß sie in falscher Stellung stehen bleiben. Gelenkbänder und Blutgefäße werden zerrissen. Die Beweglichkeit des Gliedes ist ganz oder teilweise aufgehoben; Bewegungsversuche sind sehr schmerzhaft.

Der Nothelfer darf keine Einrenkungsversuche vornehmen. Das verletzte Glied ist so zu lagern, daß der Verunglückte keine Schmerzen hat. Kalte Umschläge sind erlaubt.

Bei oberen Gliedmaßen ist das Armtragetuch zu verwenden und sofort zum Arzt zu gehen. Wenn untere Gliedmaßen verrenkt sind, so muß der Verunglückte bei der Beförderung auf einem weichen Lager liegen, und das Bein ist durch Stroh, Kissen usw. in der dem Kranken erträglichsten Lage zu halten.

Augenverletzungen.

Durch Fremdkörper. — Wenn ein Fremdkörper in der Augenflüssigkeit ist, so entferne man ihn unter Zuhilfenahme eines reinen Taschentuch- oder Verbandstoffzipfels. Liegt der Fremdkörper unter dem oberen Augenlide, so ziehe man wiederholt das obere Lid über das untere und zwinkere dazwischen öfters unter gleichzeitigem starken Schneuzen. Oder man dreht das obere Lid herum, wobei der Verletzte nach abwärts zu sehen hat; man faßt die Wimpern des oberen Lides an, legt einen Bleistift, Streichholz oder dgl. auf die Lidmitte, drückt etwas abwärts und wendet gleichzeitig das an den Wimpern angefaßte Lidende. Nun entferne man den eingedrungenen Körper wie oben angegeben.

Elektro-Augenmagnete sind vorzüglich geeignet, um Eisensplitter aus den Augen zu entfernen.

Sitzt ein Fremdkörper auf dem Augapfel, so entferne man ihn mit Hilfe eines reinen Stoffzipfels. Auf keinen Fall darf ein scharfes Instrument verwendet werden, denn damit kann das Auge verletzt und infiziert werden. Eine solche Infizierung ist meistens viel schlimmer als die Verletzung allein.

Durch Säure, Kalk oder Lauge verletzte Augen müssen sofort möglichst reichlich mit kräftig durchfließendem Wasser ausgeschwemmt werden. Ein Mann hält dem Verunglückten die Lider auseinander und ein zweiter gießt Wasser oder Olivenöl darüber. Alsdann gieße man reines Olivenöl ins Auge.

Für alle Augenverletzungen soll ein vom Arzt vorgeschriebenes Augenwasser verwendet werden. Nachdem das Auge gereinigt, lege man in reichlicher Menge in Augenwasser getauchten Verbandstoff auf und halte ihn durch leichten Verband fest.

In allen Fällen den Verletzten sofort zum Arzt schicken.

Künstliche Atmung.

In luftigem Raum oder im Freien vorzunehmen. Oberkörper entblößen und ein Polster unter die Schulter legen, damit der Kopf niedriger liegt. Mund öffnen, wenn nötig mit Hilfe eines Stückes

Holz, eines Taschenmessers oder dgl. Fremdkörper — Kautabak, künstliche Zähne — aus dem Munde entfernen. Zunge mit Taschentuch anfassen, herausziehen und festhalten.

Hinter dem Kopf des Verunglückten knieend, fasse man dessen Arme an den Ellenbogen und zieht sie **seitlich** über den Kopf hinaus. Dann Arme abwärts bewegen, die Ellenbogen gegen die Brustseite des Kranken fest anpressend. Ganze Bewegung minutlich 15 bis 20 mal ausführen. Zwischen den Pausen 101! 102! 103! 104! zählen. Künstliche Atmung fortsetzen bis Eintritt natürlicher Atmung oder Eintreffen des Arztes (bis zu 6 Stunden).

Bei Verletzungen an den Armen kann künstliche Atmung durch kräftiges Zusammenpressen des Brustkorbes mit beiden Händen gleichzeitig (minutlich 15 bis 20 mal) eingeleitet werden.



Vergiftungen.

