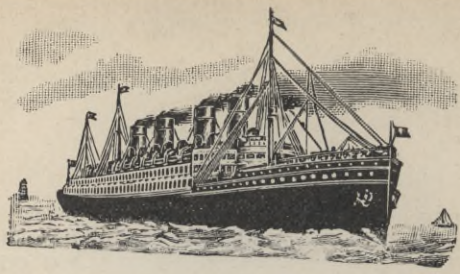
für

Seemaschinisten

Verlag von R. Oldenbourg München und Berlin



Übernahme sämtlicher **Schiffs-** und **Docks-Cementierungs-**, sowie **Anstrichsarbeiten** mit folgenden gesetzlich geschützten Materialien:

Tenax Bituminöse Cementierung

$^1/_5$ des Gewichts des Portland-Cementes für Tanks, Bilges.

Die Vorteile gegenüber Portland-Cement sind:

Gewichtsersparnis, größere Haltbarkeit, größere Elastizität und große konservierende Wirkung.

Bituminöse Solution

wird kalt aufgestrichen — wie Farbe: ein Varnish außerordentlicher Haltbarkeit für Räume, Decks, Schornsteine etc. Sehr billiges Schutzmittel für Stahl.

„Ferroid" Bituminöse Emaille

2 m/m dick, heiß angestrichen für Kohlenbunker, Tankdecken, Kühlräume, Bodenstücke etc.

Tenax Kalfater-Leim

für Decksnähte das haltbarste und billigste echte Marine-Glue auf dem Markt.

SPEZIALITÄT: (11)

Emaillierung der inneren und äußeren Tankdecke.

C. Fr. Duncker & Co., INHABER: L. Dittmers.

Telegramm-Adresse: **Solution.** Telephon: **Amt Ia, Nr. 853.**

HAMBURG, Admiralitätsstraße 8.

Kaiserstandarte

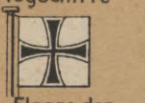

Breitwimpel des Kaisers


Gösch der Kriegschiffe


Deutsche Kr. Fl.


Deutsche H. Fl.

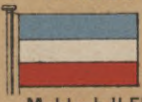

Deutsche H. Fl. mit Abzeichen für Reserve-Offiz. etc. d. Kais. Mar.


Flagge der Admirale


Preuss. Kr. Fl.

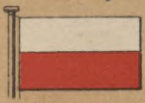

Preussen H. Fl.


Oldenburg H. Fl.


Meklenb. H. Fl.


Bremen H. Fl.


Hamburg H. Fl.


Lübeck H. Fl.


Lotsenflagge


Argentinien H. Fl.


Belgien

Brasilien


Chile


China Kr. Fl.


China H. Fl.


Dänemark H. Fl.


Frankreich


Griechenl. H. Fl.


Gr. Brit. Kr. Fl.


Gr. Brit. H. Fl.


Japan H. Fl.


Jtalien Kr. Fl.


Mexico H. Fl.


Norwegen H. Fl.


Oester. Ung. Kr. Fl.


Oester. Ung. H. Fl.


Peru H.Fl.
Portugal
Russland Kr.Fl.
Russland H.Fl.
Schweden H.Fl.
Spanien H.Fl.
Türkei H.Fl.
Uruguay
Venezuela H.Fl.
Internationale
Signalflaggen.
Ver. Staat. v. Nord-Amerika
Signalbuchwimpel
A 1 Volldampf
B 2 Pulverfl.
C 3 Ja
D 4 Nein
E 5
F 6
G 7
H 8
I 9
J 10
K 11
L 22
M 33
N 44
O 55
P 66 blauer Peter
Q 77 Quarantänefl.
R 88
S 99 Wünsche Lotsen
T 100
U 0
V 00
W 000
X 0000
Y 00000
Z 000000
München u. Berlin, R. Oldenbourg

Taschenbuch

für

Seemaschinisten

(früher Kalender für Seemaschinisten herausgegeben von Oberingenieur Dr. G. Bauer)

Von

Ing. **E. Ludwig** und Ing. **E. Linder**

Mit einem Beitrag über Nautik

von

Prof. **P. Vogel**

Mit 329 Figuren im Text, einer Flaggentafel und einer Weltkarte

München und **Berlin**

Druck und Verlag von R. Oldenbourg

1907

Vorwort

Vorliegendes »Taschenbuch für Seemaschinisten« ist aus dem im Jahre 1903 erschienenen »Kalender für Seemaschinisten« hervorgegangen. Soweit der beschränkte Raum es gestattete, wurde der Inhalt verschiedentlich erweitert und verbessert. Neu aufgenommen wurden die Kapitel über Instandhaltungsarbeiten an den Maschinen, über Dampfturbinen, Konservierung der Kessel, Instrumente sowie verschiedene Gesetzesvorschriften. Erweitert wurden unter anderen die Kapitel über die Berechnung der Leistung von Kolbenmaschinen, über Kessel und über Apparate.

Indem wir dieses Buch in der vorliegenden Form der Öffentlichkeit übergeben, hoffen wir, dafs es eine wohlwollende Aufnahme erfahren und dem Seemaschinisten, für welchen es insbesondere bestimmt ist, in mancher Hinsicht von Nutzen sein wird.

München, im Oktober 1906

Die Verfasser

Inhaltsverzeichnis.

XII. Teil: Gesetze und Vorschriften.

XIII. Teil: Verschiedene Tabellen.

Als Beilagen: 1 Flaggentafel, 1 Weltkarte.

I. Teil.

Zahlentabellen.

Tabelle No. 1.

Quadrate, Kuben, Quadrat- und Kubikwurzeln, Reziproken, natürliche Logarithmen, Kreisumfänge und Kreisinhalte aller natürlichen Zahlen von 1 bis 1000.

Der Durchmesser d des Kreises ist $= \frac{1}{10}$ dieser Zahlen genommen.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\left.\begin{matrix}\log\\ \text{nat}\end{matrix}\right\}n$	$d = 0{,}1n$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
0	0	0	0,0000	0,0000	∞	−∞	0,0	0,000	0,0000
1	1	1	1,0000	1,0000	1,00000	0,0000	0,1	0,314	0,0079
2	4	8	1,4142	1,2599	0,50000	0,6931	2	0,628	0,0314
3	9	27	1,7321	1,4422	0,33333	1,0986	3	0,942	0,0707
4	16	64	2,0000	1,5874	0,25000	1,3863	4	1,257	0,1257
5	25	125	2,2361	1,7100	0,20000	1,6094	5	1,571	0,1964
6	36	216	2,4495	1,8171	0,16667	1,7918	6	1,885	0,2827
7	49	343	2,6458	1,9129	0,14286	1,9459	7	2,199	0,3848
8	64	512	2,8284	2,0000	0,12500	2,0794	8	2,513	0,5026
9	81	729	3,0000	2,0801	0,11111	2,1972	9	2,827	0,6362
10	100	1000	3,1623	2,1544	0,10000	2,3026	1,0	3,142	0,7854
11	121	1331	3,3166	2,2240	0,09091	2,3979	1	3,456	0,9503
12	144	1728	3,4641	2,2894	0,08333	2,4849	2	3,770	1,1310
13	169	2197	3,6056	2,3513	0,07692	2,5649	3	4,084	1,3273
14	196	2744	3,7417	2,4101	0,07143	2,6391	4	4,398	1,5394
15	225	3375	3,8730	2,4662	0,06667	2,7081	5	4,712	1,7671
16	256	4096	4,0000	2,5198	0,06250	2,7726	6	5,027	2,0106
17	289	4913	4,1231	2,5713	0,05882	2,8332	7	5,341	2,2698
18	324	5832	4,2426	2,6207	0,05556	2,8904	8	5,655	2,5447
19	361	6859	4,3589	2,6684	0,05263	2,9444	9	5,969	2,8353
20	400	8000	4,4721	2,7144	0,05000	2,9957	2,0	6,283	3,1416
21	441	9261	4,5826	2,7589	0,04762	3,0445	1	6,597	3,4636
22	484	10648	4,6904	2,8020	0,04545	3,0910	2	6,912	3,8013
23	529	12167	4,7958	2,8439	0,04348	3,1355	3	7,226	4,1548
24	576	13824	4,8990	2,8845	0,04167	3,1781	4	7,540	4,5239
25	625	15625	5,0000	2,9240	0,04000	3,2189	5	7,854	4,9087
26	676	17576	5,0990	2,9625	0,03846	3,2581	6	8,168	5,3093
27	729	19683	5,1962	3,0000	0,03704	3,2958	7	8,482	5,7256
28	784	21952	5,2915	3,0366	0,03571	3,3322	8	8,796	6,1575
29	841	24389	5,3852	3,0723	0,03448	3,3673	9	9,111	6,6052
30	900	27000	5,4772	3,1072	0,03333	3,4012	3,0	9,425	7,0686
31	961	29791	5,5678	3,1414	0,03226	3,4340	1	9,739	7,5477
32	1024	32768	5,6569	3,1748	0,03125	3,4657	2	10,05	8,0425
33	1089	35937	5,7446	3,2075	0,03030	3,4965	3	10,37	8,5530
34	1156	39304	5,8310	3,2396	0,02941	3,5264	4	10,68	9,0792
35	1225	42875	5,9161	3,2711	0,02857	3,5553	5	11,00	9,6211
36	1296	46656	6,0000	3,3019	0,02778	3,5835	6	11,31	10,1790

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
37	1369	50653	6,0828	3,3322	0,02703	3,6109	7	11,62	10,752
38	1444	54872	6,1644	3,3620	0,02632	3,6376	8	11,94	11,341
39	1521	59319	6,2450	3,3912	0,02564	3,6636	9	12,25	11,946
40	1600	64000	6,3246	3,4200	0,02500	3,6889	4,0	12,57	12,566
41	1681	68921	6,4031	3,4482	0,02439	3,7136	1	12,88	13,203
42	1764	74088	6,4807	3,4760	0,02381	3,7377	2	13,19	13,854
43	1849	79507	6,5574	3,5034	0,02326	3,7612	3	13,51	14,522
44	1936	85184	6,6332	3,5303	0,02273	3,7842	4	13,82	15,205
45	2025	91125	6,7082	3,5569	0,02222	3,8067	5	14,14	15,904
46	2116	97336	6,7823	3,5830	0,02174	3,8286	6	14,45	16,619
47	2209	103823	6,8557	3,6088	0,02128	3,8501	7	14,77	17,349
48	2304	110592	6,9282	3,6342	0,02083	3,8712	8	15,08	18,096
49	2401	117649	7,0000	3,6593	0,02041	3,8918	9	15,39	18,857
50	2500	125000	7,0711	3,6840	0,02000	3,9120	5,0	15,71	19,635
51	2601	132651	7,1414	3,7084	0,01961	3,9318	1	16,02	20,428
52	2704	140608	7,2111	3,7325	0,01923	3,9512	2	16,34	21,237
53	2809	148877	7,2801	3,7563	0,01887	3,9703	3	16,65	22,062
54	2916	157464	7,3485	3,7798	0,01852	3,9890	4	16,96	22,902
55	3025	166375	7,4162	3,8030	0,01818	4,0073	5	17,28	23,758
56	3136	175616	7,4833	3,8259	0,01786	4,0254	6	17,59	24,630
57	3249	185193	7,5498	3,8485	0,01754	4,0431	7	17,91	25,518
58	3364	195112	7,6158	3,8709	0,01724	4,0604	8	18,22	26,421
59	3481	205379	7,6811	3,8930	0,01695	4,0775	9	18,54	27,340
60	3600	216000	7,7460	3,9149	0,01667	4,0943	6,0	18,85	28,274
61	3721	226981	7,8102	3,9365	0,01639	4,1109	1	19,16	29,225
62	3844	238328	7,8740	3,9579	0,01613	4,1271	2	19,48	30,191
63	3969	250047	7,9373	3,9791	0,01587	4,1431	3	19,79	31,172
64	4096	262144	8,0000	4,0000	0,01563	4,1589	4	20,11	32,170
65	4225	274625	8,0623	4,0207	0,01538	4,1744	5	20,42	33,183
66	4356	287496	8,1240	4,0412	0,01515	4,1897	6	20,73	34,212
67	4489	300763	8,1854	4,0615	0,01493	4,2047	7	21,05	35,257
68	4624	314432	8,2462	4,0817	0,01471	4,2195	8	21,36	36,317
69	4761	328509	8,3066	4,1016	0,01449	4,2341	9	21,68	37,393
70	4900	343000	8,3666	4,1213	0,01429	4,2485	7,0	21,99	38,485
71	5041	357911	8,4261	4,1408	0,01408	4,2627	1	22,31	39,592
72	5184	373248	8,4853	4,1602	0,01389	4,2767	2	22,62	40,715
73	5329	389017	8,5440	4,1793	0,01370	4,2905	3	22,93	41,854
74	5476	405224	8,6023	4,1983	0,01351	4,3041	4	23,25	43,008
75	5625	421875	8,6603	4,2172	0,01333	4,3175	5	23,56	44,179
76	5776	438976	8,7178	4,2358	0,01316	4,3307	6	23,88	45,365
77	5929	456533	8,7750	4,2543	0,01299	4,3438	7	24,19	46,566
78	6084	474552	8,8318	4,2727	0,01282	4,3567	8	24,50	47,784
79	6241	493039	8,8882	4,2908	0,01266	4,3694	9	24,82	49,017
80	6400	512000	8,9443	4,3089	0,01250	4,3820	8,0	25,13	50,265

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
81	6561	531441	9,0000	4,3267	0,01235	4,3944	1	25,45	51,530
82	6724	551368	9,0554	4,3445	0,01220	4,4067	2	25,76	52,810
83	6889	571787	9,1104	4,3621	0,01205	4,4188	3	26,08	54,106
84	7056	592704	9,1652	4,3795	0,01190	4,4308	4	26,39	55,418
85	7225	614125	9,2195	4,3968	0,01176	4,4427	5	26,70	56,745
86	7396	636056	9,2736	4,4140	0,01163	4,4543	6	27,02	58,088
87	7569	658503	9,3274	4,4310	0,01149	4,4659	7	27,33	59,447
88	7744	681472	9,3808	4,4480	0,01136	4,4773	8	27,65	60,821
89	7921	704969	9,4340	4,4647	0,01124	4,4886	9	27,96	62,211
90	8100	729000	9,4868	4,4814	0,01111	4,4998	9,0	28,27	63,617
91	8281	753571	9,5394	4,4979	0,01099	4,5109	1	28,59	65,039
92	8464	778688	9,5917	4,5144	0,01087	4,5218	2	28,90	66,476
93	8649	804357	9,6437	4,5307	0,01075	4,5326	3	29,22	67,929
94	8836	830584	9,6954	4,5468	0,01064	4,5433	4	29,53	69,398
95	9025	857375	9,7468	4,5629	0,01053	4,5539	5	29,85	70,882
96	9216	884736	9,7980	4,5789	0,01042	4,5643	6	30,16	72,382
97	9409	912673	9,8489	4,5947	0,01031	4,5747	7	30,47	73,898
98	9604	941192	9,8995	4,6104	0,01020	4,5850	8	30,79	75,430
99	9801	970299	9,9499	4,6261	0,01010	4,5951	9	31,10	76,977
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	0,01000	4,6052	10,0	31,42	78,540
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	0,00990	4,6151	1	31,73	80,118
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	0,00980	4,6250	2	32,04	81,713
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	0,00971	4,6347	3	32,36	83,323
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	0,00962	4,6444	4	32,67	84,949
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	0,00952	4,6540	5	32,99	86,590
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	0,00943	4,6634	6	33,30	88,247
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	0,00935	4,6728	7	33,62	89,920
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	0,00926	4,6821	8	33,93	91,609
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	0,00917	4,6913	9	34,24	93,313
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	0,00909	4,7005	11,0	34,56	95,033
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	0,00901	4,7095	1	34,87	96,769
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	0,00893	4,7185	2	35,19	98,520
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	0,00885	4,7274	3	35,50	100,287
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	0,00877	4,7362	4	35,81	102,070
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	0,00870	4,7449	5	36,13	103,869
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	0,00862	4,7536	6	36,44	105,683
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	0,00855	4,7622	7	36,76	107,513
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	0,00847	4,7707	8	37,07	109,359
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	0,00840	4,7791	9	37,38	111,220
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	0,00833	4,7875	12,0	37,70	113,097
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	0,00826	4,7958	1	38,01	114,990
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	0,00820	4,8040	2	38,33	116,899
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	0,00813	4,8122	3	38,64	118,823
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	0,00806	4,8203	4	38,96	120,763

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	π d	$\frac{1}{4}\pi d^2$
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	0,00800	4,8283	5	39,27	122,72
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	0,00794	4,8363	6	39,58	124,69
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	0,00787	4,8442	7	39,90	126,68
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	0,00781	4,8520	8	40,21	128,68
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	0,00775	4,8598	9	40,53	130,70
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	0,00769	4,8675	13,0	40,84	132,73
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	0,00763	4,8752	1	41,15	134,78
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	0,00758	4,8828	2	41,47	136,85
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	0,00752	4,8903	3	41,78	138,93
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	0,00746	4,8978	4	42,10	141,03
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	0,00741	4,9053	5	42,41	143,14
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	0,00735	4,9127	6	42,73	145,27
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	0,00730	4,9200	7	43,04	147,41
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	0,00725	4,9273	8	43,35	149,57
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	0,00719	4,9345	9	43,67	151,75
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	0,00714	4,9416	14,0	43,98	153,94
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	0,00709	4,9488	1	44,30	156,15
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	0,00704	4,9558	2	44,61	158,37
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	0,00699	4,9628	3	44,92	160,61
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	0,00694	4,9698	4	45,24	162,86
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	0,00690	4,9767	5	45,55	165,13
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	0,00685	4,9836	6	45,87	167,42
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	0,00680	4,9904	7	46,18	169,72
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	0,00676	4,9972	8	46,50	172,03
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	0,00671	5,0039	9	46,81	174,37
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	0,00667	5,0106	15,0	47,12	176,71
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	0,00662	5,0173	1	47,44	179,08
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	0,00658	5,0239	2	47,75	181,46
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	0,00654	5,0304	3	48,07	183,85
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	0,00649	5,0370	4	48,38	186,27
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	0,00645	5,0434	5	48,69	188,69
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	0,00641	5,0499	6	49,01	191,13
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	0,00637	5,0562	7	49,32	193,59
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	0,00633	5,0626	8	49,64	196,07
159	25281	4019679	12,6095	5,4175	0,00629	5,0689	9	49,95	198,56
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	0,00625	5,0752	16,0	50,27	201,06
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	0,00621	5,0814	1	50,58	203,58
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	0,00617	5,0876	2	50,89	206,12
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	0,00613	5,0938	3	51,21	208,67
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	0,00610	5,0999	4	51,52	211,24
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	0,00606	5,1059	5	51,84	213,82
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	0,00602	5,1120	6	52,15	216,42
167	27889	4657463	12,9228	5,5069	0,00599	5,1180	7	52,46	219,04
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	0,00595	5,1240	8	52,78	221,67

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	π d	$\frac{1}{4}\pi d^2$
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	0,00592	5,1299	9	53,09	224,32
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	0,00588	5,1358	17,0	53,41	226,98
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	0,00585	5,1417	1	53,72	229,66
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	0,00581	5,1475	2	54,04	232,35
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	0,00578	5,1533	3	54,35	235,06
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	0,00575	5,1591	4	54,66	237,79
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	0,00571	5,1648	5	54,98	240,53
176	30976	5451776	13,2665	5,6041	0,00568	5,1705	6	55,29	243,28
177	31329	5545233	13,3041	5,6147	0,00565	5,1761	7	55,61	246,06
178	31684	5639752	13,3417	5,6252	0,00562	5,1818	8	55,92	248,85
179	32041	5735339	13,3791	5,6357	0,00559	5,1874	9	56,23	251,65
180	32400	5832000	13,4164	5,6462	0,00556	5,1930	18,0	56,55	254,47
181	32761	5929741	13,4536	5,6567	0,00552	5,1985	1	56,86	257,30
182	33124	6028568	13,4907	5,6671	0,00549	5,2040	2	57,18	260,16
183	33489	6128487	13,5277	5,6774	0,00546	5,2095	3	57,49	263,02
184	33856	6229504	13,5647	5,6877	0,00543	5,2149	4	57,81	265,90
185	34225	6331625	13,6015	5,6980	0,00541	5,2204	5	58,12	268,80
186	34596	6434856	13,6382	5,7083	0,00538	5,2257	6	58,43	271,72
187	34969	6539203	13,6748	5,7185	0,00535	5,2311	7	58,75	274,65
188	35344	6644672	13,7113	5,7287	0,00532	5,2364	8	59,06	277,59
189	35721	6751269	13,7477	5,7388	0,00529	5,2417	9	59,38	280,55
190	36100	6859000	13,7840	5,7489	0,00526	5,2470	19,0	59,69	283,53
191	36481	6967871	13,8203	5,7590	0,00524	5,2523	1	60,00	286,52
192	36864	7077888	13,8564	5,7690	0,00521	5,2575	2	60,32	289,53
193	37249	7189057	13,8924	5,7790	0,00518	5,2627	3	60,63	292,55
194	37636	7301384	13,9284	5,7890	0,00515	5,2679	4	60,95	295,59
195	38025	7414875	13,9642	5,7989	0,00513	5,2730	5	61,26	298,65
196	38416	7529536	14,0000	5,8088	0,00510	5,2781	6	61,58	301,72
197	38809	7645373	14,0357	5,8186	0,00508	5,2832	7	61,89	304,81
198	39204	7762392	14,0712	5,8285	0,00505	5,2883	8	62,20	307,91
199	39601	7880599	14,1067	5,8383	0,00503	5,2933	9	62,52	311,03
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	0,00500	5,2983	20,0	62,83	314,16
201	40401	8120601	14,1774	5,8578	0,00498	5,3033	1	63,15	317,31
202	40804	8242408	14,2127	5,8675	0,00495	5,3083	2	63,46	320,47
203	41209	8365427	14,2478	5,8771	0,00493	5,3132	3	63,77	323,65
204	41616	8489664	14,2829	5,8868	0,00490	5,3181	4	64,09	326,85
205	42025	8615125	14,3178	5,8964	0,00488	5,3230	5	64,40	330,06
206	42436	8741816	14,3527	5,9059	0,00485	5,3279	6	64,72	333,29
207	42849	8869743	14,3875	5,9155	0,00483	5,3327	7	65,03	336,54
208	43264	8998912	14,4223	5,9250	0,00481	5,3375	8	65,35	339,79
209	43681	9129323	14,4568	5,9345	0,00478	5,3423	9	65,66	343,07
210	44100	9261000	14,4914	5,9439	0,00476	5,3471	21,0	65,97	346,36
211	44521	9393931	14,5258	5,9533	0,00474	5,3519	1	66,29	349,67
212	44944	9528128	14,5602	5,9627	0,00472	5,3566	2	66,60	352,99

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\left.\begin{matrix}\log\\ \text{nat}\end{matrix}\right\}n$	d = 0,1n	π d	$\frac{1}{4}\pi d^2$
213	45369	9663597	14,5945	5,9721	0,00469	5,3613	3	66,92	356,33
214	45796	9800344	14,6287	5,9814	0,00467	5,3660	4	67,23	359,68
215	46225	9938375	14,6629	5,9907	0,00465	5,3706	5	67,54	363,05
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	0,00463	5,3753	6	67,86	366,44
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	0,00461	5,3799	7	68,17	369,84
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	0,00459	5,3845	8	68,49	373,25
219	47961	10503459	14,7986	6,0277	0,00457	5,3891	9	68,80	376,68
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	0,00455	5,3936	22,0	69,12	380,13
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	0,00452	5,3982	1	69,43	383,60
222	49284	10941048	14,8997	6,0550	0,00450	5,4027	2	69,74	387,08
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	0,00448	5,4072	3	70,06	390,57
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	0,00446	5,4116	4	70,37	394,08
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	0,00444	5,4161	5	70,69	397,61
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	0,00442	5,4205	6	71,00	401,15
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	0,00441	5,4250	7	71,31	404,71
228	51984	11852352	15,0997	6,1091	0,00439	5,4293	8	71,63	408,28
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	0,00437	5,4337	9	71,94	411,87
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	0,00435	5,4381	23,0	72,26	415,48
231	53361	12326391	15,1987	6,1358	0,00433	5,4424	1	72,57	419,10
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	0,00431	5,4467	2	72,88	422,73
233	54289	12649337	15,2643	6,1534	0,00429	5,4510	3	73,20	426,38
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	0,00427	5,4553	4	73,51	430,05
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	0,00426	5,4596	5	73,83	433,74
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	0,00424	5,4638	6	74,14	437,44
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	0,00422	5,4681	7	74,46	441,15
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	0,00420	5,4723	8	74,77	444,88
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	0,00418	5,4765	9	75,08	448,63
240	57600	13824000	15,4919	6 2145	0,00417	5,4806	24,0	75,40	452,39
241	58081	13997521	15,5242	6,2231	0,00415	5,4848	1	75,71	456,17
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	0,00413	5,4889	2	76,03	459,96
243	59049	14348907	15,5885	6,2403	0,00412	5,4931	3	76,34	463,77
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	0,00410	5,4972	4	76,65	467,59
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	0,00408	5,5013	5	76,97	471,44
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	0,00407	5,5053	6	77,28	475,29
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	0,00405	5,5094	7	77,60	479,16
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	0,00403	5,5134	8	77,91	483,05
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	0,00402	5,5175	9	78,23	486,95
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	0,00400	5,5215	25,0	78,54	490,87
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	0,00398	5,5255	1	78,85	494,81
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	0,00397	5,5294	2	79,17	498,76
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	0,00395	5,5334	3	79,48	502,73
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	0,00394	5,5373	4	79,80	506,71
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	0,00392	5,5413	5	80,11	510,71
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	0,00391	5,5452	6	80,42	514,72

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	0,00389	5,5491	7	80,74	518,75
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	0,00388	5,5530	8	81,05	522,79
259	67081	17373979	16,0935	6,3743	0,00386	5,5568	9	81,37	526,85
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	0,00385	5,5607	26,0	81,68	530,93
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	0,00383	5,5645	1	82,00	535,02
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	0,00382	5,5683	2	82,31	539,13
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	0,00380	5,5722	3	82,62	543,25
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	0,00379	5,5759	4	82,94	547,39
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	0,00377	5,5797	5	83,25	551,55
266	70756	18821096	16,3095	6,4312	0,00376	5,5835	6	83,57	555,72
267	71289	19034163	16,3401	6,4393	0,00375	5,5872	7	83,88	559,90
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	0,00373	5,5910	8	84,19	564,10
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	0,00372	5,5947	9	84,51	568,32
270	72900	19683000	16,4317	6,4633	0,00370	5,5984	27,0	84,82	572,56
271	73441	19902511	16,4621	6,4713	0,00369	5,6021	1	85,14	576,80
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	0,00368	5,6058	2	85,45	581,07
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	0,00366	5,6095	3	85,77	585,35
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	0,00365	5,6131	4	86,08	589,65
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	0,00364	5,6168	5	86,39	593,96
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	0,00362	5,6204	6	86,71	598,28
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	0,00361	5,6240	7	87,02	602,63
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	0,00360	5,6276	8	87,34	606,99
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	0,00358	5,6312	9	87,65	611,36
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	0,00357	5,6348	28,0	87,96	615,75
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	0,00356	5,6384	1	88,28	620,16
282	79524	22425768	16,7929	6,5577	0,00355	5,6419	2	88,59	624,58
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	0,00353	5,6454	3	88,91	629,02
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	0,00352	5,6490	4	89,22	633,47
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	0,00351	5,6525	5	89,54	637,94
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	0,00350	5,6560	6	89,85	642,42
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	0,00348	5,6595	7	90,16	646,92
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	0,00347	5,6630	8	90,48	651,44
289	83521	24137569	17,0000	6,6115	0,00346	5,6664	9	90,79	655,97
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	0,00345	5,6699	29,0	91,11	660,52
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	0,00344	5,6733	1	91,42	665,08
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	0,00342	5,6768	2	91,73	669,66
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	0,00341	5,6802	3	92,05	674,26
294	86436	25412184	17,1464	6,6492	0,00340	5,6836	4	92,36	678,87
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	0,00339	5,6870	5	92,68	683,49
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	0,00338	5,6904	6	92,99	688,13
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	0,00337	5,6937	7	93,31	692,79
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	0,00336	5,6971	8	93,62	697,46
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	0,00334	5,7004	9	93,93	702,15
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	0,00333	5,7038	30,0	94,25	706,86

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	0,00332	5,7071	1	94.56	711,58
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	0,00331	5,7104	2	94,88	716,31
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	0,00330	5,7137	3	95,19	721,07
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	0,00329	5,7170	4	95,50	725,83
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	0,00328	5,7203	5	95,82	730,62
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	0,00327	5,7236	6	96,13	735,42
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	0,00326	5,7268	7	96,45	740,23
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	0,00325	5,7301	8	96,76	745,06
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	0,00324	5,7333	9	97,08	749,91
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	0,00323	5,7366	31,0	97,39	754,77
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	0,00322	5,7398	1	97,70	759,64
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	0,00321	5,7430	2	98,02	764,54
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	0,00319	5,7462	3	98,33	769,44
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	0,00318	5,7494	4	98,65	774,37
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	0,00317	5,7526	5	98,96	779,31
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	0,00316	5,7557	6	99,27	784,27
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	0,00315	5,7589	7	99,59	789,24
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	0,00314	5,7621	8	99,90	794,23
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	0,00313	5,7652	9	100,2	799,23
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	0,00313	5,7683	32,0	100,5	804,25
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	0,00312	5,7714	1	100,8	809,28
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	0,00311	5,7746	2	101,2	814,33
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	0,00310	5,7777	3	101,5	819,40
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	0,00309	5,7807	4	101,8	824,48
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	0,00308	5,7838	5	102,1	829,58
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	0,00307	5,7869	6	102,4	834,69
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	0,00306	5,7900	7	102,7	839,82
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	0,00305	5,7930	8	103,0	844,96
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	0,00304	5,7961	9	103,4	850,12
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	0,00303	5,7991	33,0	103,7	855,30
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	0,00302	5,8021	1	104,0	860,49
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	0,00301	5,8051	2	104,3	865,70
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	0,00300	5,8081	3	104,6	870,92
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	0,00299	5,8111	4	104,9	876,16
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	0,00299	5,8141	5	105,2	881,41
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	0,00298	5,8171	6	105,6	886,68
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	0,00297	5,8201	7	105,9	891,97
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	0,00296	5,8230	8	106,2	897,27
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	0,00295	5,8260	9	106,5	902,59
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	0,00294	5,8289	34,0	106,8	907,92
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	0,00293	5,8319	1	107,1	913,27
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	0,00292	5,8348	2	107,4	918,63
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	0,00292	5,8377	3	107,8	924,01
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	0,00291	5,8406	4	108,1	929,41

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	0,00290	5,8435	5	108,4	934,82
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	0,00289	5,8464	6	108,7	940,25
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	0,00288	5,8493	7	109,0	945,69
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	0,00287	5,8522	8	109,3	951,15
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	0,00287	5,8551	9	109,6	956,62
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	0,00286	5,8579	35,0	110,0	962,11
351	123201	43243551	18,7350	7,0540	0,00285	5,8608	1	110,3	967,62
352	123904	43614208	18,7617	7,0607	0,00284	5,8636	2	110,6	973,14
353	124609	43986977	18,7883	7,0674	0,00283	5,8665	3	110,9	978,68
354	125316	44361864	18,8149	7,0740	0,00282	5,8693	4	111,2	984,23
355	126025	44738875	18,8414	7,0807	0,00282	5,8721	5	111,5	989,80
356	126736	45118016	18,8680	7,0873	0,00281	5,8749	6	111,8	995,38
357	127449	45499293	18,8944	7,0940	0,00280	5,8777	7	112,2	1001,0
358	128164	45882712	18,9209	7,1006	0,00279	5,8805	8	112,5	1006,6
359	128881	46268279	18,9473	7,1072	0,00279	5,8833	9	112,8	1012,2
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	0,00278	5,8861	36,0	113,1	1017,9
361	130321	47045881	19,0000	7,1204	0,00277	5,8889	1	113,4	1023,5
362	131044	47437928	19,0263	7,1269	0,00276	5,8916	2	113,7	1029,2
363	131769	47832147	19,0526	7,1335	0,00275	5,8944	3	114,0	1034,9
364	132496	48228544	19,0788	7,1400	0,00275	5,8972	4	114,4	1040,6
365	133225	48627125	19,1050	7,1466	0,00274	5,8999	5	114,7	1046,3
366	133956	49027896	19,1311	7,1531	0,00273	5,9026	6	115,0	1052,1
367	134689	49430863	19,1572	7,1596	0,00272	5,9054	7	115,3	1057,8
368	135424	49836032	19,1833	7,1661	0,00272	5,9081	8	115,6	1063,6
369	136161	50243409	19,2094	7,1726	0,00271	5,9108	9	115,9	1069,4
370	136900	50653000	19,2354	7,1791	0,00270	5,9135	37,0	116,2	1075,2
371	137641	51064811	19,2614	7,1855	0,00270	5,9162	1	116,6	1081,0
372	138384	51478848	19,2873	7,1920	0,00269	5,9189	2	116,9	1086,9
373	139129	51895117	19,3132	7,1984	0,00268	5,9216	3	117,2	1092,7
374	139876	52313624	19,3391	7,2048	0,00267	5,9243	4	117,5	1098,6
375	140625	52734375	19,3649	7,2112	0,00267	5,9269	5	117,8	1104,5
376	141376	53157376	19,3907	7,2177	0,00266	5,9296	6	118,1	1110,4
377	142129	53582633	19,4165	7,2240	0,00265	5,9322	7	118,4	1116,3
378	142884	54010152	19,4422	7,2304	0,00265	5,9349	8	118,8	1122,2
379	143641	54439939	19,4679	7,2368	0,00264	5,9375	9	119,1	1128,1
380	144400	54872000	19,4936	7,2432	0,00263	5,9402	38,0	119,4	1134,1
381	145161	55306341	19,5192	7,2495	0,00262	5,9428	1	119,7	1140,1
382	145924	55742968	19,5448	7,2558	0,00262	5,9454	2	120,0	1146,1
383	146689	56181887	19,5704	7,2622	0,00261	5,9480	3	120,3	1152,1
384	147456	56623104	19,5959	7,2685	0,00260	5,9506	4	120,6	1158,1
385	148225	57066625	19,6214	7,2748	0,00260	5,9532	5	121,0	1164,2
386	148996	57512456	19,6469	7,2811	0,00259	5,9558	6	121,3	1170,2
387	149769	57960603	19,6723	7,2874	0,00258	5,9584	7	121,6	1176,3
388	150544	58411072	19,6977	7,2936	0,00258	5,9610	8	121,9	1182,4

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
389	151321	58863869	19,7231	7,2999	0,00257	5,9636	9	122,2	1188,5
390	152100	59319000	19,7484	7,3061	0,00256	5,9661	39,0	122,5	1194,6
391	152881	59776471	19,7737	7,3124	0,00256	5,9687	1	122,8	1200,7
392	153664	60236288	19,7990	7,3186	0,00255	5,9713	2	123,2	1206,9
393	154449	60698457	19,8242	7,3248	0,00254	5,9738	3	123,5	1213,0
394	155236	61162984	19,8494	7,3310	0,00254	5,9764	4	123,8	1219,2
395	156025	61629875	19,8746	7,3372	0,00253	5,9789	5	124,1	1225,4
396	156816	62099136	19,8997	7,3434	0,00253	5,9814	6	124,4	1231,6
397	157609	62570773	19,9249	7,3496	0,00252	5,9839	7	124,7	1237,9
398	158404	63044792	19,9499	7,3558	0,00251	5,9865	8	125,0	1244,1
399	159201	63521199	19,9750	7,3619	0,00251	5,9890	9	125,3	1250,4
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	0,00250	5,9914	40,0	125,7	1256,6
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	0,00249	5,9940	1	126,0	1262,9
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	0,00249	5,9965	2	126,3	1269,2
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	0,00248	5,9989	3	126,6	1275,6
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	0,00248	6,0014	4	126,9	1281,9
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	0,00247	6,0039	5	127,2	1288,2
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	0,00246	6,0064	6	127,5	1294,6
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	0,00246	6,0088	7	127,9	1301,0
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	0,00245	6,0113	8	128,2	1307,4
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	0,00244	6,0137	9	128,5	1313,8
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	0,00244	6,0162	41,0	128,8	1320,3
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	0,00243	6,0186	1	129,1	1326,7
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	0,00243	6,0210	2	129,4	1333,2
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	0,00242	6,0234	3	129,7	1339,6
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	0,00242	6,0259	4	130,1	1346,1
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	0,00241	6,0283	5	130,4	1352,7
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	0,00240	6,0307	6	130,7	1359,2
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	0,00240	6,0331	7	131,0	1365,7
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	0,00239	6,0355	8	131,3	1372,3
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	0,00239	6,0379	9	131,6	1378,9
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	0,00238	6,0403	42,0	131,9	1385,4
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	0,00238	6,0426	1	132,3	1392,0
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	0,00237	6,0450	2	132,6	1398,7
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	0,00236	6,0474	3	132,9	1405,3
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	0,00236	6,0497	4	133,2	1412,0
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	0,00235	6,0521	5	133,5	1418,6
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	0,00235	6,0544	6	133,8	1425,3
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	0,00234	6,0568	7	134,1	1432,0
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	0,00234	6,0591	8	134,5	1438,7
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	0,00233	6,0615	9	134,8	1445,5
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	0,00233	6,0638	43,0	135,1	1452,2
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	0,00232	6,0661	1	135,4	1459,0
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	0,00231	6,0684	2	135,7	1465,7

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	π d	$\frac{1}{4}\pi d^2$
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	0,00231	6,0707	3	136,0	1472,5
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	0,00230	6,0730	4	136,3	1479,3
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	0,00230	6,0753	5	136,7	1486,2
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	0,00229	6,0776	6	137,0	1493,0
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	0,00229	6,0799	7	137,3	1499,9
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	0,00228	6,0822	8	137,6	1506,7
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	0,00228	6,0845	9	137,9	1513,6
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	0,00227	6,0868	44,0	138,2	1520,5
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	0,00227	6,0890	1	138,5	1527,5
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	0,00226	6,0913	2	138,9	1534,4
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	0,00226	6,0936	3	139,2	1541,3
444	197136	87528384	21,0713	7,6289	0,00225	6,0958	4	139,5	1548,3
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	0,00225	6,0981	5	139,8	1555,3
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	0,00224	6,1003	6	140,1	1562,3
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	0,00224	6,1026	7	140,4	1569,3
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	0,00223	6,1048	8	140,7	1576,3
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	0,00223	6,1070	9	141,1	1583,4
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	0,00222	6,1092	45,0	141,4	1590,4
451	203401	91733851	21,2368	7,6688	0,00222	6,1115	1	141,7	1597,5
452	204304	92345408	21,2603	7,6744	0,00221	6,1137	2	142,0	1604,6
453	205209	92959677	21,2838	7,6801	0,00221	6,1159	3	142,3	1611,7
454	206116	93576664	21,3073	7,6857	0,00220	6,1181	4	142,6	1618,8
455	207025	94196375	21,3307	7,6914	0,00220	6,1203	5	142,9	1626,0
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	0,00219	6,1225	6	143,3	1633,1
457	208849	95443993	21,3776	7,7026	0,00219	6,1247	7	143,6	1640,3
458	209764	96071912	21,4009	7,7082	0,00218	6,1269	8	143,9	1647,5
459	210681	96702579	21,4243	7,7138	0,00218	6,1291	9	144,2	1654,7
460	211600	97336000	21,4476	7,7194	0,00217	6,1312	46,0	144,5	1661,9
461	212521	97972181	21,4709	7,7250	0,00217	6,1334	1	144,8	1669,1
462	213444	98611128	21,4942	7,7306	0,00216	6,1356	2	145,1	1676,4
463	214369	99252847	21,5174	7,7362	0,00216	6,1377	3	145,5	1683,7
464	215296	99897344	21,5407	7,7418	0,00216	6,1399	4	145,8	1690,9
465	216225	100544625	21,5639	7,7473	0,00215	6,1420	5	146,1	1698,2
466	217156	101194696	21,5870	7,7529	0,00215	6,1442	6	146,4	1705,5
467	218089	101847563	21,6102	7,7584	0,00214	6,1463	7	146,7	1712,9
468	219024	102503232	21,6333	7,7639	0,00214	6,1485	8	147,0	1720,2
469	219961	103161709	21,6564	7,7695	0,00213	6,1506	9	147,3	1727,6
470	220900	103823000	21,6795	7,7750	0,00213	6,1527	47,0	147,7	1734,9
471	221841	104487111	21,7025	7,7805	0,00212	6,1549	1	148,0	1742,3
472	222784	105154048	21,7256	7,7860	0,00212	6,1570	2	148,3	1749,7
473	223729	105823817	21,7486	7,7915	0,00211	6,1591	3	148,6	1757,2
474	224676	106496424	21,7715	7,7970	0,00211	6,1612	4	148,9	1764,6
475	225625	107171875	21,7945	7,8025	0,00211	6,1633	5	149,2	1772,1
476	226576	107850176	21,8174	7,8079	0,00210	6,1654	6	149,5	1779,5