Gasvergiftungen. — Den Verunglückten sofort an frische Luft bringen. Ist die Atmungstätigkeit sehr schwach oder verschwunden, so leite man künstliche Atmung ein und lasse Sauerstoff einatmen. Man gebe **Milch** oder **Sauerbrunnen** zu trinken, aber **keinen Alkohol**. Der Kranke soll wach gehalten werden durch Anrufen oder Rütteln. Ein kühles Bad zur Körperreinigung hat wohltuende Wirkung, ein heißes Bad wirkt schädlich.

Vergiftung durch Säure. — Als Gegenmittel sind anzuwenden: dünne Sodalösung, Kalkwasser, doppeltkohlensaures Natron, Seifenwasser. Lindernde Wirkung haben: Milch, Eiweißwasser und schleimige Suppen. Ist der Vergiftete bei Besinnung, so versuche man ihn zum Erbrechen zu bringen, indem man mit einem Federbart oder mit dem Zeigefinger in den Schlund des Erkrankten eingeht oder große Mengen warmen Wassers trinken läßt. Man verabreiche sodann starken Kaffee oder Tee, lege **Senfteig** gegen die Waden und auf die Magengegend, mache kalte Übergießungen des entkleideten Körpers und Sorge für frische Luft. Der Kranke soll wach gehalten werden durch Anrufen oder Rütteln; stockt die Atmung, so ist die künstliche einzuleiten.

Vergiftung durch Laugen. — Zitronensaft, Essig mit Wasser verdünnt oder Speiseöl sind Gegenmittel. Milch, Eiweißwasser und schleimige Suppen wirken mildernd. Im übrigen Behandlung wie bei Säurevergiftung angegeben, soweit es sich um Erbrechen, Wachhalten und künstliche Atmung handelt.

Zyankalivergiftung. — Gegenmittel: Magenspülung mit 0,1 v. H. Kaliumpermanganatlösung. Erbrechen herbeiführen. Künstliche Atmung einleiten. Sauerstoff anwenden.

Pilzvergiftung. — Sofort Magenspülung vornehmen, Erbrechen hervorrufen, durch Kitzeln im Schlund oder durch Brechmittel; sodann Rizinusöl trinken.

Eiweißwasser wird aus dem Weißen von 2 Hühnereiern, $\frac{1}{2}$ Liter abgekochtem, lauwarmem Wasser und 2 Teelöffeln Zucker bereitet.

Haferschleim aus $\frac{1}{4}$ Pfd. Hafergrütze, die mit $1\frac{1}{2}$ Litern Wasser nebst ein wenig Salz und Zucker $\frac{1}{2}$ Stunde lang gekocht und dann durch ein Sieb gerührt wird.

Reisschleim aus 60 g Reis mit 1 Liter Wasser $\frac{1}{4}$ Stunde gekocht, durchgeseiht und mit etwas Milch und Zucker versetzt.

Sodalösung: 1 Teelöffel voll Soda oder doppeltkohlensaures Natron in $\frac{1}{2}$ Liter Wasser gelöst.

Senfteig: Frisch gestoßener Senfsamen wird mit warmem Wasser zu einem dicken Brei angerührt und in reine, nicht zu dicke Leinwand eingeschlagen, wie in einen Briefumschlag. Der Senfteig bleibt liegen, bis die Hautstelle lebhaft gerötet ist. Statt Senfteig kann das in Apotheken käufliche Senfpapier verwendet werden.

Schlundverletzung durch Fischgräten.

Im Hals steckende **Fischgräten** können durch Schlucken von gut gekautem Brot, durch Trinken von reinem Zitronensaft oder mit Wasser verdünntem Essig entfernt werden.

Ohnmacht, Bewußtlosigkeit.

Bewußtlose sofort an frische Luft bringen! Bewußtlose mit **blassem Gesicht** lagere man mit **tieflichem Kopf**; ist das Gesicht aber **dunkelrot oder bläulich** (Blutandrang zum Kopfe), so mache man **kalte Umschläge** auf den Kopf und lagere den Kopf hoch.

Man begieße Bewußtlose über Gesicht und Brust mit kaltem Wasser, lege **feuchte Umschläge** auf Kopf und Stirn.

Beengende **Kleider** sind zu entfernen.

Riechen an Salmiakgeist oder Kölnisch Wasser, Füße und Waden abreiben, Senfteige auf die Waden legen, sind gute Maßnahmen.