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
477	227529	108531333	21,8403	7,8134	0,00210	6,1675	7	149,9	1787,0
478	228484	109215352	21,8632	7,8188	0,00209	6,1696	8	150,2	1794,5
479	229441	109902239	21,8861	7,8243	0,00209	6,1717	9	150,5	1802,0
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	0,00208	6,1738	48,0	150,8	1809,6
481	231361	111284641	21,9317	7,8352	0,00208	6,1759	1	151,1	1817,1
482	232324	111980168	21,9545	7,8406	0,00207	6,1779	2	151,4	1824,7
483	233289	112678587	21,9773	7,8460	0,00207	6,1800	3	151,7	1832,2
484	234256	113379904	22,0000	7,8514	0,00207	6,1821	4	152,1	1839,8
485	235225	114084125	22,0227	7,8568	0,00206	6,1841	5	152,4	1847,5
486	236196	114791256	22,0454	7,8622	0,00206	6,1862	6	152,7	1855,1
487	237169	115501303	22,0681	7,8676	0,00205	6,1883	7	153,0	1862,7
488	238144	116214272	22,0907	7,8730	0,00205	6,1903	8	153,3	1870,4
489	239121	116930169	22,1133	7,8784	0,00204	6,1924	9	153,6	1878,1
490	240100	117649000	22,1359	7,8837	0,00204	6,1944	49,0	153,9	1885,7
491	241081	118370771	22,1585	7,8891	0,00204	6,1964	1	154,3	1893,4
492	242064	119095488	22,1811	7,8944	0,00203	6,1985	2	154,6	1901,2
493	243049	119823157	22,2036	7,8998	0,00203	6,2005	3	154,9	1908,9
494	244036	120553784	22,2261	7,9051	0,00202	6,2025	4	155,2	1916,7
495	245025	121287375	22,2486	7,9105	0,00202	6,2046	5	155,5	1924,4
496	246016	122023936	22,2711	7,9158	0,00202	6,2066	6	155,8	1932,2
497	247009	122763473	22,2935	7,9211	0,00201	6,2086	7	156,1	1940,0
498	248004	123505992	22,3159	7,9264	0,00201	6,2106	8	156,5	1947,8
499	249001	124251499	22,3383	7,9317	0,00200	6,2126	9	156,8	1955,6
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	0,00200	6,2146	50,0	157,1	1963,5
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	0,00200	6,2166	1	157,4	1971,4
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	0,00199	6,2186	2	157,7	1979,2
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	0,00199	6,2206	3	158,0	1987,1
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	0,00198	6,2226	4	158,3	1995,0
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	0,00198	6,2246	5	158,7	2003,0
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	0,00198	6,2265	6	159,0	2010,9
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	0,00197	6,2285	7	159,3	2018,9
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	0,00197	6,2305	8	159,6	2026,8
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	0,00196	6,2324	9	159,9	2034,8
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	0,00196	6,2344	51,0	160,2	2042,8
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	0,00196	6,2364	1	160,5	2050,8
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	0,00195	6,2383	2	160,8	2058,9
513	263169	135005697	22,6495	8,0052	0,00195	6,2403	3	161,2	2066,9
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	0,00195	6,2422	4	161,5	2075,0
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	0,00194	6,2442	5	161,8	2083,1
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	0,00194	6,2461	6	162,1	2091,2
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	0,00193	6,2480	7	162,4	2099,3
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	0,00193	6,2500	8	162,7	2107,4
519	269361	139798359	22,7816	8,0363	0,00193	6,2519	9	163,0	2115,6
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	0,00192	6,2538	52,0	163,4	2123,7

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	0,00192	6,2558	1	163,7	2131,9
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	0,00192	6,2577	2	164,0	2140,1
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	0,00191	6,2596	3	164,3	2148,3
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	0,00191	6,2615	4	164,6	2156,5
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	0,00190	6,2634	5	164,9	2164,8
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	0,00190	6,2653	6	165,2	2173,0
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	0,00190	6,2672	7	165,6	2181,3
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	0,00189	6,2691	8	165,9	2189,6
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	0,00189	6,2710	9	166,2	2197,9
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	0,00189	6,2729	53,0	166,5	2206,2
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	0,00188	6,2748	1	166,8	2214,5
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	0,00188	6,2766	2	167,1	2222,9
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	0,00188	6,2785	3	167,4	2231,2
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	0,00187	6,2804	4	167,8	2239,6
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	0,00187	6,2823	5	168,1	2248,0
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	0,00187	6,2841	6	168,4	2256,4
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	0,00186	6,2860	7	168,7	2264,8
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	0,00186	6,2879	8	169,0	2273,3
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	0,00186	6,2897	9	169,3	2281,7
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	0,00185	6,2916	54,0	169,6	2290,2
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	0,00185	6,2934	1	170,0	2298,7
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	0,00185	6,2953	2	170,3	2307,2
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	0,00184	6,2971	3	170,6	2315,7
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	0,00184	6,2989	4	170,9	2324,3
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	0,00183	6,3008	5	171,2	2332,8
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	0,00183	6,3026	6	171,5	2341,4
547	299209	163667323	23,3880	8,1783	0,00183	6,3044	7	171,8	2350,0
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	0,00182	6,3063	8	172,2	2358,6
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	0,00182	6,3081	9	172,5	2367,2
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	0,00182	6,3099	55,0	172,8	2375,8
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	0,00181	6,3117	1	173,1	2384,5
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	0,00181	6,3135	2	173,4	2393,1
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	0,00181	6,3154	3	173,7	2401,8
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	0,00181	6,3172	4	174,0	2410,5
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	0,00180	6,3190	5	174,4	2419,2
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	0,00180	6,3208	6	174,7	2427,9
557	310249	172808693	23,6008	8,2278	0,00180	6,3226	7	175,0	2436,7
558	311364	173741112	23,6220	8,2327	0,00179	6,3244	8	175,3	2445,4
559	312481	174676879	23,6432	8,2377	0,00179	6,3261	9	175,6	2454,2
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	0,00179	6,3279	56,0	175,9	2463,0
561	314721	176558481	23,6854	8,2475	0,00178	6,3297	1	176,2	2471,8
562	315844	177504328	23,7065	8,2524	0,00178	6,3315	2	176,6	2480,6
563	316969	178453547	23,7276	8,2573	0,00178	6,3333	3	176,9	2489,5
564	318096	179406144	23,7487	8,2621	0,00177	6,3350	4	177,2	2498,3

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
565	319225	180362125	23,7697	8,2670	0,00177	6,3368	5	177,5	2507,2
566	320356	181321496	23,7908	8,2719	0,00177	6,3386	6	177,8	2516,1
567	321489	182284263	23,8118	8,2768	0,00176	6,3404	7	178,1	2525,0
568	322624	183250432	23,8328	8,2816	0,00176	6,3421	8	178,4	2533,9
569	323761	184220009	23,8537	8,2865	0,00176	6,3439	9	178,8	2542,8
570	324900	185193000	23,8747	8,2913	0,00175	6,3456	57,0	179,1	2551,8
571	326041	186169411	23,8956	8,2962	0,00175	6,3474	1	179,4	2560,7
572	327184	187149248	23,9165	8,3010	0,00175	6,3491	2	179,7	2569,7
573	328329	188132517	23,9374	8,3059	0,00175	6,3509	3	180,0	2578,7
574	329476	189119224	23,9583	8,3107	0,00174	6,3526	4	180,3	2587,7
575	330625	190109375	23,9792	8,3155	0,00174	6,3544	5	180,6	2596,7
576	331776	191102976	24,0000	8,3203	0,00174	6,3561	6	181,0	2605,8
577	332929	192100033	24,0208	8,3251	0,00173	6,3578	7	181,3	2614,8
578	334084	193100552	24,0416	8,3300	0,00173	6,3596	8	181,6	2623,9
579	335241	194104539	24,0624	8,3348	0,00173	6,3613	9	181,9	2633,0
580	336400	195112000	24,0832	8,3396	0,00172	6,3630	58,0	182,2	2642,1
581	337561	196122941	24,1039	8,3443	0,00172	6,3647	1	182,5	2651,2
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	0,00172	6,3665	2	182,8	2660,3
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	0,00172	6,3682	3	183,2	2669,5
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	0,00171	6,3699	4	183,5	2678,6
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	0,00171	6,3716	5	183,8	2687,8
586	343396	201230056	24,2074	8,3682	0,00171	6,3733	6	184,1	2697,0
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	0,00170	6,3750	7	184,4	2706,2
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	0,00170	6,3767	8	184,7	2715,5
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	0,00170	6,3784	9	185,0	2724,7
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	0,00169	6,3801	59,0	185,4	2734,0
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	0,00169	6,3818	1	185,7	2743,2
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	0,00169	6,3835	2	186,0	2752,5
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	0,00169	6,3852	3	186,3	2761,8
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	0,00168	6,3869	4	186,6	2771,2
595	354025	210644875	24,3926	8,4108	0,00168	6,3886	5	186,9	2780,5
596	355216	211708736	24,4131	8,4155	0,00168	6,3902	6	187,2	2789,9
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	0,00168	6,3919	7	187,6	2799,2
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	0,00167	6,3936	8	187,9	2808,6
599	358801	214921799	24,4745	8,4296	0,00167	6,3953	9	188,2	2818,0
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	0,00167	6,3969	60,0	188,5	2827,4
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	0,00166	6,3986	1	188,8	2836,9
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	0,00166	6,4003	2	189,1	2846,3
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	0,00166	6,4019	3	189,4	2855,8
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	0,00166	6,4036	4	189,8	2865,3
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	0,00165	6,4052	5	190,1	2874,8
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	0,00165	6,4069	6	190,4	2884,3
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	0,00165	6,4085	7	190,7	2893,8
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	0,00164	6,4102	8	191,0	2903,3

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	0,00164	6,4118	9	191,3	2912,9
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	0,00164	6,4135	61,0	191,6	2922,5
611	373321	228099131	24,7184	8,4856	0,00164	6,4151	1	192,0	2932,1
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	0,00163	6,4167	2	192,3	2941,7
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	0,00163	6,4184	3	192,6	2951,3
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	0,00163	6,4200	4	192,9	2960,9
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	0,00163	6,4216	5	193,2	2970,6
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	0,00162	6,4232	6	193,5	2980,2
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	0,00162	6,4249	7	193,8	2989,9
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	0,00162	6,4265	8	194,2	2999,6
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	0,00162	6,4281	9	194,5	3009,3
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	0,00161	6,4297	62,0	194,8	3019,1
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	0,00161	6,4313	1	195,1	3028,8
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	0,00161	6,4329	2	195,4	3038,6
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	0,00161	6,4345	3	195,7	3048,4
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	0,00160	6,4361	4	196,0	3058,2
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	0,00160	6,4377	5	196,3	3068,0
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	0,00160	6,4393	6	196,7	3077,8
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	0,00159	6,4409	7	197,0	3087,6
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	0,00159	6,4425	8	197,3	3097,5
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	0,00159	6,4441	9	197,6	3107,4
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	0,00159	6,4457	63,0	197,9	3117,2
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	0,00158	6,4473	1	198,2	3127,1
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	0,00158	6,4489	2	198,5	3137,1
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	0,00158	6,4505	3	198,9	3147,0
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	0,00158	6,4521	4	199,2	3157,0
635	403225	256047875	25,1992	8,5952	0,00157	6,4536	5	199,5	3166,9
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	0,00157	6,4552	6	199,8	3176,9
637	405769	258474853	25,2389	8,6043	0,00157	6,5468	7	200,1	3186,9
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	0,00157	6,4583	8	200,4	3196,9
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	0,00156	6,4599	9	200,7	3206,9
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	0,00156	6,4615	64,0	201,1	3217,0
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	0,00156	6,4630	1	201,4	3227,1
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	0,00156	6,4646	2	201,7	3237,1
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	0,00156	6,4661	3	202,0	3247,2
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	0,00155	6,4677	4	202,3	3257,3
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	0,00155	6,4693	5	202,6	3267,5
646	417316	269586136	25,4165	8,6446	0,00155	6,4708	6	202,9	3277,6
647	418609	270840023	25,4362	8,6490	0,00155	6,4724	7	203,3	3287,7
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	0,00154	6,4739	8	203,6	3297,9
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	0,00154	6,4754	9	203,9	3308,1
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	0,00154	6,4770	65,0	204,2	3318,3
651	423801	275894451	25,5147	8,6668	0,00154	6,4785	1	204,5	3328,5
652	425104	277167808	25,5343	8,6713	0,00153	6,4800	2	204,8	3338,8

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\left.\begin{matrix}\log\\ \text{nat}\end{matrix}\right\}n$	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
653	426409	278445077	25,5539	8,6757	0,00153	6,4816	3	205,1	3349,0
654	427716	279726264	25,5734	8,6801	0,00153	6,4831	4	205,5	3359,3
655	429025	281011375	25,5930	8,6845	0,00153	6,4346	5	205,8	3369,6
656	430336	282300416	25,6125	8,6890	0,00152	6,4862	6	206,1	3379,9
657	431649	283593393	25,6320	8,6934	0,00152	6,4877	7	206,4	3390,2
658	432964	284890312	25,6515	8,6978	0,00152	6,4892	8	206,7	3400,5
659	434281	286191179	25,6710	8,7022	0,00152	6,4907	9	207,0	3410,8
660	435600	287496000	25,6905	8,7066	0,00152	6,4922	66,0	207,3	3421,2
661	436921	288804781	25,7099	8,7110	0,00151	6,4937	1	207,7	3431,6
662	438244	290117528	25,7294	8,7154	0,00151	6,4953	2	208,0	3442,0
663	439569	291434247	25,7488	8,7198	0,00151	6,4968	3	208,3	3452,4
664	440896	292754944	25,7682	8,7241	0,00151	6,4983	4	208,6	3462,8
665	442225	294079625	25,7876	8,7285	0,00150	6,4998	5	208,9	3473,2
666	443556	295408296	25,8070	8,7329	0,00150	6,5013	6	209,2	3483,7
667	444889	296740963	25,8263	8,7373	0,00150	6,5028	7	209,5	3494,2
668	446224	298077632	25,8457	8,7416	0,00150	6,5043	8	209,9	3504,6
669	447561	299418309	25,8650	8,7460	0,00149	6,5058	9	210,2	3515,1
670	448900	300763000	25,8844	8,7503	0,00149	6,5073	67,0	210,5	3525,7
671	450241	302111711	25,9037	8,7547	0,00149	6,5088	1	210,8	3536,2
672	451584	303464448	25,9230	8,7590	0,00149	6,5103	2	211,1	3546,7
673	452929	304821217	25,9422	8,7634	0,00149	6,5118	3	211,4	3557,3
674	454276	306182024	25,9615	8,7677	0,00148	6,5132	4	211,7	3567,9
675	455625	307546875	25,9808	8,7721	0,00148	6,5147	5	212,1	3578,5
676	456976	308915776	26,0000	8,7764	0,00148	6,5162	6	212,4	3589,1
677	458329	310288733	26,0192	8,7807	0,00148	6,5177	7	212,7	3599,7
678	459684	311665752	26,0384	8,7850	0,00147	6,5191	8	213,0	3610,3
679	461041	313046839	26,0576	8,7893	0,00147	6,5206	9	213,3	3621,0
680	462400	314432000	26,0768	8,7937	0,00147	6,5221	68,0	213,6	3631,7
681	463761	315821241	26,0960	8,7980	0,00147	6,5236	1	213,9	3642,4
682	465124	317214568	26,1151	8,8023	0,00147	6,5250	2	214,3	3653,1
683	466489	318611987	26,1343	8,8066	0,00146	6,5265	3	214,6	3663,8
684	467856	320013504	26,1534	8,8109	0,00146	6,5280	4	214,9	3674,5
685	469225	321419125	26,1725	8,8152	0,00146	6,5294	5	215,2	3685,3
686	470596	322828856	26,1916	8,8194	0,00146	6,5309	6	215,5	3696,1
687	471969	324242703	26,2107	8,8237	0,00146	6,5323	7	215,8	3706,8
688	473344	325660672	26,2298	8,8280	0,00145	6,5338	8	216,1	3717,6
689	474721	327082769	26,2488	8,8323	0,00145	6,5352	9	216,5	3728,5
690	476100	328509000	26,2679	8,8366	0,00145	6,5367	69,0	216,8	3739,3
691	477481	329939371	26,2869	8,8408	0,00145	6,5381	1	217,1	3750,1
692	478864	331373888	26,3059	8,8451	0,00145	6,5396	2	217,4	3761,0
693	480249	332812557	26,3249	8,8493	0,00144	6,5410	3	217,7	3771,9
694	481636	334255384	26,3439	8,8536	0,00144	6,5425	4	218,0	3782,8
695	483025	335702375	26,3629	8,8578	0,00144	6,5439	5	218,3	3793,7
696	484416	337153536	26,3818	8,8621	0,00144	6,5443	6	218,7	3804,6

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
697	485809	338608873	26,4008	8,8663	0,00143	6,5468	7	219,0	3815,5
698	487204	340068392	26,4197	8,8706	0,00143	6,5482	8	219,3	3826,5
699	488601	341532099	26,4386	8,8748	0,00143	6,5496	9	219,6	3837,5
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	0,00143	6,5511	70,0	219,9	3848,5
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	0,00143	6,5525	1	220,2	3859,5
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	0,00142	6,5539	2	220,5	3870,5
703	494209	357428927	26,5141	8,8917	0,00142	6,5554	3	220,9	3881,5
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	0,00142	6,5568	4	221,2	3892,6
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	0,00142	6,5582	5	221,5	3903,6
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	0,00142	6,5596	6	221,8	3914,7
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	0,00141	6,5610	7	222,1	3925,8
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	0,00141	6,5624	8	222,4	3936,9
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	0,00141	6,5639	9	222,7	3948,0
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	0,00141	6,5653	71,0	223,1	3959,2
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	0,00141	6,5667	1	223,4	3970,4
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	0,00140	6,5681	2	223,7	3981,5
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	0,00140	6,5695	3	224,0	3992,7
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	0,00140	6,5709	4	224,3	4003,9
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	0,00140	6,5723	5	224,6	4015,2
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	0,00140	6,5737	6	224,9	4026,4
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	0,00139	6,5751	7	225,3	4037,6
718	515524	370146232	26,7955	8,9545	0,00139	6,5765	8	225,6	4048,9
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	0,00139	6,5779	9	225,9	4060,2
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	0,00139	6,5793	72,0	226,2	4071.5
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	0,00139	6,5806	1	226,5	4082,8
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	0,00139	6,5820	2	226,8	4094,2
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	0,00138	6,5834	3	227,1	4105,5
724	514176	379503424	26,9072	8,9794	0,00138	6.5848	4	227,5	4116,9
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	0,00138	6,5862	5	227,8	4128,2
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	0,00138	6,5876	6	228,1	4139,6
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	0,00138	6,5889	7	228,4	4151,1
728	529984	385828352	26,9815	8,9959	0,00137	6,5903	8	228,7	4162,5
729	531441	387420489	27,0000	9,0000	0,00137	6,5917	9	229,0	4173,9
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	0,00137	6,5930	73,0	229,3	4185,4
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	0,00137	6,5944	1	229,7	4196.9
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	0,00137	6,5958	2	230,0	4208,4
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	0,00136	6,5971	3	230,3	4219,9
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	0,00136	6,5985	4	230,6	4231,4
735	540225	397065375	27,1109	9,0246	0,00136	6,5999	5	230,9	4242,9
736	541696	398688256	27,1293	9,0287	0,00136	6,6012	6	231,2	4254,5
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	0,00136	6,6026	7	231,5	4266,0
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	0,00136	6,6039	8	231,8	4277,6
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	0,00135	6,6053	9	232,2	4289,2
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	0,00135	6,6066	74,0	232,5	4300,8

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4} \pi d^2$
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	0,00135	6,6080	1	232,8	4312,5
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	0,00135	6,6093	2	233,1	4324,1
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	0,00135	6,6107	3	233,4	4335,8
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	0,00134	6,6120	4	233,7	4347,5
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	0,00134	6,6134	5	234,0	4359,2
746	556516	415160936	27,3130	9,0694	0,00134	6,6147	6	234,4	4370,9
747	558009	416832723	27,3313	9,0735	0,00134	6,6161	7	234,7	4382,6
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	0,00134	6,6174	8	235,0	4394,3
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	0,00134	6,6187	9	335,3	4406,1
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	0,00133	6,6201	75,0	235,6	4417,6
751	564001	423564751	27,4014	9,0896	0,00133	6,6214	1	235,9	4429,7
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	0,00133	6,6227	2	236,2	4441,5
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	0,00133	6,6241	3	236,6	4453,3
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	0,00133	6,6254	4	236,9	4465,1
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	0,00132	6,6267	5	237,2	4477,0
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	0,00132	6,6280	6	237,5	4488,8
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	0,00132	6,6294	7	237,8	4500,7
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	0,00132	6,6307	8	238,1	4512,6
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	0,00132	6,6320	9	238,4	4524,5
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	0,00132	6,6333	76,0	238,8	4536,5
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	0,00131	6,6346	1	239,1	4548,4
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	0,00131	6,6359	2	239,4	4560,4
763	582169	444194947	27,6225	9,1378	0,00131	6,6373	3	239,7	4572,3
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	0,00131	6,6386	4	240,0	4584,3
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	0,00131	6,6399	5	240,3	4596,3
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	0,00131	6,6412	6	240,6	4608,4
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	0,00130	6,6425	7	241,0	4620,4
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	0,00130	6,6438	8	241,3	4632,5
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	0,00130	6,6451	9	241,6	4644,5
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	0,00130	6,6464	77,0	241,9	4656,6
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	0,00130	6,6477	1	242,2	4668,7
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	0,00130	6,6490	2	242,5	4680,8
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	0,00129	6,6503	3	242,8	4693,0
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	0,00129	6,6516	4	243,2	4705,1
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	0,00129	6,6529	5	243,5	4717,3
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	0,00129	6,6542	6	243,8	4729,5
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	0,00129	6,6554	7	244,1	4741,7
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	0,00129	6,6567	8	244,4	4753,9
779	606841	472729139	27,9106	9,2012	0,00128	6,6580	9	244,7	4766,1
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	0,00128	6,6593	78,0	245,0	4778,4
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	0,00128	6,6606	1	245,4	4790,6
782	611524	478211768	27,9643	9,2130	0,00128	6,6619	2	245,7	4802,9
783	613089	480048687	27,9821	9,2170	0,00128	6,6631	3	246,0	4815,2
784	614656	481890304	28,0000	9,2209	0,00128	6,6644	4	246,3	4827,5

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	π d	$\frac{1}{4}\pi d^2$
785	616225	483736625	28,0179	9,2248	0,00127	6,6657	5	246,6	4839,8
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	0,00127	6,6670	6	246,9	4852,2
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	0,00127	6,6682	7	247,2	4864,5
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	0,00127	6,6695	8	247,6	4876,9
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	0,00127	6,6708	9	247,9	4889,3
790	624100	493039000	28,1069	9,2443	0,00127	6,6720	79,0	248,2	4901,7
791	625681	494913671	28,1247	9,2482	0,00126	6,6733	1	248,5	4914,1
792	627264	496793088	28,1425	9,2521	0,00126	6,6746	2	248,8	4926,5
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	0,00126	6,6758	3	249,1	4939,0
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	0,00126	6,6771	4	249,4	4951,4
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	0,00126	6,6783	5	249,8	4963,9
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	0,00126	6,6796	6	250,1	4976,4
797	635209	506261573	28,2312	9,2716	0,00125	6,6809	7	250,4	4988,9
798	636804	508169592	28,2489	9,2754	0,00125	6,6821	8	250,7	5001,4
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	0,00125	6,6834	9	251,0	5014,0
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	0,00125	6,6846	80,0	251,3	5026,5
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	0,00125	6,6859	1	251,6	5039,1
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	0,00125	6,6871	2	252,0	5051,7
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	0,00125	6,6883	3	252,3	5064,3
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	0,00124	6,6896	4	252,6	5076,9
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	0,00124	6,6908	5	252,9	5089,6
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	0,00124	6,6921	6	253,2	5102,2
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	0,00124	6,6933	7	253,5	5114,9
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	0,00124	6,6946	8	253,8	5127,6
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	0,00124	6,6958	9	254,2	5140,3
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	0,00123	6,6970	81,0	254,5	5153,0
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	0,00123	6,6983	1	254,8	5165,7
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	0,00123	6,6995	2	255,1	5178,5
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	0,00123	6,7007	3	255,4	5191,2
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	0,00123	6,7020	4	255,7	5204,0
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	0,00123	6,7032	5	256,0	5216,8
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	0,00123	6,7044	6	256,4	5229,6
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	0,00122	6,7056	7	256,7	5242,4
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	0,00122	6,7069	8	257,0	5255,3
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	0,00122	6,7081	9	257,3	5268,1
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	0,00122	6,7093	82,0	257,6	5281,0
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	0,00122	6,7105	1	257,9	5293,9
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	0,00122	6,7117	2	258,2	5306,8
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	0,00122	6,7130	3	258,6	5319,7
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	0,00121	6,7142	4	258,9	5332,7
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	0,00121	6,7154	5	259,2	5345,6
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	0,00121	6,7166	6	259,5	5358,6
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	0,00121	6,7178	7	259,8	5371,6
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	0,00121	6,7190	8	260,1	5384,6

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	0,00121	6,7202	9	260,4	5397,6
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	0,00120	6,7214	83,0	260,8	5410,6
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	0,00120	6,7226	1	261,1	5423,7
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	0,00120	6,7238	2	261,4	5436,7
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	0,00120	6,7250	3	261,7	5449,8
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	0,00120	6,7262	4	262,0	5462,9
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	0,00120	6,7274	5	262,3	5476,0
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	0,00120	6,7286	6	262,6	5489,1
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	0,00119	6,7298	7	263,0	5502,3
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	0,00119	6,7310	8	263,3	5515,4
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	0,00119	6,7322	9	263,6	5528,6
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	0,00119	6,7334	84,0	263,9	5541,8
841	707281	594823321	29,0000	9,4391	0,00119	6,7346	1	264,2	5555,0
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	0,00119	6,7358	2	264,5	5568,2
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	0,00119	6,7370	3	264,8	5581,4
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	0,00118	6,7382	4	265,2	5594,7
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	0,00118	6,7393	5	265,5	5607,9
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	0,00118	6,7405	6	265,8	5621,2
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	0,00118	6,7417	7	266,1	5634,5
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	0,00118	6,7429	8	266,4	5647,8
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	0,00118	6,7441	9	266,7	5661,2
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	0,00118	6,7452	85,0	267,0	5674,5
851	724201	616295051	29,1719	9,4764	0,00118	6,7464	1	267,3	5687,9
852	725904	618470208	29,1890	9,4801	0,00117	6,7476	2	267,7	5701,2
853	727609	620650477	29,2062	9,4838	0,00117	6,7488	3	268,0	5714,6
854	729316	622835864	29,2233	9,4875	0,00117	6,7499	4	268,3	5728,0
855	731025	625026375	29,2404	9,4912	0,00117	6,7511	5	268,6	5741,5
856	732736	627222016	29,2575	9,4949	0,00117	6,7523	6	268,9	5754,9
857	734449	629422793	29,2746	9,4986	0,00117	6,7534	7	269,2	5768,3
858	736164	631628712	29,2916	9,5023	0,00117	6,7546	8	269,5	5781,8
859	737881	633839779	29,3087	9,5060	0,00116	6,7558	9	269,0	5795,3
860	739600	636056000	29,3258	9,5097	0,00116	6,7569	86,0	270,2	5808,8
861	741321	638277381	29,3428	9,5134	0,00116	6,7581	1	270,5	5822,3
862	743044	640503928	29,3598	9,5171	0,00116	6,7593	2	270,8	5835,9
863	744769	642735647	29,3769	9,5207	0,00116	6,7604	3	271,1	5849,4
864	746496	644972544	29,3939	9,5244	0,00116	6,7616	4	271,4	5863,0
865	748225	647214625	29,4109	9,5281	0,00116	6,7627	5	271,7	5876,5
866	749956	649461896	29,4279	9,5317	0,00115	6,7639	6	272,1	5890,1
867	751689	651714363	29,4449	9,5354	0,00115	6,7650	7	272,4	5903,8
868	753424	653972032	29,4618	9,5391	0,00115	6,7662	8	272,7	5917,4
869	755161	656234909	29,4788	9,5427	0,00115	6,7673	9	273,0	5931,0
870	756900	658503000	29,4958	9,5464	0,00115	6,7685	87,0	273,3	5944,7
871	758641	660776311	29,5127	9,5501	0,00115	6,7696	1	273,6	5958,4
872	760384	663054848	29,5296	9,5537	0,00115	6,7708	2	273,9	5972,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
873	762129	665338617	29,5466	9,5574	0,00115	6,7719	3	274,3	5985,7
874	763876	667627624	29,5635	9,5610	0,00114	6,7731	4	274,6	5999,5
875	765625	669921875	29,5804	9,5647	0,00114	6,7742	5	274,9	6013,2
876	767376	672221376	29,5973	9,5683	0,00114	6,7754	6	275,2	6027,0
877	769129	674526133	29,6142	9,5719	0,00114	6,7765	7	275,5	6040,7
878	770884	676836152	29,6311	9,5756	0,00114	6,7776	8	275,8	6054,5
879	772641	679151439	29,6479	9,5792	0,00114	6,7788	9	276,1	6068,3
880	774400	681472000	29,6648	9,5828	0,00114	6,7799	88,0	276,5	6082,1
881	776161	683797841	29,6816	9,5865	0,00114	6,7811	1	276,8	6096,0
882	777924	686128968	29,6985	9,5901	0,00113	6,7822	2	277,1	6109,8
883	779689	688465387	29,7153	9,5937	0,00113	6.7833	3	277,4	6123,7
884	781456	690807104	29,7321	9,5973	0,00113	6,7845	4	277,7	6137,5
885	783225	693154125	29,7489	9,6010	0,00113	6,7856	5	278,0	6151,4
886	784996	695506456	29,7658	9,6046	0,00113	6,7867	6	278,3	6165,3
887	786769	697864103	29,7825	9,6082	0,00113	6,7878	7	278,7	6179,3
888	788544	700227072	29,7993	9,6118	0,00113	6,7890	8	279,0	6193,2
889	790321	702595369	29,8161	9,6154	0,00112	6,7901	9	279,3	6207,2
890	792100	704969000	29,8329	9,6190	0,00112	6,7912	89,0	279,6	6221,1
891	793881	707347971	29,8496	9,6226	0,00112	6,7923	1	279,9	6235,1
892	795664	709732288	29,8664	9,6262	0,00112	6,7935	2	280,2	6249,1
893	797449	712121957	29,8831	9,6298	0,00112	6,7946	3	280,5	6263,1
894	799236	714516984	29,8998	9,6334	0,00112	6,7957	4	280,9	6277,2
895	801025	716917375	29,9166	9,6370	0,00112	6,7968	5	281,2	6291,2
896	802816	719323136	29,9333	9,6406	0,00112	6,7979	6	281,5	6305,3
897	804609	721734273	29,9500	9,6442	0,00111	6,7991	7	281,8	6319,4
898	806404	724150792	29,9666	9,6477	0,00111	6,8002	8	282,1	6333,5
899	808201	726572699	29,9833	9,6513	0,00111	6,8013	9	282,4	6347,6
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	0,00111	6,8024	90,0	282,7	6361,7
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	0,00111	6,8035	1	283,1	6375,9
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	0,00111	6,8046	2	283,4	6390,0
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	0,00111	6,8057	3	283,7	6404,2
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	0,00111	6,8068	4	284,0	6418,4
905	819025	741217625	30,0832	9,6729	0,00110	6,8079	5	284,3	6432,6
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	0,00110	6,8090	6	284,6	6446,8
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	0,00110	6,8101	7	284,9	6461,1
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	0,00110	6,8112	8	285,3	6475,3
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	0,00110	6,8123	9	285,6	6489,6
910	828100	753571000	30,1662	9.6905	0,00110	6,8134	91,0	285,9	6503,9
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	0,00110	6,8145	1	286,2	6518,2
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	0,00110	6,8156	2	286,5	6532,5
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	0,00110	6,8167	3	286,8	6546,8
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	0,00109	6,8178	4	287,1	6561,2
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	0,00109	6,8189	5	287,5	6575,5
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	0,00109	6,8200	6	287,8	6589,8

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	log nat n	d = 0,1n	π d	$\frac{1}{4}\pi d^2$
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	0,00109	6,8211	7	288,1	6604,3
918	842724	773620632	30,2985	9,7188	0,00109	6,8222	8	288,4	6618,7
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	0,00109	6,8223	9	288,7	6633,2
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	0,00109	6,8244	92,0	289,0	6647,6
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	0,00109	6,8255	1	289,3	6662,1
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	0,00108	6,8266	2	289,7	6676,5
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	0,00108	6,8276	3	290,0	6691,0
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	0,00108	6,8287	4	290,3	6705,5
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	0,00108	6,8298	5	290,6	6720,1
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	0,00108	6,8309	6	290,9	6734,6
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	0,00108	6,8319	7	291,2	6749,2
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	0,00108	6,8330	8	291,5	6763,7
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	0,00108	6,8341	9	291,9	6778,3
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	0,00108	6,8352	93,0	292,2	6792,9
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	0,00107	6,8363	1	292,5	6807,5
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	0,00107	6,8373	2	292,8	6822,2
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	0,00107	6,8384	3	293,1	6836,8
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	0,00107	6,8395	4	293,4	6851,5
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	0,00107	6,8406	5	293,7	6866,1
936	976096	820025856	30,5941	9,7819	0,00107	6,8416	6	294,1	6880,8
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	0,00107	6,8427	7	294,4	6895,6
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	0,00107	6,8438	8	294,7	6910,3
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	0,00106	6,8448	9	295,0	6925,0
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	0,00106	6,8459	94,0	295,3	6939,8
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	0,00106	6,8469	1	295,6	6954,6
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	0,00106	6,8480	2	295,9	6969,3
943	889249	838561807	30,7083	9,8063	0,00106	6,8491	3	296,3	6984,1
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	0,00106	6,8501	4	296,6	6999,0
945	893025	843908625	30,7409	9,8132	0,00106	6,8512	5	296,9	7013,8
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	0,00106	6,8522	6	297,2	7028,7
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	0,00106	6,8533	7	297,5	7043,5
948	898704	851973392	30,7896	9,8236	0,00105	6,8543	8	297,8	7058,4
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	0,00105	6,8554	9	298,1	7073,3
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	0,00105	6,8565	95,0	298,5	7088,2
951	904401	860085351	30,8383	9,8339	0,00105	6,8575	1	298,8	7103,1
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	0,00105	6,8586	2	299,1	7118,1
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	0,00105	6,8596	3	299,4	7133,1
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	0,00105	6,8607	4	299,7	7148,0
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	0,00105	6,8617	5	300,0	7163,0
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	0,00105	6,8628	6	300,3	7178,0
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	0,00104	6,8638	7	300,7	7193,1
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	0,00104	6,8649	8	301,0	7208,1
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	0,00104	6,8659	9	301,3	7223,2
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	0,00104	6,8669	96,0	301,6	7238,2

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\log_{nat} n$	$d = 0{,}1n$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	0,00104	6,8680	1	301,9	7253,3
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	0,00104	6,8690	2	302,2	7268,4
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	0,00104	6,8700	3	302,5	7283,5
964	929296	895841344	31,0483	9,8785	0,00104	6,8711	4	302,8	7298,7
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	0,00104	6,8721	5	303,2	7313,8
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	0,00104	6,8732	6	303,5	7329,0
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	0,00103	6,8742	7	303,8	7344,2
968	937024	907039232	31,1127	9,8922	0,00103	6,8752	8	304,1	7359,4
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	0,00103	6,8763	9	304,4	7374,6
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	0,00103	6,8773	97,0	304,7	7389,8
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	0,00103	6,8783	1	305,0	7405,1
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	0,00103	6,8794	2	305,4	7420,3
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	0,00103	6,8804	3	305,7	7435,6
974	948676	924010424	31,2090	9,9126	0,00103	6,8814	4	306,0	7450,9
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	0,00103	6,8824	5	306,3	7466,2
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	0,00102	6,8835	6	306,6	7481,5
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	0,00102	6,8845	7	306,9	7496,9
978	956484	935441352	31,2730	9,9261	0,00102	6,8855	8	307,2	7512,2
979	958141	938313739	31,2890	9,9295	0,00102	6,8865	9	307,6	7527,6
980	960400	941192000	31,3050	9,9329	0,00102	6,8875	98,0	307,9	7543,0
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	0,00102	6,8886	1	308,2	7558,4
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	0,00102	6,8896	2	308,5	7573,8
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	0,00102	6,8906	3	308,8	7589,2
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	0,00102	6,8916	4	309,1	7604,7
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	0,00102	6,8926	5	309,4	7620,1
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	0,00101	6,8937	6	309,8	7635,6
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	0,00101	6,8947	7	310,1	7651,1
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	0,00101	6,8957	8	310,4	7666,6
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	0,00101	6,8967	9	310,7	7682,1
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	0,00101	6,8977	99,0	311,0	7697,7
991	982081	973242271	31,4802	9,9699	0,00101	6,8987	1	311,3	7713,2
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	0,00101	6,8997	2	311,6	7728,8
993	986049	979146657	31,5119	9,9766	0,00101	6,9007	3	312,0	7744,4
994	988036	982107784	31,5278	9,9800	0,00101	6,9017	4	312,3	7760,0
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	0,00101	6,9027	5	312,6	7775,6
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	0,00100	6,9037	6	312,9	7791,3
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	0,00100	6,9048	7	313,2	7806,9
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	0,00100	6,9058	8	313,5	7822,6
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	0,00100	6,9068	9	313,8	7838,3
1000	1000000	1000000000	31,6228	10,0000	0,00100	6,9078	100,0	314,2	7854,0

Tabelle
Die Briggschen Logarithmen

N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	43—40
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	39—36
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	36—34
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	34—31
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	31—29
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	29—27
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	27—26
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	26—25
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	24—23
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	23—22
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	22—20
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	21—19
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	20—19
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	19—18
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	18—17
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	18—17
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	17—16
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	16—15
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	16—15
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	15—14
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	15—14
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	14—13
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	14—13
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	13
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	13—12
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	13—12
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	12—11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	12—11
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	12—11
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	12—11
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	11—10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	11—10
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	11—10
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	10
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	10—9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	10—9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	10—9
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	10—9
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	9
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	9—8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	9—8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	9—8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	9—8
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	9—8
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	8
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	8—7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	8—7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	8—7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	8—7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	8—7
N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.

No. 2.
der natürlichen Zahlen.

N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	8—7
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	8—7
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	7—6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	7—6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	7—6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	7—6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	7—6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	7—6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	7—6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	7—6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	7—6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	7—6
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	6
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	6—5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	6—5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	6—5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	6—5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	6—5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	6—5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	6—5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	6—5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	6—5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	6—5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	6—5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	6—5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	6—5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	5
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	5—4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	5—4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	5—4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	5—4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	5—4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	5—4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	5—4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	5—4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	5—4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	5—4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	5—4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	5—4
100	00000	00043	00087	00130	00173	00217	00260	00303	00346	00389	43
101	00432	00475	00518	00561	00604	00647	00689	00732	00775	00817	43
102	00860	00903	00945	00988	01030	01072	01115	01157	01199	01242	43
103	01284	01326	01368	01410	01452	01494	01536	01578	01620	01662	42
104	01703	01745	01787	01828	01870	01912	01953	01995	02036	02078	42
105	02119	02160	02202	02243	02284	02325	02366	02408	02449	02490	41
106	02531	02572	02612	02653	02694	02735	02776	02816	02857	02898	41
107	02938	02979	03019	03060	03100	03141	03181	03222	03262	03302	41—40
108	03342	03383	03423	03463	03503	03543	03583	03623	03663	04703	41—40
109	03743	03782	03822	03862	03902	03941	03981	04021	04060	04100	41—40
N.	L. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D.