Bei tiefer Bewußtlosigkeit ist künstliche Atmung einzuleiten. Auf **Gehirnblutung** ist bei vielen Schlaganfällen zu schließen. Man lagere den Kranken mit erhöhtem Kopfe und mache ihm kalte Kopfumschläge.

Bei Herzschwäche und Kollaps verabreiche man heißen Kaffee, Wein.

Unfälle durch elektrischen Strom.

Bei Unfällen in Hochspannungsbetrieben (\geq): schleunigst Strom abstellen, dann erst eingreifen. Arzt holen. Bei Spannungen unter 500 Volt isoliere man sich zunächst selbst; man stelle sich auf trockenes Holz; trockene Tücher, Glas usw., oder ziehe Gummischeuhe an. Gummihandschuhe benutzen. Man entziehe den Verunglückten sofort der Einwirkung des elektrischen Stromes. Die Leitung schalte man durch Zerreißen mit einem trockenen Stück Holz, Stock, Seil oder am besten durch Isolierzange. Den Verunglückten hebe man vom Boden auf, indem man ihn an den Kleidern faßt und unbedeckte Körperteile vermeidet. Umfaßt der Verunglückte die Leitung, so löse der Helfer mit seiner durch Gummihandschuhe usw. isolierten Hand Finger für Finger des Betäubten. Bei Betäubung leite man künstliche Atmung ein.



Hitzschlag, Erfrieren.

Von Hitzschlag Betroffene sind zu entkleiden und reichlich mit kühlem Wasser zu übergießen. Künstliche Atmung ist einzuleiten. Sobald der Kranke schlucken kann, flöße man ihm kühlende Getränke ein.

Erfrorene reibe man in einem kühlen Raume mit Schnee oder kaltem Wasser ab. Nicht an Wärme bringen. Gefrorene Glieder brechen leicht, daher Vorsicht!

Krämpfe.

Man lege den Kranken wagrecht und verhüte, daß er sich verletzen kann.

Innerliche Blutungen.

Bluterbrechen, ein Zeichen von Magenblutung, wobei dunkles, fast schwarzes Blut erbrochen wird, kann gemildert werden durch Wagrechtlegung des Kranken, mit wenig erhöhtem Kopfe. Kalte Umschläge auf Magengegend und Schlucken kleiner Eisstückchen sind Gegenmittel.

Bluthusten tritt bei Lungenblutung ein, dabei wird ein hellrotes, schaumiges Blut ausgehustet. Gegenmittel: Wagrechte Lage, Eisbeutel auf Brust, $\frac{1}{2}$ Teelöffel Kochsalz in 1 Glas Wasser, Abschnüren beider Oberschenkel.

Darmblutung. — Hiergegen sind Eisumschläge auf Unterleib anzuwenden, sowie messerspitzenweise Tannin oder Tannintabletten einzunehmen.

INHALTSVERZEICHNIS

A	Seite
Absolutes Maßsystem	70
Aeme-Standard-Gewinde	217
A. E. F. = Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen	71
Aquivalent, kalorisches Arbeits-	85
" mechanisches Wärme-	85
Ätzen	391
Alphabete: griechisch, Morse, russisch	404
Amerikanisches Feingewinde	204
Ampere	74, 78, 80
Anlassen von Stahl	376
Anstellwinkel	306, 309, 315
Anziehungskraft	26, 94
Arbeitswiderstand beim Fräsen	325
Atmosphäre	72, 76, 94
Atomgewichte	96
Aufbohren	295
Aufschweißen von Schnellstahl	311, 312
Ausdehnung durch die Wärme	89
Automobil-Schraubengewinde	206
B	
Barometer	95
Beanspruchung, zulässige, von Bau- stoffen	108
Beleuchtung	84
Benennung, gewerbliche u. chemische, technisch wichtiger Stoffe	97
Berechnung:	
Dreieck	29, 34, 43
Flächen	43, 47, 103
Kegel	223
Körper	44
Kreis	38, 39, 40, 42, 45, 345
Kugel	42, 45
Vieleck	37
Beschleunigung durch die Schwere	26, 94
Biegemoment	102
Birmingham-Drahtlehre	209
Blechgewichte	156
Blech- und Faßnieten	169
Blechlehre	157
Bodmer-Gewinde	202
Bohren und Aufreiben	284
Bohrstangen und -messer	302
Bougie décimale	83
Brinell-Härte	387
British Thermal Unit	86
Britisches Normal-Feingewinde	202
Brown & Sharpe-Kegel	226
Bruchsicherheit	101
C	
C. E. I.-Gewinde	204
Celsius — Réaumur — Fahrenheit	90
C-G-S (Centimeter-Gramm- Sekunde)-System	70