Erklärungen.

1. Der Briggsche Logarithmus

einer Zahl n ist derjenige Exponent, mit welchem die Zahl 10 potenziert werden mufs, um n zu erhalten.

Umstehende Tabelle enthält nur die Dezimalstellen — Mantisse — zu dem Logarithmus der Zahl n, während die fehlende ganze Zahl — Kennziffer oder Charakteristik — für jeden einzelnen Fall besonders zu ermitteln ist. Die Kennziffer ist dabei um 1 kleiner als die Anzahl der ganzen Stellen von n.

Die Mantissen der Zahlen von 10 bis 109 sind in der zweiten Vertikalspalte unter 0 enthalten. Die in den folgenden Spalten befindlichen Mantissen kommen für die Zahlen von 101 bis 1099 zur Anwendung.

Beispiel: Verlangt sei der Logarithmus der Zahl 527. Man sucht die beiden ersten Stellen der gegebenen Zahl — hier 52 — in der ersten Rubrik unter N auf, geht dann horizontal bis in diejenige Spalte, welche die dritte Ziffer — hier 7 — als Kopf enthält. Die hier gefundene Ziffer — 7218 — ist die Mantisse des Logarithmus von 527. Da die gegebene Zahl dreistellig, so ist die Kennziffer in diesem Fall $3 - 1 = 2$, folglich

$$\log 527 = 2{,}7218 \text{ und in ähnlicher Weise:}$$
$$\log 52{,}7 = 1{,}7218$$
$$\log 5{,}27 = 0{,}7218$$
$$\log 0{,}527 = 0{,}7218 - 1.$$

Zur Interpolation bedient man sich der in der letzten Spalte angegebenen Differenzen. Für die Zahl 527,3 z. B. vermehrt man den Logarithmus von 527 um 3 Zehntel der sich zwischen den Logarithmen von 527 und 528 ergebenden Differenz:

$$\log 527{,}3 = 2{,}7218 + 0{,}3 \times 0{,}0008 = 2{,}7220(4).$$

Für das Rechnen mit Logarithmen gilt:

$$\log (N \times M) = \log N + \log M$$
$$\log (N : M) = \log N - \log M$$
$$\log N^M = M \cdot \log N$$
$$\log \sqrt[M]{N} = \frac{1}{M} \cdot \log N.$$

Delogarithmieren heifst, zu einem gegebenen Logarithmus die zugehörige Zahl finden.

Es sei der Logarithmus 3,1580 gegeben. Man findet, dafs die Mantisse zwischen den in der Tabelle enthaltenen Mantissen 1553 und 1584, die gesuchte Zahl also zwischen 143 und 144 liegt und ergibt sich aus dem Verhältnis der bestehenden Differenzen.

$$(1580 - 1553) : (1584 - 1553) = 27 : 31 = 0{,}871.$$

Die erhaltenen Dezimalstellen werden der erstgefundenen Zahl angehängt und mit Rücksicht auf die gegebene Kennziffer die Anzahl der ganzen Stellen bestimmt; die zu suchende Zahl wäre also 1438,7.

2. Der natürliche Logarithmus. (Tabelle No. 1.)

Neben dem Briggschen Logarithmus kommt bei Berechnungen bisweilen der natürliche Logarithmus vor, dessen Basis die Zahl 2,71828 ist. Für die gegenseitige Umwandlung von Briggschen Logarithmen in natürliche und umgekehrt gilt:

$$\log \text{nat } N = 2{,}3026 \times \log N$$
$$\log N = 0{,}4343 \times \log \text{nat } N.$$

Tabelle No. 3. Die trigonometrischen Zahlen.

Gr.	Sinus	D.	Kosin.	D.	Tangens	D.	Kotang.	D.	
0	0,0000	175	1,0000	2	0,0000	175	unendl.	. . .	90
1	0,0175	174	0,9998	4	0,0175	174	57,2900	28,6537	89
2	0,0349	174	0,9994	8	0,0349	175	28,6363	9,5552	88
3	0,0523	175	0,9986	10	0,0524	175	19,0811	4,7804	87
4	0,0698	174	0,9976	14	0,0699	176	14,3007	2,8706	86
5	0,0872	173	0,9962	17	0,0875	176	11,4301	1,9157	85
6	0,1045	174	0,9945	20	0,1051	177	9,5144	1,3701	84
7	0,1219	173	0,9925	22	9,1228	177	8,1443	1,0289	83
8	0,1392	172	0,9903	26	0,1405	179	7,1154	8016	82
9	0,1564	172	0,9877	29	0,1584	179	6,3138	6425	81
10	0,1736	172	0,9848	32	0,1763	181	5,6713	5267	80
11	0,1908	171	0,9816	35	0,1944	182	5,1446	4400	79
12	0,2079	171	0,9781	37	0,2126	183	4,7046	3731	78
13	0,2250	169	0,9744	41	0,2309	184	4,3315	3207	77
14	0,2419	169	0,9703	44	0,2493	186	4,0108	2787	76
15	0,2588	168	0,9659	46	0,2679	188	3,7321	2447	75
16	0,2756	168	0,9613	50	0,2867	190	3.4874	2165	74
17	0,2924	166	0,9563	52	0,3057	192	3,2709	1932	73
18	0,3090	166	0,9511	56	0,3249	194	3,0777	1735	72
19	0,3256	164	0,9455	58	0,3443	197	2,9042	1567	71
20	0,3420	164	0,9397	61	0,3640	199	2,7475	1424	70
21	0,3584	162	0,9336	64	0,3839	201	2,6051	1300	69
22	0,3746	161	0,9272	67	0,4040	205	2,4751	1192	68
23	0,3907	160	0,9205	70	0,4245	207	2,3559	1099	67
24	0,4067	159	0,9135	72	0,4452	211	2,2460	1015	66
25	0,4226	158	0,9063	75	0,4663	214	2,1445	942	65
26	0,4384	156	0,8988	78	0,4877	218	2,0503	877	64
27	0,4540	155	0,8910	81	0,5095	222	1,9626	819	63
28	0,4695	153	0,8829	83	0,5317	226	1,8807	767	62
29	0,4848	152	0,8746	86	0,5543	231	1,8040	719	61
30	0,5000	150	0,8660	88	0,5774	235	1,7321	678	60
31	0,5150	149	0,8572	92	0,6009	240	1,6643	640	59
32	0,5299	147	0,8480	93	0,6249	245	1,6003	604	58
33	0,5446	146	0,8387	97	0,6494	251	1,5399	573	57
34	0,5592	144	0,8290	98	0,6745	257	1,4826	545	56
35	0,5736	142	0,8192	102	0,7002	263	1,4281	517	55
36	0,5878	140	0,8090	104	0,7265	271	1,3764	494	54
37	0,6018	139	0,7986	106	0,7536	277	1,3270	471	53
38	0,6157	136	0,7880	109	0,7813	285	1,2799	450	52
39	0.6293	135	0,7771	111	0,8098	293	1,2349	431	51
40	0,6428	133	0,7660	113	0,8391	302	1,1918	414	50
41	0,6561	130	0,7547	116	0,8693	311	1,1504	398	49
42	0,6691	129	0,7431	117	0,9004	321	1,1106	382	48
43	0,6820	127	0,7314	121	0,9325	332	1,0724	369	47
44	0,6947	124	0,7193	122	0,9657	343	1,0355	355	46
45	0,7071		0,7071		1,0000		1,0000		45
	Kosin.	D.	Sinus	D.	Kotang.	D.	Tangens	D.	Gr.

Tabelle No. 4. Konstanten des Kreises.

$$\pi = 3{,}1416$$

$$\frac{\pi}{4} = 0{,}785$$

$$\sqrt{\pi} = 1{,}772$$

$$\log \pi = 0.4972.$$

II. Teil.

A. Mathematik.

Flächeninhalte.

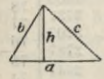


Fig. 1

Dreieck. Fläche $F = \frac{a\,h}{2}$

oder $F = \sqrt{S\,(S-a)\,(S-b)\,(S-c)}$

worin $S = \frac{a+b+c}{2}$.

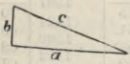


Fig. 2

Rechtwinkl. Dreieck. $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

$a = \sqrt{c^2 - b^2}$; $b = \sqrt{c^2 - a^2}$

$F = \frac{a\,b}{2}$

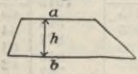


Fig. 3

Trapez. $F = h\,\frac{a+b}{2}$.

Fig. 4

Gleichschenkliges Dreieck.

$g = 2\,s \sin\frac{\alpha}{2} = 2\,h \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$

$s = \frac{h}{\cos\frac{\alpha}{2}}$; $h = s \cdot \cos\frac{\alpha}{2}$

Fläche: $F = h^2 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{s^2}{2} \sin\alpha$.

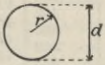


Fig. 5

Kreis. Umfang $u = 2\,r\,\pi = d\,\pi$

Inhalt $F = r^2\,\pi = \frac{d^2\,\pi}{4} = 0{,}785\,d^2$

$\pi = 3{,}141592$.

Fig. 6

Kreisring.

Fläche $F = \pi\,(R^2 - r^2) = \pi\,b\,(2\,R - b)$.

Fig. 7

Ellipse. Umfang (angenähert) $u = \pi\,\frac{a+A}{2}$

Fläche $F = \pi\,\frac{a\,A}{4}$.

Kreisausschnitt.

Bogen $b = \frac{r \pi \alpha}{180}$ (α in Graden)

Fläche $F = \frac{b\,r}{2} = 0{,}0087\, r^2 \alpha$; $\alpha = 57{,}3\, \frac{b}{r}$.

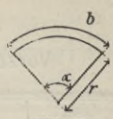


Fig. 8

Kreisabschnitt.

$$F = \frac{b\,r - s\,(r - h)}{2} = \left(\frac{\alpha\ \pi}{180} - \sin\alpha\right)\frac{r^2}{2}$$

$$s = 2\sqrt{h\,(2\,r - h)} = 2\,r\,\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$r = \frac{0{,}25\,s^2 + h^2}{2\,h}.$$

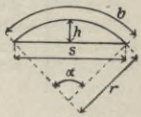


Fig. 9

Unregelmäfsige Fläche.

Um den Inhalt der Fläche $ABCD$ zu finden, wird dieselbe durch Parallele h_1 $h_2 \ldots h_n$ in eine gerade Anzahl gleichbreiter Streifen geteilt. Dann ist:

1. Nach der Simpsonschen Regel:

$$F = \frac{b}{3}\,[h_0 + h_n + 4\,(h_1 + h_3 + h_5 + \ldots\ldots) + 2\,(h_2 + h_4 + h_6 + \ldots\ldots)]$$

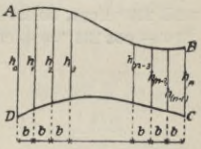


Fig. 10

2. Nach der Trapez-Regel:

$$F = b\left(\frac{h_0 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + \ldots\ldots h_{n-1}\right).$$

Trigonometrie.

Sinus $\alpha = \sin\alpha = \frac{a}{c}$; $a = c \sin\alpha$

Cosinus $\alpha = \cos\alpha = \frac{b}{c}$; $b = c \cos\alpha$

Tangente $\alpha = \operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b}$; $a = b \operatorname{tg}\alpha$

Cotangente $\alpha = \operatorname{ctg}\alpha = \frac{b}{a}$; $b = a \operatorname{ctg}\alpha$

Fig. 11

$$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1;\quad \sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha};\quad \cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha};\quad \operatorname{ctg}\alpha = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta \pm \sin\beta \cdot \cos\alpha$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha \cdot \cos\beta \mp \sin\alpha \cdot \sin\beta.$$

Tabelle No. 5.

Vorzeichen und Gröfse der Winkelfunktionen.

Liegt Winkel α zwischen	Dann ist			
	$+\sin\alpha =$	$+\cos\alpha =$	$+\operatorname{tg}\alpha =$	$+\operatorname{ctg}\alpha =$
0^0 u. 90^0	$+\sin\alpha$	$+\cos\alpha$	$+\operatorname{tg}\alpha$	$+\operatorname{ctg}\alpha$
90^0 u. 180^0	$+\sin(180-\alpha)$	$-\cos(180-\alpha)$	$-\operatorname{tg}(180-\alpha)$	$-\operatorname{ctg}(180-\alpha)$
180^0 u. 270^0	$-\sin(\alpha-180)$	$-\cos(\alpha-180)$	$+\operatorname{tg}(\alpha-180)$	$+\operatorname{ctg}(\alpha-180^0)$
270^0 u. 360^0	$-\sin(360-\alpha)$	$+\cos(360-\alpha)$	$-\operatorname{tg}(360-\alpha)$	$-\operatorname{ctg}(360-\alpha)$

Beispiel. Wie grofs ist: $+\sin 148^0$? Der Winkel liegt zwischen 90^0 und 180^0, daher ist: $+\sin 148^0 = +\sin(180^0 - 148^0) = +\sin 32^0 = +0{,}5299$;

oder: wie grofs ist: $-\cos 234^0$? Da der Winkel zwischen 180^0 und 270^0 liegt, so ist nach Tabelle 5:

$$-\cos 234^0 = +\cos(234^0 - 180^0) = +\cos 54^0 = +0{,}7265.$$

Tabelle No. 6.

Berechnung ebener Dreiecke.

Gegeben	Gesucht
a, b, c  Fig. 12	$\cos\alpha = \frac{b^2+c^2-a^2}{2bc}$; $\cos\beta = \frac{a^2+c^2-b^2}{2ac}$; $s = \frac{a+b+c}{2}$ Flächeninhalt $F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$
a, b, α	$\sin\beta = \frac{b\cdot\sin\alpha}{a}$; $c = \frac{a\cdot\sin\gamma}{\sin\alpha}$; β kann $\lesseqgtr 90^0$ sein ist $b \gtreqless a$ dann ist auch $\beta \gtreqless \alpha$ Flächeninhalt $F = \frac{a\cdot b}{2}\sin\gamma$
a, α, β	$b = \frac{a\cdot\sin\beta}{\sin\alpha}$; $c = \frac{a\sin\gamma}{\sin\alpha}$; Flächeninhalt $F = \frac{a\cdot b}{2}\sin\gamma$
a, b, γ	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a\cdot\sin\gamma}{b-a\cdot\cos\gamma}$; $c = \sqrt{a^2+b^2-2ab\cos\gamma}$; Flächeninhalt $F = \frac{a\cdot b}{2}\sin\gamma$

Tabelle No. 7.

Kubikinhalte und Oberflächen verschiedener Körper.

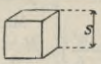
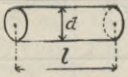
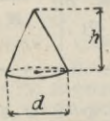
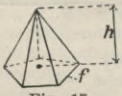
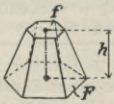
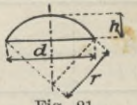
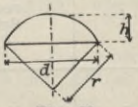
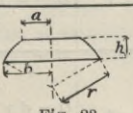
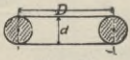
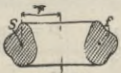
Körper		Inhalt	Oberfläche
Würfel	 Fig. 13	$J = s^3$	$O = 6\,s^2$
Prisma	 Fig. 14	$J = f \cdot l$	$O =$ Summe der rechteckigen Seitenflächen + Endflächen
Zylinder	 Fig. 15	$J = \frac{d^2\,\pi}{4}\,l$	$O = d\,\pi\,l + 2\,\frac{d^2\,\pi}{4}$
Kegel	 Fig. 16	$J = \frac{d^2\,\pi}{4} \cdot \frac{h}{3}$	$O = d\,\pi \sqrt{h^2 + \frac{d^2}{4}} + \frac{d^2\,\pi}{4}$
Pyramide	 Fig. 17	$J = f \cdot \frac{h}{3}$	$O =$ Summe aller Seitendreiecke + Grundfläche
Kegelstumpf	 Fig. 18	$J = \frac{\pi\,h}{12}\,(D^2 + d^2 + D \cdot d)$	Mantelfläche: $M = s\,\frac{D + d}{2}\,\pi$
Pyramidenstumpf	 Fig. 19	$J = \frac{h}{3}\,(F + f + \sqrt{F \cdot f})$	Mantelfläche $M =$ Summe d. seitlichen Trapezflächen
Kugel	 Fig. 20	$J = \frac{\pi}{6}\,d^3 = 0{,}524\,d^3$	$O = \pi \cdot d^2$

Tabelle No. 7.

Kubikinhalte und Oberflächen verschiedener Körper (Fortsetzung).

Körper		Inhalt	Oberfläche
Kugelabschnitt	 Fig. 21	$J = \pi h \left(\frac{d^2}{8} + \frac{h^2}{6}\right)$	Mantelfläche: $M = 2\ \pi\ r\ h = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 + 4\ h^2)$
Kugelausschnitt	 Fig. 22	$J = \frac{2}{3}\ \pi r^2 h = 2{,}094\, r^2 h$	Oberfläche: $O = \frac{\pi r}{2}\ (4\ h + d)$
Kugelzone	 Fig. 23	$J = \frac{\pi h}{6}\ (3\ a^2 + 3\ b^2 + h^2)$	Mantelfläche: $M = 2\ \pi\ r\ h$
Zylindr. Ring	 Fig. 24	$J = \frac{\pi^2}{4}\ D \cdot d^2$	$O = \pi^2 \cdot D \cdot d$
Umdrehungskörper	 Fig. 25 S = Schwerpunkt f = Fläche des Querschnittes	$J = 2\, r\, \pi\, f$ (Guldin'sche Regel)	

B. Mechanik.

Statik.

1. Kräfteparallelogramm. Ist A der Angriffspunkt zweier unter dem $\sphericalangle\ \alpha$ wirkenden Kräfte P_1 und P_2, dann ist die Resultierende

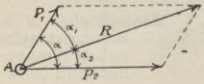


Fig. 26

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2\ P_1\ P_2\ \cos\alpha} =$$

der Diagonale eines Parallelogrammes, dessen Seiten in Länge und Richtung die beiden Kräfte P_1 und P_2 sind.

P_1 und P_2 heifsen die Komponenten der Resultierenden R. Ist die Kraft R sowie der Winkel α_1 und α_2 gegeben, dann finden sich die denselben anliegenden Komponenten P_1 und P_2 aus:

$$P_1 = R\,\frac{\sin\alpha_2}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}; \qquad P_2 = R\,\frac{\sin\alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}.$$

Am einfachsten und für die Praxis genügend genau findet sich die Resultierende R zweier Kräfte oder umgekehrt die beiden Komponenten einer Kraft durch Aufzeichnen des Kräfte-Parallelogrammes.

Beispiel. Ein Gewicht von $G = 1000$ kg sei an zwei Punkten b und c aufgehängt, wie Fig. 27 zeigt. Winkel α_1 sei 15°, Winkel $\alpha_2 = 70°$. Welche Spannungen P_1 und P_2 haben die Tauenden $a\,b$ und $a\,c$ auszuhalten.

Hier ist: $P_1 = G \dfrac{\sin \alpha_2}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)} = 1000 \dfrac{\sin 70°}{\sin(70° + 15°)}$ kg.

$$P_1 = 1000 \cdot \frac{\sin 70°}{\sin 85°} = 1000 \frac{0{,}940}{0{,}996} = \backsim \mathbf{943} \text{ kg},$$

ferner:

$$P_2 = G \frac{\sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)} = 1000 \cdot \frac{\sin 15°}{\sin 85°}$$

$$P_2 = 1000 \frac{0{,}259}{0{,}996} = \backsim \mathbf{260} \text{ kg}.$$

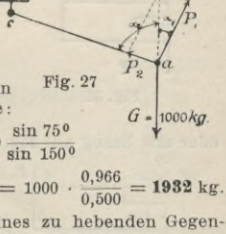


Fig. 27

Ist $\alpha_1 = \alpha_2$ dann ist auch $P_1 = P_2$.

Ist jeder Winkel z. B. gleich 75°, dann sind die Spannungen in jedem Tauende:

$$P_1 = P_2 = G \frac{\sin 75°}{\sin(75° + 75°)} = 1000 \frac{\sin 75°}{\sin 150°}$$

$$= 1000 \frac{\sin 75°}{\sin(180° - 150°)} = 1000 \frac{\sin 75°}{\sin 30°} = 1000 \cdot \frac{0{,}966}{0{,}500} = \mathbf{1932} \text{ kg}.$$

Bemerkung. Beim Anschlagen eines zu hebenden Gegenstandes, wie in Fig. 28 dargestellt, treten in den beiden schrägen Tauenden um so größere Zugkräfte auf, je größer die Winkel α sind. So ist z. B., wenn das Gewicht des Gegenstandes $G = 1000$ kg ist, die Zugkraft in jedem schrägen Tauende:

bei $\alpha = 45° : S = 707$ kg
» $\alpha = 60° : S = 1000$ »
» $\alpha = 75° : S = 1932$ »
» $\alpha = 90° : S =$ unendlich.

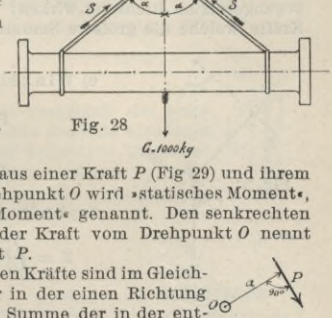


Fig. 28

2. Der Hebel. Das Produkt aus einer Kraft P (Fig 29) und ihrem senkrechten Abstand a vom Drehpunkt O wird »statisches Moment«, »Drehmoment« oder einfach »Moment« genannt. Den senkrechten Abstand a der Richtungslinie der Kraft vom Drehpunkt O nennt man den »Hebelarm« der Kraft P.

Die an einem Hebel wirkenden Kräfte sind im Gleichgewicht, wenn die Summe der in der einen Richtung drehenden Momente gleich der Summe der in der entgegengesetzten Richtung drehenden Momente ist.

Fig. 29

a) Zweiarmiger Hebel. Drehpunkt zwischen P_1 und P_2; die Kräfte P_1 und P_2 verhalten sich zu einander umgekehrt, wie die Hebelarme, an denen sie wirken. Am kürzeren Hebelarm wirkt immer die größere, am längeren die kleinere Kraft (Fig. 30).

$$P_1 = P_2 \frac{b}{a}; \quad P_2 = P_1 \frac{a}{b},$$

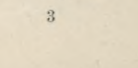


Fig. 30

Zapfendruck $Z = P_1 + P_2$; oder mit Bezug auf Fig. 31.

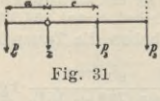


Fig. 31

$$P_1 = \frac{P_2\, c + P_3\, b}{a},$$

$$P_2 = \frac{P_1\, a - P_3\, b}{c},$$

$$P_3 = \frac{P_1\, a - P_2\, c}{b},$$

Zapfendruck $Z = P_1 + P_2 + P_3$; die Richtung des Zapfendruckes z und der Kräfte P_1, P_2 und P_3 ist dieselbe.

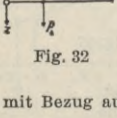


Fig. 32

b) Einarmiger Hebel (Fig. 32).

(Drehpunkt an einem Ende.)

$$P_1 = P_2\, \frac{b}{a};\quad P_2 = P_1\, \frac{a}{b}.$$

Zapfendruck $Z = P_2 - P_1$.

oder mit Bezug auf Fig. 33

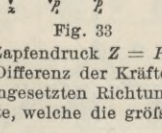


Fig. 33

$$P_1 = \frac{P_2\, b + P_3\, c}{a},$$

$$P_2 = \frac{P_1\, a - P_3\, c}{b},$$

$$P_3 = \frac{P_1\, a - P_2\, b}{c}.$$

Zapfendruck $Z = P_2 + P_3 - P_1$; der Zapfendruck ist gleich der Differenz der Kräfte, die nach der einen bzw. nach der entgegengesetzten Richtung wirken; er hat die Richtung derjenigen Kräfte, welche die gröfsere Summe ergeben.

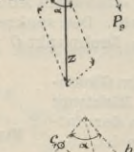


Fig. 34

c) Winkelhebel (Fig. 34).

$$P_1 = P_2\, \frac{a\,b}{a\,c}$$

$$P_2 = P_1\, \frac{a\,c}{a\,b}$$

Zapfendruck:

$$Z = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2\, P_1\, P_2 \cos \alpha}.$$

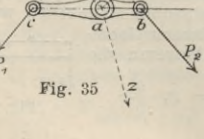


Fig. 35

Hat ein beliebiger Hebel beistehende Form (Fig. 35) und es wirken die Kräfte P_1 und P_2 in den angegebenen Richtungen, dann sind nicht $a\,c$ und $a\,b$ die Hebelarme derselben, sondern die senkrechten Abstände $a\,c_1$ und $a\,b_1$ von den bezüglichen Richtungslinien der Kräfte.

3. Die Rolle.

a) Feste Rolle:

1. Die beiden Kräfte wirken in derselben Richtung (Fig. 36).

$$P_1 = P_2.$$

Zapfendruck $Z = 2\,P_1 = 2\,P_2$.

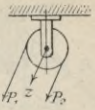


Fig. 36

2. Die Kräfte P_1 und P_2 wirken unter dem Winkel α (Fig. 37).

$$P_1 = P_2.$$

Zapfendruck $Z = 2\,P_1 \cos \frac{\alpha}{2}$.

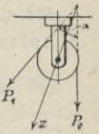


Fig. 37

b) Lose Rolle:

1. Die Seilrichtungen sind parallel (Fig. 38).

$$P_2 = P_3 = \frac{P_1}{2}.$$

Zapfendruck $= P_1 = 2\,P_2 = 2\,P_3$.

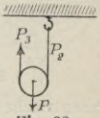


Fig. 38

2. Die Seilrichtungen schliefsen den Winkel α ein (Fig. 39).

$$P_2 = P_3 = P_4 = \frac{P_1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}.$$

Zapfendruck (auf den Zapfen der losen Rolle) $= P_1$.

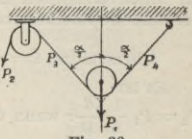


Fig. 39

c) Flaschenzug (Fig. 40).

Die Übersetzung, d. i. das Verhältnis der angehängten Last P_1 zu der am letzten Tauende wirkenden Kraft P_2 ist gleich der Anzahl derjenigen Tauenden, welche sich beim Heben der Last verkürzen;

oder: gleich der Anzahl der Tauenden, an welchen die Last hängt.

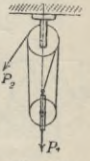


Fig. 40

d) Rad auf der Welle (Fig. 41).

$$P_2 = P_1 \frac{d}{D}.$$

$$P_1 = P_2 \frac{D}{d}.$$

Bemerkung. Ein über eine oder mehrere Rollen gelegtes Seil ist (von Reibung und Seilsteifigkeit abgesehen) überall, also auch in jedem Rollenscheitel, mit ein und derselben Kraft beansprucht.

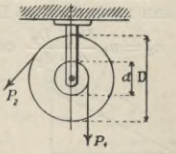


Fig. 41

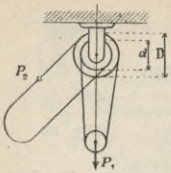


Fig. 42

e) Differential-Flaschenzug (Fig. 42):

$$P_2 = P_1 \frac{D-d}{2D}.$$

Ist Z die Zähnezahl des gröfseren, z diejenige des kleineren Kettenrades, dann ist:

$$P_2 = P_1 \frac{Z-z}{2Z}.$$

f) Epizykloidal-Flaschenzug (Fig. 43):

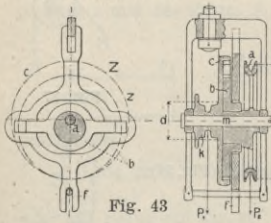


Fig. 43

a: Handkettenrad, Durchmesser D
k: Lastkettenrad, Durchmesser d
b: aufsen verzahntes Rad, Zähnezahl z
c: innen verzahntes Rad, Zähnezahl Z
P_1: angehängte Last
P_2: Zugkraft an der Handkette.

Die Räder a, c und k sitzen lose auf dem Zapfen m; Rad b sitzt lose auf der verlängerten exzentrischen Nabe des Handkettenrades a und wird durch die Kreuzführung f am Drehen verhindert, während der Mittelpunkt desselben einen Kreis beschreibt. Dadurch rollt das kleinere Rad b im innenverzahnten Rade c und dreht dieses sowie das damit verbundene Lastkettenrad k.

$$\text{Übersetzung } i = \frac{Z}{Z-z} = \frac{\text{Umdr. d. Handkettenrades}}{\text{Umdr. d. Lastkettenrades}}.$$

Es ist:

$P_2 = P_1 \frac{1}{i} \frac{d}{D}$: wenn die Last direkt an der Lastkette hängt,

$P_2 = P_1 \frac{1}{2i} \frac{d}{D}$: wenn die Last an einer eingeschalteten losen Rolle hängt.

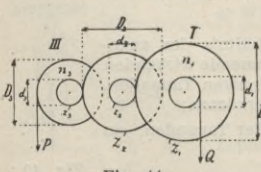


Fig. 44

4. Räderverbindungen (Fig. 44).

$$P = Q \left(\frac{d_1}{D_1}\right) \left(\frac{d_2}{D_2}\right) \left(\frac{d_3}{D_3}\right)$$

oder, wenn anstatt der Durchmesser der Räder deren Zähnezahlen bekannt sind:

$$P = Q \left(\frac{d_1}{D_3}\right) \left(\frac{z_2}{Z_1}\right) \left(\frac{z_3}{Z_2}\right).$$

Macht das Rad I in einer beliebigen Zeit n_1 Umdrehungen, dann mufs das Rad III in derselben Zeit n_3 Umdrehungen machen:

$$n_3 = n_1 \frac{D_1 \cdot D_2}{d_3 \cdot d_2} \text{ oder } n_3 = n_1 \frac{Z_1 \cdot Z_2}{z_3 \, z_2}; \; \frac{n_3}{n_1} = \text{Übersetzung} = i.$$

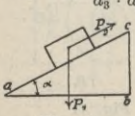


Fig. 45

5. Schiefe Ebene.

a) Die Kraft P_2 wirkt parallel zur Länge ac der schiefen Ebene (Fig. 45).

$$P_2 = P_1 \frac{cb}{ac} = P_1 \sin \alpha.$$

b) Die Kraft P_2 wirkt parallel zur Basis der schiefen Ebene (Fig. 46).

$$P_2 = P_1 \frac{c\,b}{a\,b} = P_1 \operatorname{tg} \alpha.$$

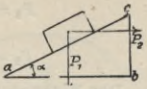


Fig. 46

c) Die Kraft P_2 wirkt unter dem Winkel β zur Länge $a\,c$ der schiefen Ebene (Fig. 47).

$$P_2 = P_1 \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}.$$

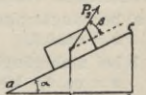


Fig. 47

d) Der Keil (Fig. 48).

$$P_2 = P_1 \frac{c\,b}{a\,d} = 2\,P_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

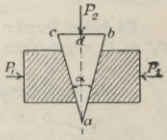


Fig. 48

e) Die Schraube (Fig. 49).

Ist h die Steigung der Schraube (gleich der Längsverschiebung derselben bei einer Umdrehung) dann ist:

$$P_2 = \frac{h}{2\,R\,\pi} \cdot P_1.$$

Mit Berücksichtigung der Reibung im Gewinde ist bei flachgängigen Schrauben, wenn r der mittlere Halbmesser des Gewindes und μ der Reibungskoeffizient ist:

$$P_2 = \frac{r}{R}\,P_1 \frac{h \pm 2\,r\,\pi\,\mu}{2\,r\,\pi \mp \mu \cdot h}.$$

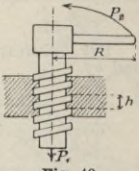


Fig. 49

Die oberen Zeichen gelten für die Bewegung der Schraube entgegen der Richtung von P_1, die unteren für die Bewegung in der Richtung von P_1.

Bei scharfgängigen Schrauben ist P_2 um etwa 10% größer.

f) Schnecke und Schneckenrad (Fig. 50).

Ist h die Steigung der Schnecke, z die Zähnezahl des Rades, n die Anzahl der Schraubengänge auf eine Steigung (n-faches Gewinde), i das Übersetzungsverhältnis zwischen Schnecke und Rad, P_2 der Zahndruck, P_1 die zu überwindende Last, dann ist:

$$i = \frac{z}{n}.$$

Die Schnecke entspricht einem Zahnrad mit so viel Zähnen, als dieselbe Gänge auf eine Steigung hat. Die Übersetzung i ist daher:

bei eingängiger Schnecke gleich der Zähnezahl z des Rades,

bei zweigängiger Schnecke $i = \frac{z}{2}$,

bei dreigängiger Schnecke $i = \frac{z}{3}$ u. s. w.

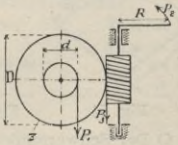


Fig. 50

$$P_3 = P_1 \frac{d}{D} = P_1 \frac{d\pi}{zh} n = \frac{2R\pi}{h} P_2$$

$$P_2 = P_3 \frac{h}{2R\pi} = P_1 \frac{d}{2zR} n = P_1 \frac{d}{2Ri}.$$

Der Wirkungsgrad x eines Schneckengetriebes ist unter gewöhnlichen Verhältnissen:

a) bei eingängigen Schnecken (Steigung verhältnismäfsig gering): $x =$ ca. 0,3,

b bei mehrgängigen Schnecken (Steigung verhältnismäfsig grofs: $x =$ ca. 0,5 bis 0,7.

Die wirklich aufzuwendende Kraft ist dann

$$P_2' = \frac{P_2}{x}.$$

Es kann ferner durch die gegebene Kraft P_2 eine Last $P_1' = P_1 x$ gehoben werden.

6. Bestimmung des Schwerpunktes einiger Flächen.

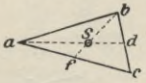


Fig. 51

a) Dreiecksfläche (Fig. 51).

$$bd = dc = \frac{bc}{2} \text{ und } af = fc = \frac{ac}{2}$$

oder $Sd = \frac{ad}{3}$ und $Sf = \frac{bf}{3}$

Der Schwerpunkt S liegt im Schnittpunkt der Geraden ad und bf.

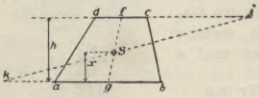


Fig. 52

b) Trapezfläche (Fig. 52).

$$df = fc = \frac{dc}{2}$$

und $ag = gb = \frac{ab}{2}$

$ci = ab$ und $ak = dc$.

Der Schwerpunkt S liegt im Schnittpunkt der Geraden fg und ik.

$$x = \frac{h}{3} \frac{ab + 2cd}{ab + cd}.$$

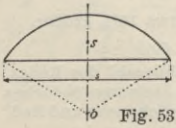


Fig. 53

c) Kreisabschnitt (Fig. 53).

$$OS = \frac{s^3}{12F}$$

$F =$ Fläche des Kreisabschnittes (siehe S. 29).

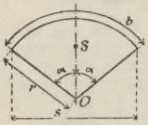


Fig. 54

Fig. 55

d) Kreisausschnitt (Fig. 54).

$$OS = \frac{2}{3} \frac{r \cdot \sin\alpha}{\alpha} = \frac{2}{3} \frac{r \cdot s}{b}.$$

e) Halbkreis (Fig. 55).

$$OS = \frac{4}{3} \frac{r}{\pi} = 0{,}424\, r.$$

f) Der Schwerpunkt einer beliebig geformten ebenen Fläche kann in einfacher und mit für die Praxis genügender Genauigkeit in folgender Weise ermittelt werden: man schneidet die betreffende Fläche aus steifem Zeichenpapier, Karton oder dergleichen aus, bringt sie dann auf einer geraden Schneide ins Gleichgewicht

und markiert die Lage der Schneide auf der Figur, z. B. in $a - a$ (Fig. 56). Dann wird die Fläche um ungefähr 90° gedreht, ins Gleichgewicht gebracht und die Lage der Schneide wieder markiert, z. B. in $b - b$. Der Schwerpunkt der Fläche liegt dann im Schnittpunkt S der beiden Geraden $a - a$ und $b - b$.

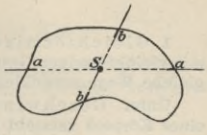


Fig. 56

7. Reibung.

1. Gleitende Reibung. Ist in Fig. 57 Q der Druck, mit dem zwei Körper gegeneinander gedrückt werden, dann ist der Reibungswiderstand:

$$P = Q\,\mu.$$

μ ist der Reibungskoeffizient.

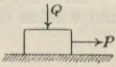


Fig. 57

2. Zapfenreibung. a) Zur Überwindung der Reibung, die bei einem zylindrischen Zapfen (Stirnzapfen) auftritt, welcher mit der Kraft P_1 gegen die Lagerschale gedrückt wird, ist ein Drehmoment (Fig. 58).

$$M = P_2\,R = P_1\,\mu\,\frac{d}{2} \text{ erforderlich,}$$

$$\text{od. } P_2 = \frac{P_1\,\mu\,d}{2\,R}.$$

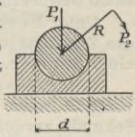


Fig. 58

b) Befindet sich der drehende Zapfen zwischen zwei Schalen (Fig. 59), welche mit der Kraft P_1 zusammengedrückt werden, dann ist das zur Überwindung des Reibungswiderstandes erforderliche Drehmoment:

$$M = P_2\,R = \mu\,P_1\,d \text{ oder}$$

$$P_2 = \frac{\mu\,P_1\,d}{R}, \text{ d. h.}$$

doppelt so grofs als im ersteren Falle.

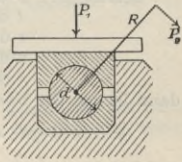


Fig. 59

3. Spurzapfenreibung. Ist P_1 (Fig. 60) der in der Axenrichtung auf jeden Ring entfallende Schub in kg, dann ist das zur Überwindung der Reibung erforderliche Drehmoment:

$$M = \mu\,P_1\,\frac{D + d}{2}.$$

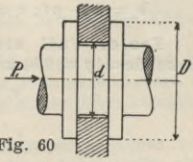


Fig. 60

Verschiedene Reibungskoeffizienten.

Bronze auf Bronze, trocken	$\mu = 0{,}20$
Bronze auf Gufseisen, trocken	$\mu = 0{,}21$
Gufseisen auf Gufseisen oder Bronze, wenig fett	$\mu = 0{,}15$
Bronze auf Schmiedeeisen, wenig fett	$\mu = 0{,}16$
Schmiedeeisen auf Gufseisen, trocken	$\mu = 0{,}18$
Schmiedeeisen auf Schmiedeeisen, trocken	$\mu = 0{,}44$

Bei guter Schmierung ist für:

Schmiedeeisen auf Gufseisen oder Bronze	$\mu = 0{,}03 - 0{,}07$
Schmiedeeisen auf Pockholz	$\mu = 0{,}11 - 0{,}19$
Stahl auf Bronze	$\mu = 0{,}004 - 0{,}011$
Stahl auf Weifsmetall	$\mu = 0{,}006 - 0{,}012$

Dynamik.

1. Gleichförmige Bewegung. Ein Körper bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit, wenn er in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt.

Unter Geschwindigkeit der gleichförmigen Bewegung eines Körpers versteht man den in der Zeiteinheit (Sekunde, Minute, Stunde etc.) zurückgelegten Weg (in Metern, Kilometern, Meilen oder dergl.).

Ist s der Weg, den ein Körper in der Zeit t zurückgelegt hat, und v seine Geschwindigkeit, dann ist:

$$s = vt; \quad v = \frac{s}{t}; \quad t = \frac{s}{v}.$$

2. Beschleunigte oder verzögerte Bewegung. Ein Körper bewegt sich gleichmäfsig beschleunigt oder verzögert, wenn seine Geschwindigkeit mit der Zeit gleichmäfsig zu- oder abnimmt.

Unter Beschleunigung oder Verzögerung versteht man die Zunahme oder Abnahme der Geschwindigkeit des Körpers in einer Sekunde.

Unter Geschwindigkeit in einem bestimmten Augenblick versteht man hier denjenigen Weg, den der Körper in einer Sekunde zurücklegen würde, wenn er sich von diesem Augenblick ab gleichförmig weiter bewegte.

Bezeichnet: p die Beschleunigung oder Verzögerung,
t die Zeit in Sekunden,
s den in der Zeit t zurückgelegten Weg,
v die Geschwindigkeit nach t Sekunden,
c die Anfangsgeschwindigkeit,

dann ist bei der beschleunigten Bewegung:

$$v = c + pt; \; s = c \cdot t + \frac{p}{2} t^2 = \frac{c + v}{2} t = \frac{v^2 - c^2}{2p}$$

und bei der verzögerten Bewegung:

$$v = c - pt; \; s = c \cdot t - \frac{p}{2} t^2 = \frac{c + v}{2} t = \frac{c^2 - v^2}{2p}.$$

Freier Fall eines Körpers. Beschleunigung in einer Sekunde $= g = 9{,}81$ m;

$$v = g \cdot t; \; h = \frac{gt^2}{2} = \frac{v^2}{2g}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \qquad v = \sqrt{2gh}$$

h = Fallhöhe in m.