	Seite
Chemische u. gewerbliche Benennung technisch wichtiger Stoffe	97
Chemische Elemente	96
Circular-pitch	257
Coulomb	79
D	
Deckenvorgelege	235
Delisle-Gewinde	200
Diametral-pitch	257
Differential-Teilverfahren	346
Dillinger Feinblechlehre	157
Drahtlehren	155, 158
Drahtseile	161, 241
Drehstahl	304
Herstellung	311
Schleifen	313
Schweißen	311, 312
Dreiecksberechnung	29, 34, 43
Ducommun-Steinlen-Gewinde	199
Durchmesserteilung	257
Dyn	70
E	
Edison-Gewinde	208
Eichfehlergrenzen	56
Eichung	54, 56
Einheiten nach dem C-G-S-System	70
Einheitsbezeichnungen (Formelzeichen)	
des A. E. F.	72, 75
" V. d. I.	76
Einsatzhärten	380
Einstellwinkel	340
Eisenbahn-Kupplungsgewinde	208
Eisengewindeschrauben	209
Elastizitätsgrenze	100
Elastizitätsmaß (Modus)	100
" für Eisen und Stahl	106
" " Hölzer	107
Elektrische Maßeinheiten	74, 78
Erg	70
Eulersche Formeln	102
F	
Fahrenheit	90
Farad	74, 79
Farbenbezeichnung von Rohrleitungen	167
Faß- und Blechnieten (Gewichte)	169
Fehlergrenzen der Meßgeräte	56
Feinblechlehren	159
Festigkeitslehre	100
Festigkeitszahlen für Eisen und Stahl	106
" " Holz	107
Fiedelbohrer	287
Flachbohrer	293
Flächenberechnung	43, 47, 103
Flankenmaß	177, 179, 196
Flanschröhren	165

	Seite
Formelzeichen des A. E. F.	71
„ „ mathematische	75
„ „ des V. d. I.	76
Formstähle	308
Fräsen von Gewinden	177
„ „ Kegelrädern	265
„ „ Schraubenrädern	273
Fräser:	
Arbeitswiderstand	328
Befestigung	349
Dorn	348
Gefräste —	320, 327, 334
Hinterdrehte —	320, 335, 336, 353
Keilnuten	349
Schaft-	351
Scheiben-	338, 339, 352
Schleifen	327, 353, 356
Schnitttrichtung	328
Spiralgezahnte —	328, 354
Stirn-	350
Verzahnung	327
Französisches Gewinde	203
Fuß, alte deutsche Maße	62
„ englisch	60, 66

G

G (= Beschleunigung durch die Schwere)	26
Gall'sche Gelenkketten	162
Gasflaschen - Gewinde	207
Gasgewinde siehe Röhrengewinde	201
Gasröhren (Gewichte)	163
Gefräste Fräser	356
Gefrierpunkte	87
Gewehrlaufbohrer	294
Gewerbliche u. chemische Benennung technisch wichtiger Stoffe	97
Gewichte:	
Aluminium - Blech, - Draht, - Rohr	155
Atom-	96
Bleche	156
Draht	154
Drahtseile	161
Feinbleche	157
Flacheisen	147
Flachstahl	146
Gasröhren	163
Geschichtete Körper	140
Hanfseile	161
Ketten	162
Kupferdraht	160
Messingrohre	166
Metallplatten	153
n. d. metrischen Maßsystem	55
Münzen	404
Nieten	169
Profileisen (s. d.)	110
Quadratseisen	142
Quadratstahl	145
Rundeisen	142
Rundstahl	145
Schnellstahl	145
Sechskanteisen	142
Spezifische —	136
verschiedener Länder	60
Gewichtsberechnung eines Gußstückes nach seinem Modell	140