Beispiel. Wie lange Zeit braucht ein Körper, um vom Ruhezustande aus 15 m tief zu fallen?

Es ist $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15}{9{,}81}} = \sqrt{3{,}06} = 1{,}749 \approx 1{,}75$ Sek.

3. Kreisförmige Bewegung. Die Umfangsgeschwindigkeit eines Punktes eines rotierenden Körpers ist:

$$v = \frac{2R\pi n}{60} = 0{,}105\, R \cdot n,$$

worin R der Abstand des Punktes von der Drehachse und n die Umdrehungszahl in einer Minute ist.

Der Wert $2\pi n : 60$ ist konstant und heifst Winkelgeschwindigkeit ω;

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = 0{,}105\, n = \frac{v}{R}; \quad v = R\,\omega.$$

4. Unter Masse m eines Körpers versteht man den Quotienten aus dem Gewicht G desselben in Kilogrammen dividiert durch die Beschleunigung g beim freien Fall

$$m = \frac{G}{g} = \frac{G}{9{,}81} \text{ od. rund } \frac{G}{10}.$$

5. Mechanische Arbeit. Das Produkt aus einer Kraft P (in kg) und dem in ihrer Richtung zurückgelegten Weg s des Angriffspunktes (in Metern) heifst »mechanische Arbeit« (in Meterkilogramm oder Kilogrammeter)

$$A = P\,s \text{ (in mkg).}$$

6. Leistung ist die in einer Sekunde verrichtete mechanische Arbeit:

$$L = \frac{P \cdot s}{t} = P\,v = \text{Kraft} \times \text{Geschwindigkeit},$$

wobei t diejenige Zeit ist, während welcher die Arbeit $P \cdot s$ geleistet wird.

7. Pferdekraft (PS) wird eine Leistung von 75 mkg genannt, also:

$$\text{Leistung in PS} = \frac{\text{Leistung in Meterkilogramm}}{75} = N.$$

Die Beziehung zwischen Pferdestärken, Drehmoment und Umdrehungszahl n pro Min. ist:

$$M = P\,.\,R = 71600\,\frac{N}{n} \text{ cmkg.}$$

Hier ist R in cm einzusetzen.

8. Lebendige Kraft A eines Körpers nennt man das halbe Produkt aus seiner Masse, multipliziert mit dem Quadrat seiner Geschwindigkeit:

$$A = \frac{m\,v^2}{2} = \frac{1}{2}\,\frac{G}{g} \cdot v^2 \text{ mkg.}$$

Die lebendige Kraft ist eine in dem sich bewegenden Körper aufgespeicherte Arbeit.

Wird der Bewegung eines Körpers, der das Gewicht G und die Geschwindigkeit v_1 besitzt, ein Widerstand P entgegengesetzt, so verzögert sich seine Bewegung unter gleichzeitiger Abnahme seiner lebendigen Kraft.

Besitzt der Körper nach Zurücklegung eines Weges von s Metern noch eine Geschwindigkeit v_2, dann hat derselbe eine Arbeit geleistet:

$$A = P\,s = \frac{G}{2\,g}\,(v_1^2 - v_2^2) = \frac{m}{2}\,(v_1^2 - v_2^2).$$

Sollte sich die Geschwindigkeit des Körpers von v_2 auf v_1 vergröfsern, dann müfste dem Körper dieselbe Arbeit wieder zugeführt werden.

Beispiel. Das Kolbengestänge einer Maschine wiegt 5000 kg, seine Geschwindigkeit in der Mitte des Hubes ist 6 m in der Sekunde; wie grofs ist die lebendige Kraft des Gestänges in der Mitte des Hubes?

Es ist: $A = \frac{1}{2}\frac{G}{g}v^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{5000}{9{,}81}\cdot 6^2 = 9180$ kgm.

Bemerkung. Diese Arbeit wird während der ersten Hälfte des Hubes vom Dampf an das Gestänge, während der zweiten Hälfte des Hubes vom Gestänge an die Kurbelwelle abgegeben.

9. Centrifugalkraft. Bewegt sich ein Körper (Fig. 61) vom Gewicht G (in kg) mit einer Geschwindigkeit v (in m) in einem Kreise vom Halbmesser r (in m), dann ist die Kraft, welche bestrebt ist, ihn vom Mittelpunkt zu entfernen (Centrifugalkraft), in kg

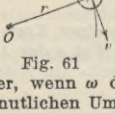


Fig. 61

$$C = \frac{G}{g}\frac{v^2}{r} = 0{,}102\,G\frac{v^2}{r} = \frac{m\,v^2}{r}$$

oder, wenn ω die Winkelgeschwindigkeit und n die Anzahl der minutlichen Umläufe ist:

$$C = 0{,}102\,G\,r\,\omega^2 = 0{,}00112\,G\,r\,n^2.$$

Beispiel. Das Gewicht des Kurbelzapfens und des überhängenden Teiles der Wangen einer gebauten Kurbel beträgt 4000 kg. Die Maschine macht 90 Umdr. pro Min., der Kurbelradius ist 0,8 m. Wie grofs ist die Centrifugalkraft des überhängenden Teiles der Kurbel? Es ist:

$$C = 0{,}00112\cdot G\cdot r\cdot n^2 = 0{,}00112\cdot 4000\cdot 0{,}8\cdot 90^2$$
$$C = 29000 \text{ kg}.$$

Hydrostatik.

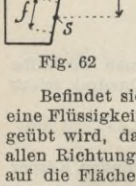


Fig. 62

1. Flüssigkeitsdruck. Ist in Fig. 62 h (in m) die Höhe der Flüssigkeitsoberfläche über dem Schwerpunkt irgend eines Teiles der Gefäfswand von der Fläche f (in qm) und γ das spez. Gewicht der Flüssigkeit (kg pro cbm), dann ist der Druck auf diese Fläche in kg

$$P = f\,h\,\gamma.$$

Befindet sich in einem allseitig geschlossenen Gefäfs (Fig. 63) eine Flüssigkeit, auf welche an irgend einer Stelle ein Druck ausgeübt wird, dann pflanzt sich dieser durch die Flüssigkeit nach allen Richtungen auf die begrenzenden Flächen hin fort. Wird auf die Fläche f ein Druck P ausgeübt, dann ist der auf eine Fläche F fortgepflanzte Druck:

$$Q = P\frac{F}{f}.$$

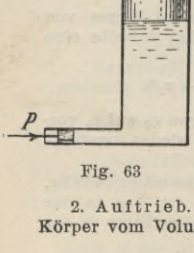


Fig. 63

Anwendung bei hydraulischen Pressen und Hebevorrichtungen.

Beispiel. Auf den kleinen Kolben (Fig. 63) von 20 mm Durchmesser werde ein Druck von $P = 100$ kg ausgeübt; welcher Druck Q kann durch den grofsen Kolben von 400 mm Durchmesser ausgeübt werden?

Es ist:

$$Q = P\frac{F}{f} = 100\frac{400^2\,\frac{\pi}{4}}{20^2\,\frac{\pi}{4}} = 100\frac{400^2}{20^2} = 40\,000 \text{ kg}.$$

2. Auftrieb. Ein in eine Flüssigkeit ganz eingetauchter Körper vom Volumen V in cbm erfährt einen Auftrieb von

$$A = V\gamma \text{ (kg)}.$$

3. Schwimmen. Ein auf einer Flüssigkeit schwimmender Körper vom Gewicht G verdrängt ein Flüssigkeitsvolumen

$$V = \frac{G}{\gamma} \text{ (cbm)},$$

d. h: das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge ist gleich dem Gewicht des Körpers.

Hydrodynamik.

Die Geschwindigkeit v in m pro Sek., mit welcher Wasser aus einer Öffnung fliefst, ist, wenn h die Höhe des Wasserspiegels über der Öffnung (Druckhöhe) in m:

$$v = \sqrt{2gh} = 4{,}429\sqrt{h}.$$

Ist f der Querschnitt der Ausflufsöffnung in qcm, dann ist die pro Sekunde ausfliefsende Wassermenge Q in Litern angenähert:

1. Bei scharfkantiger Öffnung in dünner Wand:

$$Q = 0{,}06\, f\sqrt{2gh} = 0{,}266\, f\sqrt{h}.$$

2. Beim Ausflufs aus einer konischen Düse:

$$Q = 0{,}09\, f\sqrt{2gh} = 0{,}4\, f\sqrt{h},$$

wobei f der kleinste Querschnitt der Düse in qcm ist.

Beispiel. Zwei Meter unter der Wasserlinie befindet sich in der Aufsenhaut des Schiffes ein Loch von 100 qcm Querschnitt. Welche Wassermenge dringt durch dasselbe in das Schiff ein?

Es ist:

$$Q = 0{,}266\, f\sqrt{h} = 0{,}266\ 100\sqrt{2} = 37{,}6 \text{ l pro Sek.}$$

oder $60 \times 37{,}6 = 2256$ l pro Min. oder $60 \times 2256 \cong 135$ cbm pro Stunde.

Ist anstatt der Druckhöhe h (in m) der Druck in kg pro qcm $= p$ (Manometeranzeige) gegeben, dann ist die entsprechende Druckhöhe:

$$h = 10\, p \text{ (m)}.$$

Beispiel: Welche Wassermenge strömt in einer Stunde durch eine Aschejektordüse von 20 mm Durchmesser, wenn der Druck vor der Düse nach dem Manometer $p = 13{,}5$ kg pro qcm beträgt?

Es ist:

$$h = 10 \cdot p = 10 \cdot 13{,}5 = 135 \text{ m}$$

$$Q = 0{,}4 \cdot f\sqrt{h} = 0{,}4 \cdot \frac{2^2\pi}{4} \cdot \sqrt{135} = 0{,}4 \cdot 3{,}14 \cdot 11{,}62 = 14{,}6 \text{ l in der Sek.}$$

$$\text{oder } Q = 3600 \cdot 14{,}6 \cong 52\,600 \text{ l} = 52{,}6 \text{ t pro Stunde.}$$

Aerostatik.

1. Mariottesches Gesetz. Bei gleichbleibender Temperatur verhalten sich die Drücke einer und derselben Luftmenge umgekehrt wie die zugehörigen Volumina.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} \text{ od. } p_2 = p_1\,\frac{V_1}{V_2} \text{ od. } V_2 = V_1\,\frac{p_1}{p_2} \text{ od. } V_1 p_1 = V_2 p_2.$$

2. Bleibt das Volumen einer Gasmenge vom Druck p und der Temperatur t konstant, dann ist der Druck bei der Temperatur t_1:

$$p_1 = p\,\frac{t_1 + 273}{t + 273}.$$

3. Gay-Lussacsches Gesetz. Bei gleichbleibender Spannung einer Gasmenge ist ihr Volumen proportional der absoluten Temperatur T.

Der absolute Nullpunkt liegt 273° C unter Null.

Ist t die Temperatur in Celsiusgraden vom Gefrierpunkt des Wassers an gerechnet, dann ist die absolute Temperatur

$$T = 273 + t \text{ Grad.}$$

Es ist dann: $V_2 : V_1 = T_2 : T_1$ oder

$$V_2 : V_1 = (t_2 + 273) : (t_1 + 273) \text{ od. } V_2 = V_1\,\frac{t_2 + 273}{t_1 + 273}.$$

Der mittlere Druck der Luft hält einer 10,34 m (34′ engl.) hohen Wassersäule oder einer 760 mm (30″ engl.) hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht und beträgt 1,034 kg pro qcm (14,22 lbs. pro □″).

In der Technik wird der Druck (Dampfdruck, Gasdruck oder Flüssigkeitsdruck) in kg pro qcm bzw. lbs pro □″ gemessen, entsprechend 735 mm Quecksilbersäule (siehe Tabelle).

Ist hierbei die absolute Luftleere als Nullpunkt angenommen, dann bezeichnet man den Druck als »absoluten Druck«.

Wird hingegen der normale Luftdruck als Nullpunkt angenommen, dann wird der Druck mit »Überdruck« bezeichnet.

Die Angabe in absolutem Druck ist also immer um 1 kg pro qcm gröfser als jene in Überdruck; z. B. 6 kg pro qcm absoluter Druck = 5 kg pro qcm Überdruck.

4. Das Gewicht von 1 cbm trockener atmosphärischer Luft von p kg Spannung pro qcm (abs.) bei der Temperatur t° ist

$$\gamma = 342\,\frac{p}{273 + t} \text{ kg.}$$

Beispiel. Wie grofs ist das Gewicht von 1 cbm trockener atm. Luft bei 2,5 kg Spannung pro qcm (abs.) und einer Temperatur von 45° C.

$$\gamma = 342\,\frac{2{,}5}{273 + 45} = 342\,\frac{2{,}5}{318} = 2{,}69 \text{ kg.}$$

C. Physik.

Häufig vorkommende physikalische Werte.

Beschleunigung beim freien Fall: $g = 9{,}81$ m; $\frac{1}{g} = 0{,}102$

$$\log g = 0{,}9917$$

$$\sqrt{2g} = 4{,}43.$$

Schallgeschwindigkeit in Luft: 330 m per Sekunde.
dto. in Wasser: 1430 » » »

Lichtgeschwindigkeit 300 000 km per Sekunde.

Atmosphärischer Druck am Meeresspiegel = 760 mm Barometerstand = 1,034 kg/qcm.

1 Atmosphäre = 1 kg/qcm = 735 mm Barometerstand.

1 Pferdestärke = 75 mkg = 736 Watt.

Nullpunkt der absoluten Temperaturen: — 273° Celsius.

1 Wärmeeinheit = 424 mkg.

Spezifisches Gewicht.

Das spezifische Gewicht eines Körpers (ausgenommen gasförmige Körper) gibt das Gewicht eines Kubikdezimeters desselben in kg an; in geringem Maſse ändert sich dasselbe mit der Temperatur des betreffenden Körpers.

Abweichungen von den angegebenen Mittelwerten werden bei Metallen auſserdem hervorgerufen durch mechanisches Bearbeiten. Hämmern, Schmieden, Walzen und Ziehen vergröſsern, Ausglühen resp. Umschmelzen vermindern das spezifische Gewicht.

Tabelle No. 8.

Spezifische Gewichte verschiedener Körper.

a) Feste Körper.

Wasser = 1,00.

Alaun	1,70	Holzkohle, im Stück	1,4 bis 1,7
Aluminium	2,70	Kalk, gebrannt	1,5 bis 1,8
Aluminiumbronze	7,7	Kalkmörtel, trocken	1,6 bis 1,8
Antimon	6,7	Kochsalz	2,1
Asbest	2,1 bis 2,8	Kohle und Koks	siehe S. 139
Asphalt	1,07 bis 1,16	Kreide	1,8 bis 2,7
Bausteine	2,5	Kupfer, gegossen	8,8 bis 8,9
Beton	2,2 bis 2,4	» gehämmert	8,9 bis 9,0
Blei	11,35	Leder	0,85 bis 1,0
Bronze	8,3 bis 8,6	Marmor	2,65
Chamottsteine	1,85	Nickel	8,9 bis 9,2
Eis von 0° C.	0,92	Platin	21,5
Eisen:		Paraffin	0,87
Guſseisen	7,2	Porzellan	2,25
Schmiedeisen und Stahl	7,8	Putzwolle, gepreſst	ca. 0,33
Fett, konsistent	0,93	» lose	ca. 0,1
Glas	2,5 bis 3,7	Salmiak	1,52
Gold	19,5	Salpeter	2,1
Kautschuk, roh	0,93	Schwefel	2,05
» vulkanisiert	1,45	Silber	10,5
Holz, lufttrocken:		Seife	1,05 bis 1,15
Ahorn	0,75	Steinsalz	2,28
Buchen	0,75	Wachs	0,79
Eichen	0,85	Ziegelsteine	1,4 bis 2,0
Fichten	0,47	Zink	7,1 bis 7,2
Kiefer	0,55	Zinn	7,3
Pockholz	1,33	Zucker	1,6
Tanne	0,56	Zement, in Pulver	1,15 bis 1,7
Holzkohle, geschüttet	0,36	» erhärtet	2,7 bis 3,0

b) Flüssige Körper.

Wasser = 1,00.

Alkohol	0,80	Mineralöle	0,96
Benzin	0,70	Petroleum	0,88
Firnis	0,96	Rauch. Salpetersäure	1,50
Glyzerin	1,26	Konz. Salzsäure	1,16
Seewasser (im Ozean)	1,026	» Schwefelsäure	1,84
do. (i. d. Ostsee)	1,015	Terpentin	0,87
Leinöl	0,94	Teer	1,20
Rüböl	0,914	Quecksilber	13,6

c) Gasförmige Körper.

Das Volumen ist bezogen auf die Temperatur 0° C und einen Gasdruck gleich 760 mm Quecksilbersäule.

Spezifisches Gewicht der Luft = 1,00.

Körper	Spezif. Gew.	Gew. von 1 cbm in kg	Körper	Spezif. Gew.	Gew. von 1 cbm in kg
Kohlenoxyd	0,967	1,25	Schwefel-		
Kohlensäure	1,52	1,97	wasserstoff .	1,17	1,52
Leuchtgas .	0,534	0,69	Stickstoff . .	0,97	1,26
Luft . . .	1,00	1,293	Wasserdampf s. Tab. No. 17.		
Sauerstoff .	1,105	1,43	Wasserstoff .	0,069	0,0896

Umrechnung auf eine Temperatur t^0 C und einen Gasdruck = b mm Quecksilbersäule.

G_o = Gewicht von 1 cbm bei 0° C und 760 mm Barometerstand;
G_t = Gewicht von 1 cbm bei t^0 C und b mm Barometerstand.

$$G_t = G_o \times \frac{b}{760} \times \frac{273}{273 + t}.$$

Beispiel: Wie grofs ist das Gewicht einer stählernen Welle von 120 mm Durchmesser und 5000 mm Länge.

Volumen in Kubikdezimeter:

$$v = \frac{\pi}{4} \times 1{,}2^2 \times 50 = 56{,}5 \text{ cdm.}$$

Gewicht in Kilogramm:

$$= 56{,}5 \times 7{,}8 \doteq 440 \text{ kg.}$$

Beispiel: Welchen Inhalt mufs ein Öltank erhalten, welcher 750 kg Leinöl enthalten soll?

Volumen = Gewicht: spezif. Gewicht =

$$v = 750 : 0{,}94 \doteq 800 \text{ l.}$$

Beispiel: Es ist das Gewicht von 2,5 cbm Leuchtgas bei 120° C und 2,0 kg pro qcm abs. Druck anzugeben.

$$G_t = 0{,}69 \times \frac{2{,}0 \times 735}{760} \times \frac{273}{273 + 120} = 0{,}927$$

$$G = 2{,}5 \times 0{,}927 = 2{,}315 \text{ kg.}$$

Tabelle No. 9.

Ladegewichte von geschütteten Körpern.

	1 cbm wiegt ca. kg	1000 kg erfordern ca. cbm		1 cbm wiegt ca. kg	1000 kg erfordern ca. cbm
Bruchsteine . .	2000	0,5	Holz in Scheiten:		
Chilisalpeter . .	1000	1,0	Buchenholz .	400	2,5
Eisenerze . . .	3000	0,33	Eichenholz .	420	2,4
Flufssand, feucht	2000	0,5	Fichtenholz .	320	3,1
» trocken	1600	0,6	Kalk, gebrannt .	500	2,0
Getreide:			Kalkmörtel . .	1750	0,57
Gerste . . .	660	1,5	Kohlen	750	1,33
Hafer	480	2,1	Koks	400	2,50
Mais	720	1,4	Kupferbrocken .	5800	0,17
Reis	730	1,37	Rüben	600	1,6
Roggen . . .	750	1,33	Soda	940	1,6
Weizen . . .	760	1,3	Steinsalz . . .	1010	1,0
Granit	2700	0,37	Ziegelsteine . .	1500	0,66
Guano	850	1,2			

Wärme.

Die Temperatur eines Körpers wird in Graden nach Celsius, Reaumur oder Fahrenheit gemessen.