	Seite
Gewinde:	
Außen-	172
Bohrer	170, 171
Fräsen	177
Grenzwerte	179
Innen-	170
Loch	170, 196
Messen	179
Prüfung	177, 220
Rollen	182
Schneiden	170, 186
Schneidkluppe und Schneideisen	176
Schneidvorrichtung	171
Stahl für Flach- u. Trapezgewinde	174
„ „ Spitzgewinde	172
Steigung	172, 173
Strehler	172
Übersichtstafel	189
Gleitmaß (Modul)	101, 106
Glühfarben	379
Grenzlehren	220, 246
Grenzmaße für normale Bohrungen und Wellen	249
Grenzwerte für Gewinde	179, 180, 181
Güterwagen, Ladefähigkeit	141
Guldinische Regel	47

H

Hamann - Gewinde	200
Hanfseile	161, 241
Härten:	
Anlassen	376, 379
Einsatzhärtung	380
Fehler beim —	377
Oberflächenhärtung	380
Ofen zum Härten	374
Temperaturmessung beim —	378
Härteprüfung	386
Brinellhärte	387
Skleroskophärte	388
Technische Härte	386
Literatur	390
Härtetafel für Eisen und Stahl	384
Hefnerkerze	73, 83
Heizwerte	93
Henry	74, 79
Herzübersetzung	186
Hilfe bei Unfällen	406
Hinterdrehte Fräser	353
Hohlmaße	54, 60
Holzschrauben	214
H. P. = Horsepower	72, 79, 82
Hubgröße für hinterdrehte Fräser	336

I

Inhaltsübersicht	1
Invarstahl	89
Isolierstoffe (elektr.)	81

J

Joule	74, 76
-----------------	--------

K

Kalorien	73, 76, 86
Kanonbohrer	293
Karat	62
Karmarsch - Gewinde	199

	Seite
Profileisen :	
Schiffbauprofile	122
Quadranteisen	124
Proportionalitätsgrenze	100
für Eisen und Stahl	106
" Hölzer	107
Prüfung :	
Gewinde	177
Härte	386
Öl	391
Stahl	364, 385, 386, 398
P. S. = Pferdestärke	82
Pyrometer	378

Q

Querzusammenziehung	100
Quetschgrenze	100
Q. S. = Quecksilbersäule	94

R

Rädertrieb	281
Räumnadel(ahle)	316
Raumeinheit	54
Raummaße (Hohlmaße)	55
Réaumur - Celsius - Fahrenheit	90
Reibahlen	297, 353
Reziproke Werte	2
Riemen :	
Berechnung	237
Länge	239
Trieb	230, 237
Riemenscheiben	238, 242
Röhrengewinde	201
Rohrleitungen, Farbenbezeichnung .	167
Rundschleifen	359

S

Schafffräser	351
Scheibenfräser	338
Schiebesitz	247
Schiffbauprofile	122
Schleifen von Drehstählen	315
" " Fräsen	327, 353
" " Reibahlen	353
" " Spiralbohren	292
Schleiffunkenbilder	385
Schleiflehre für Fräser	327, 355
Schleifscheiben	359
Befestigung	360
Einstellhöhe	357, 358
Schnitttiefe	360
Umfangsgeschwindigkeit	361, 362
Vorschub	360
Schlichtstähle	308
Schlüsselweite :	
Berechnung	188
für Löwenherzgewinde	199
" S. I. - Gewinde	198
" Whitworthgewinde	191
Schmelz- oder Gefrierpunkt	87
Schmelzwärme	88
Schmiedbares Eisen (Einteilung) .	383
Schmiermittel z. Gewindeschneiden	177
Schmierölprüfung	391
Schneckengetriebe	277
Schneidkopf	307
Schneidwinkel	306, 308, 315

	Seite
Schnellstahl	145, 369, 371
Schnittdruck beim Bohren	285
" " Drehen	395
" " Fräsen	325
Schnittgeschwindigkeiten	394
" beim Bohren	286, 394
" " Drehen	394
" " Fräsen	321, 394
Schnittstähle	369, 371
Schrägstellung des Stahles zum	
Gewindeschneiden	172
Schraubenberechnung und Trag-	
fähigkeit	188
Schraubenfedern	134
Schraubengewinde für künstliche	
Glieder	219
Schraubenräder	267
Schraubenstifte	215
Schruppstähle	306
Schubspannung	101
Schweißen	312
Schweißbeisen und Schweißstahl .	383
Schwerpunktabstände	103
Schwerpunktlage	43
Schwindmaße	89
Seemeile	62
Seegeregel	87, 378
Shennenlänge	38, 39, 40
Seiltrieb	241
Sellersgewinde	203
Senker	293
Sicherheitsgrad gegen Bruch	101, 102, 107
Siedepunkt	11
Siemens & Halske - Gewinde	201
Siemens - Einheit	78
S. I. - Gewinde	183, 196
Sinustafel	30
Sympton'sche Regel	47
Spanabnahme	321, 322
Spannrollen	243
Spezifisches Gewicht	136, 154
Bestimmung des —	391
Spezifische Wärme	86
Spiralbohrer	286
Spiralenfräsen mit dem Teilkopf . . .	347
Spiralsteigung	330
Spiralzähne	328
Spitzbohrer	287
Stahl :	
Anlassen	376, 379
Abschrecken	375
Ausglühen	373, 379
Auswahl für Werkzeuge	371
Härten	373, 380
Kohlenstoff-	
Konstruktions-	365
Legierter —	380
Schnell-	369
Schrupp-	145, 369, 371
Schweiß-	306, 315
Spezifisches Gewicht	383
Stahlblechriemenscheiben	136, 142, 398
Stellringe	243
Stirnfräser	244
Stirnrad	350
Streck-, Fließ-, Quetschgrenze . . .	249
Stubs Stahldrahtlehre	100, 106
"	155

	Seite
Stufenscheiben	239, 240
T	
Tangententafel	32
Teilkopf:	
Einstellen zum Zahnfräsen	338
Spiralenfräsen mit dem —	347
Teilen mit dem —	345
Thermometer	90, 379
Thury-Gewinde	201
Träger (siehe Profileisen)	
Berechnung	109
Trägheitsmoment	103
Tragfähigkeit:	
Ketten	162
Profileisen	110
Schrauben	188
Schraubenfedern	134
Seile	161
Wellbleche	129
Trapezgewinde	216, 217
Stähle	174
Trigonometrie	29, 34
U	
Uherschraubengewinde	201
Umfangsgeschwindigkeit	396
Umfangsteilung	38, 257
Umrechnung:	
Engl. Gewicht - Kilogramm	68
" Kubikfuß - Kubikmeter	69
" Quadratzoll - Quadrat-	
zentimeter	67
" Zoll - Millimeter	64
" Fuß u. Zoll - Millimeter	66
Pferdestärken - Kilowatt	82
Unfälle, erste Hilfe	405
Universalteilkopf	345
Unterschnitt bei Zahnrädern	249, 261
V	
V-Gewinde	205
Verbrennung	92
Verdampfungswärme	88

	Seite
Vergüten von Stahl	382
Vieleck	37
Vierkante	218
Vorschub	383
" beim Bohren	285, 286, 393
" " Drehen	393
" " Fräsen	321, 324, 393
W	
Wärme	73, 86
Wärmeausdehnung	89
Wassersäule	94
Watt	74, 79, 80
W. E. = Wärmeeinheit	86
Wechselräderberechnung zum	
Gewindeschneiden	186
Wechselstromgrößen	79, 345
Wellblech	129
Wellen	244
Werkzeugstahl	364
Glühen	373
Härten	373
Whitworth-Gewinde	180, 183, 190
" - Röhrengewinde	211
Widerstandsmoment	103
Winkeländerung	101
Winkelfunktionen	27
Wirkungsgrad von Werkzeug-	
maschinen	399
Wolfram-Schnellstahl	145, 370
Woodruff-Keile	229
Wurzeln	2
Z	
Zahndruck	251, 252, 254
Zahnmeßschieblehre	259
Zahnrad	249
Herstellung	279
Messen	259
Trieb	281
Zementieren	380
Zoll (englisch)	60, 64
Zulässige Beanspruchung	101, 107
Zulässige Belastung der Bauwerke	108