Bei der Gradeinteilung nach Celsius ist der Temperaturunterschied zwischen dem Gefrier- und dem Siedepunkt des Wassers bei 760 mm Barometerstand in 100 gleiche Teile, bei jener nach Reaumur in 80, und bei der nach Fahrenheit in 180 Teile geteilt. Bei letzterer liegt der Nullpunkt noch 32 Grade Fahrenheit unter dem Gefrierpunkt des Wassers.

In neuerer Zeit wird die Temperatur meistens in Celsius-Graden (Zentigraden) angegeben.

Umrechnung der Temperaturgrade:

$$n^0 \text{ C (Grad Celsius)} = \frac{4}{5} n^0 \text{ R (Reaumur)} = \frac{9}{5} n^0 + 32^0 \text{ F (Fahrenheit)}.$$

$$n^0 \text{R} = \frac{5}{4} n^0 \text{ C} = \frac{9}{4} n^0 + 32^0 \text{ F}.$$

$$n^0 \text{ F} = \frac{5}{9} (n - 32)^0 \text{ C} = \frac{4}{9} (n - 32)^0 \text{R}.$$

Tabelle No. 10.

Thermometerskalen.

Celsius	Reaumur	Fahrenheit	Celsius	Reaumur	Fahrenheit	Celsius	Reaumur	Fahrenheit	Celsius	Reaumur	Fahrenheit
—20	—16	—4	22	17,6	71,6	64	51,2	147,2	106	84,8	222,8
—18	—14,4	0,4	24	19,2	75,2	66	52,8	150,8	108	86,4	226,4
—16	—12,8	3,2	26	20,8	78,8	68	54,4	154,4	110	88,0	230,0
—14	—11,2	6,8	28	22,4	82,4	70	56,0	158,0	112	89,6	233,6
—12	— 9,6	10,4	30	24,0	86,0	72	57,6	161,6	114	91,2	237,2
—10	— 8,0	14,0	32	25,6	89,6	74	59,2	165,2	116	92,8	240,8
— 8	— 6,4	17,6	34	27,2	93,2	76	60,8	168,8	118	94,4	244,4
— 6	— 4,8	21,1	36	28,8	96,8	78	62,4	172,4	120	96,0	248,0
— 4	— 3,2	24,8	38	30,4	100,4	80	64,0	176,0	122	97,6	251,6
— 2	— 1,2	28,4	40	32,0	104,0	82	65,6	179,6	124	99,2	255,2
0	0	32,0	42	33,6	107,6	84	67,2	183,2	126	100,8	258,8
2	1,6	35,6	44	35,2	111,2	86	68,8	186,8	128	102,4	262,4
4	3,2	39,2	46	36,8	114,8	88	70,4	190,4	130	104,0	266,0
6	4,8	42,8	48	38,4	118,4	90	72,0	194,0	132	105,6	269,6
8	6,4	46,4	50	40,0	122,0	92	73,6	197,6	134	107,2	273,2
10	8,0	50,0	52	41,6	125,6	94	75,2	201,2	136	108,8	276,8
12	9,6	53,6	54	43,2	129,2	96	76,8	204,8	138	110,4	280,4
14	11,2	57,2	56	44,8	132,8	98	78,4	208,4	140	112,0	284,0
16	12,8	60,8	58	46,4	136,4	100	80,0	212,0	142	113,6	287,6
18	14,4	64,4	60	48,0	140,0	102	81,6	215,6	144	115,2	291,2
20	16,0	68,0	62	49,6	143,6	104	83,2	219,2	146	116,8	294,8

Soll sich die Temperatur eines Körpers erhöhen oder erniedrigen, dann mufs demselben Wärme zugeführt oder entzogen werden.

Die zugeführte oder entzogene Wärmemenge wird in Wärmeeinheiten gemessen.

Unter einer Wärmeeinheit (WE) oder Kalorie versteht man die Wärmemenge, welche zugeführt werden mufs, um die Temperatur von 1 kg reinen Wassers um 1° C zu erhöhen.

Unter spezifischer Wärme c eines Körpers versteht man diejenige Wärmemenge in WE, welche einem Kilogramm desselben zugeführt werden mufs, um seine Temperatur um 1° C zu erhöhen.

Tabelle No. 11.

Spezifische Wärme c verschiedener Körper.

Körper	c
Gufseisen	0,13
Kupfer	0,093
Messing	0,092
Schmiedeisen	0,114
Wasser rein	1,0
Luft { bei konstantem Druck	0,24
Luft { bei konstantem Volumen	0,17
Wasserdampf { bei konstantem Druck	0,48
Wasserdampf { bei konstantem Volumen	0,37

Wird ein Körper vom Gewichte G in kg und der spez. Wärme c von der Temperatur t_1 auf die Temperatur t_2 erwärmt, dann müssen ihm:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \text{ WE}$$

zugeführt werden.

Kühlt der Körper von der Temperatur t_2 auf jene t_1 ab, dann gibt er dieselbe Wärmemenge ab.

Beispiel. Wie viel WE müssen einer Wassermenge von 5000 l (≙ 5000 kg) zugeführt werden, um ihre Temperatur von 35° auf 100° zu erhöhen. Es ist:

$$Q = G \cdot c\,(t_2 - t_1) = 5000 \cdot 1 \cdot (100 - 35) = 5000 \cdot 65 = \\ = 325\,000 \text{ WE}.$$

Beispiel. Wie viele Wärmeeinheiten müssen dem gesättigten Dampf in einer Stunde zugeführt werden, wenn in dieser Zeit 10000 kg Dampf von 180° C auf 300° C überhitzt werden sollen. Es ist:

$$Q = G \cdot c\,(t_2 - t_1) = 10\,000 \cdot 0{,}48 \cdot (300 - 180) = 10\,000 \cdot 0{,}48 \cdot 120 = \\ = 576\,000 \text{ WE}.$$

Tabelle No. 12.

Schmelz- und Siedepunkte verschiedener Körper

in Graden Celsius bei 760 mm Barometerstand.

Körper	Schmelzpunkt	Siedepunkt	Körper	Schmelzpunkt	Siedepunkt
Aluminium .	625	—	Schmiedeeisen	1500—1800	—
Antimon . .	430	1600	Schwefel . .	115	448
Blei	330	1550	Silber . . .	1000	—
Bronze . . .	900	—	Stahl . . .	1350	—
Flufseisen .	1475	—	Talg	33	310
Stahlgufs . .	1400	—	Wachs . . .	60	—
Gufseisen (grau) . .	1200	—	Zink	410	—
Glas	1200	—	Zinn	230	—
Gold . . .	1100	—	Alkohol . .	— 90	78,3
Kupfer . . .	1100	—	Leinöl . . .	— 20	316
Messing . .	1015	—	Seewasser .	— 2,5	103
Nickel . . .	1400	—	Terpentinöl .	— 10	160
Paraffin . .	46	370	Fette Öle . .	—	310—320
Platin . . .	2500	—	Wasser . .	0	100
Quecksilber .	— 39	357			

Eigenschaften kondensierter Gase siehe S. 206.

Tabelle No. 13.

Temperaturen beim Glühen des Eisens.

Im Dunklen rotglühend .	575°	Gelbglühend	1155°
Dunkelrot	720°	Weifsglühend	1300°
Hellrot	1010°	Blendendweifs	1500°

Tabelle No. 14.

Anlauffarben des Stahls.

Farbe	Temperatur	Farbe	Temperatur
Strohgelb . . .	225°	Violett	266°
Goldgelb . . .	243°	Hellblau	293°
Purpurrot . . .	250°	Dunkelblau . .	316°

Bei höheren Temperaturen wiederholen sich die Anlauffarben etwas blasser in derselben Reihenfolge.

Tabelle No. 15.

Längenausdehnung l_1 verschiedener Körper beim Erwärmen

von 0° auf 100° C.

Körper	Verlängerung eines Stabes von 1 m Länge in mm = l_1	Körper	Verlängerung eines Stabes von 1 m Länge in mm = l_1
Blei	2,85	Zink	2,95
Glas	0,84	Schmiedeeisen	1,21
Gufseisen . .	1,07	do. v. 0°—300°	1,47
Kupfer . . .	1,64	Stahl	1,16
do. v. 0—300°	1,9	Bronze . . .	1,76
Zinn	1,94	Flufseisen . .	1,18

Beträgt die Temperaturerhöhung nicht 100° C, sondern allgemein t^0 C, dann ist die Verlängerung eines Stabes von 1 m Länge:

$$l_2 = l_1 \frac{t}{100} \text{ mm.}$$

Über Ausdehnung von Gasen s. S. 43.

Bestimmung der Mischungstemperatur.

Wird ein Körper vom Gewichte G_1, der Temperatur t_1 und der spezifischen Wärme c_1 mit einem anderen Körper vom Gewicht G_2, der Temperatur t_2 und der spezifischen Wärme c_2 zusammengebracht, so dafs sich die Temperaturen ausgleichen können (ohne Wärmeverluste), dann ist die Temperatur nach dem Ausgleich:

$$t_3 = \frac{G_1 t_1 c_1 + G_2 t_2 c_2}{G_1 c_1 + G_2 c_2} \text{ Grad Celsius.}$$

Über Mischung von Dampf und Wasser s. S. 51.

Beispiel. Ein Stück Eisen von 5 kg Gewicht besitze eine Temperatur von 1000°; es wird in ein Gefäß mit 25 l Wasser von 10° geworfen. Welche Temperatur besitzen Wasser und Eisen nach dem Temperaturausgleich?

$$t_3 = \frac{5 \cdot 1000 \cdot 0{,}114 + 25 \cdot 10 \cdot 1}{5 \cdot 0{,}114 + 25 \cdot 1} = \frac{570 + 250}{0{,}57 + 25} = \frac{820}{25{,}57} \cong 32^0 \text{ C.}$$

Dampferzeugung.

Um 1 kg Wasser von 0° C in Dampf zu verwandeln mufs demselben eine bestimmte Wärmemenge λ zugeführt werden.

Diese sogenannte Gesamtwärme λ besteht aus:

1. Der Flüssigkeitswärme q, welche zur Erwärmung des Wassers von 0° bis t^0 (Temp. des Dampfes) nötig ist;
2. der Verdampfungswärme r, welche dem Wasser von der Temperatur t^0 zugeführt werden mufs, um dasselbe in Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln.

Es ist also:

$$\lambda = q + r \text{ WE.}$$

Man unterscheidet gesättigten, überhitzten und nassen Dampf.

Gesättigter Dampf ist solcher, welcher diejenige Temperatur besitzt, welche zu seiner Erzeugung nötig ist.

Überhitzter Dampf ist solcher, welcher eine höhere Temperatur besitzt als gesättigter Dampf von derselben Spannung, welcher also über seine Erzeugungstemperatur hinaus erhitzt ist.

Nasser Dampf ist solcher, welcher mechanisch beigemengtes Wasser (in Tropfen- oder Staubform) enthält. Das Wasser kann entweder aus dem Kessel mitgerissen oder durch Kondensation in der Dampfleitung gebildet worden sein.

Wird gesättigtem Dampf Wärme entzogen, so kondensiert sich ein entsprechender Teil desselben zu Wasser, während der Rest gesättigter Dampf bleibt. Ist der Dampf während dieses Vorganges in einem abgegrenzten Raum eingeschlossen, dann sinkt hierbei sowohl der Druck als auch die Temperatur entsprechend der Tabelle No. 16.

Steht der Dampf jedoch mit dem Kessel in Verbindung (z. B. durch die Dampfleitung), dann sinkt, wenn die Kondensation in normalen Grenzen bleibt, weder der Druck noch die Temperatur, weil dann eine der kondensierten Dampfmenge entsprechende Menge frischen Dampfes nachströmt.

Wird überhitztem Dampf Wärme entzogen, dann sinkt seine Temperatur solange, bis er den Sättigungspunkt erreicht hat; erst dann tritt Kondensation ein.

Mischung von Dampf und Wasser. Die Wassermenge G_1 von der Temperatur $t_1{}^0$, welche nötig ist, um G kg Dampf zu kondensieren, so dafs die schliefsliche Temperatur der Mischung $t_2{}^0$ ist, findet sich aus:

$$G_1 = \frac{\lambda - t_2}{t_2 - t_1} \cdot G,$$

worin λ die Gesamtwärme des zu kondensierenden Dampfes ist.

Werden G kg Wasser von der Temperatur t^0 und G_1 kg Dampf von der Gesamtwärme λ gemischt, so ist die Temperatur t_1 der Mischung:

$$t_1 = \frac{G \cdot t + G_1 \lambda}{G + G_1}.$$

Die zur Kondensation von G_1 kg Dampf nötige Wassermenge ist:

$$G = G_1 \frac{\lambda - t_1}{t_1 - t},$$

wobei t_1 die Temperatur ist, bei welcher der Dampf unter dem herrschenden Druck kondensiert.

Beispiel. Welche Kühlwassermenge ist zur Kondensation von 1 kg Dampf von 0,9 kg abs. Druck nötig, wenn die Temperatur des Kühlwassers 16° C. beträgt und diejenige der Mischung 37° C sein soll.

$$G = 1 \frac{635{,}8 - 37}{37 - 16} = 28{,}5 \text{ kg}.$$

Tabelle No. 16.

Eigenschaften gesättigter Wasserdämpfe.

(Nach Zeuner.)

Absolut. Druck in kg pro qcm	Temperatur t ° C	Flüssigkeitswärme q (WE)	Verdampfungswärme r (WE)	Gesamtwärme λ (WE)	Gewicht von 1 cbm Dampf in kg	Vol. von 1 kg Dampf in cbm
0,006	0	0	592,7	592,7	0,005	205,9
0,009	5	5,00	591,9	596,9	0,007	147,5
0,012	10	10,00	590,9	600,9	0,009	107,0
0,017	15	15,01	589,5	604,5	0,013	78,5
0,024	20	20,01	587,7	607,7	0,017	58,3
0,032	25	25,02	585,7	610,7	0,023	43,7
0,043	30	30,03	583,4	613,4	0,030	33,1
0,057	35	35,04	580,8	615,9	0,039	25,4
0,075	40	40,05	578,0	618,1	0,051	19,6
0,1	45,6	45,7	574,8	620,5	0,067	15,01
0,2	59,8	59,9	564,8	624,7	0,129	7,782
0,3	68,7	68,9	558,5	627,5	0,189	5,302
0,4	75,5	75,7	553,8	629,5	0,248	4,040
0,5	80,9	81,2	550,0	631,2	0,306	3,272
0,6	85,5	85,8	546,8	632,6	0,363	2,755
0,7	89,5	89,8	543,9	633,8	0,420	2,382
0,8	93,0	93,4	541,4	634,7	0,476	2,100
0,9	96,2	96,6	539,2	635,8	0,532	1,880
1,0	99,1	99,6	537,1	636,7	0,587	1,702
1,1	101,8	102,3	535,5	637,5	0,643	1,556
1,2	104,2	104,8	533,5	638,3	0,697	1,434
1,3	106,6	107,1	531,9	639,0	0,752	1,330
1,4	108,7	109,3	530,3	639,7	0,806	1,240
1,5	110,8	111,4	528,9	640,3	0,860	1,162
1,6	112,7	113,4	527,5	640,9	0,914	1,094
1,7	114,5	115,3	526,2	641,4	0,968	1,033
1,8	116,3	117,0	524,9	642,0	1,021	0,979
1,9	118,0	118,8	523,7	642,5	1,075	0,931
2,0	119,6	120,4	522,6	643,0	1,128	0,887
2,2	122,6	123,4	480,5	643,9	1,233	0,811
2,4	125,4	126,3	518,4	644,7	1,339	0,747
2,5	126,7	127,7	517,5	645,2	1,391	0,719
2,6	128,0	129,0	516,6	645,5	1,443	0,693
2,8	130,5	131,5	514,8	646,3	1,545	0,646
3,0	132,8	133,9	513,2	647,0	1,651	0,606
3,2	135,0	136,1	511,6	647,7	1,754	0,570
3,4	137,1	138,2	510,1	648,3	1,857	0,539
3,5	138,1	139,3	509,3	648,6	1,908	0,524
3,6	139,1	140,3	508,7	648,9	1,959	0,511
3,8	141,0	142,2	507,3	649,5	2,061	0,485
4,0	142,8	144,1	506,0	650,1	2,163	0,462
4,2	144,6	145,9	504,7	650,6	2,264	0,442
4,4	146,3	147,6	503,5	651,1	2,365	0,423
4,5	147,1	148,5	502,9	651,4	2,415	0,414
4,6	147,9	149,3	502,3	651,6	2,465	0,406
4,8	149,5	150,9	501,2	652,1	2,566	0,390
5,0	151,0	152,5	500,1	652,6	2,667	0,375
5,2	152,5	154,0	499,0	653,0	2,766	0,362
5,4	153,9	155,4	498,0	653,4	2,866	0,349
5,5	154,6	156,2	497,5	653,7	2,916	0,343

Tabelle No. 16. Eigenschaften gesättigter Wasserdämpfe. (Fortsetzung.)

Absolut. Druck in kg pro qcm	Temperatur t^0 C	Flüssigkeitswärme q (WE)	Verdampfungswärme r (WE)	Gesamtwärme λ (WE)	Gewicht von 1 cbm Dampf in kg	Vol. von 1 kg Dampf in cbm
5,6	155,3	156,9	497,0	653,9	2,965	0,337
5,8	156,6	158,3	496,0	654,3	3,064	0,326
6,0	157,9	159,6	495,0	654,7	3,164	0,316
6,5	161,1	162,9	492,8	655,6	3,410	0,293
7,0	164,0	165,9	490,6	656,5	3,656	0,274
7,5	166,8	168,8	488,6	657,4	3,901	0,256
8,0	169,5	171,5	486,7	658,2	4,144	0,241
8,5	172,0	174,1	484,9	659,0	4,387	0,228
9,0	174,4	176,6	483,1	659,7	4,629	0,216
9,5	176,7	179,0	481,4	660,4	4,870	0,205
10,0	178,9	181,2	479,8	661,0	5,109	0,196
10,5	181 0	183,4	478,3	661,7	5,349	0,187
11,0	183,1	185,6	476,8	662,4	5,589	0,179
11,5	185,0	187,6	475,3	662,9	5,826	0,172
12,0	187,0	189,6	473,9	663,5	6,063	0,165
12,5	188,8	191,5	472,6	664,1	6,300	0,159
13,0	190,6	193,4	471,2	664,6	6,534	0,153
13,5	192,3	195,2	470,0	665,2	6,773	0,148
14,0	194,0	196,9	468,8	665,7	7,006	0,143
14,5	195,6	198,7	467,5	666,2	7,244	0,138
15,0	197,2	200,3	466,4	666,7	7,477	0,134
16,0	200,3	203,5	464,1	667,6	7,943	0,126
17,0	203,3	206,7	461,8	668,5	8,418	0,119
18,0	206,1	209,5	459,8	669,3	8,865	0,113
19,0	208,7	212,4	457,8	670,2	9,328	0,107
20,0	211,3	215,1	455,9	671,0	9,794	0,102

D. Festigkeit der Körper.

Man unterscheidet hauptsächlich: Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Scherfestigkeit, Biegungsfestigkeit und Drehungsfestigkeit.

Bemerkung. In die folgenden Formeln sind alle Längenmafse in cm, alle Kräfte oder Belastungen in kg einzusetzen.

Diejenige Beanspruchung eines prismatischen Stabes von 1 qcm Querschnitt, bei welcher das Zerreifsen, Zerdrücken oder Abscheren eintritt, nennt man die Bruchfestigkeit des Materials.

Als zulässige Beanspruchung des Materials pro qcm wird nur ein Teil der Bruchfestigkeit genommen.

Es ist: $\frac{\text{Bruchfestigkeit des Materials}}{\text{zulässige Beanspruchung}} = \text{Sicherheitsgrad} = m$

oder zulässige Belastung $= \frac{\text{Bruchfestigkeit}}{\text{Sicherheitsgrad}} = k.$

Der Sicherheitsgrad m wird genommen:

a) für ruhende Belastung: $m = 4 - 5$;

b) für eine Belastung, welche zwischen 0 und einem gröfsten Wert wechselt: $m = 8 - 10$;

c) für eine Belastung, welche zwischen einem gröfsten Wert in der einen Richtung und einem ebenso grofsen Wert in der entgegengesetzten Richtung wechselt: $m = 12 - 15$.

1. Zug- und Druckfestigkeit. Ist: P die auf Zerreifsen (Fig. 64) oder Zerdrücken hinwirkende Kraft, f der kleinste Querschnitt des Körpers und k die Beanspruchung des Querschnittes pro qcm, dann ist

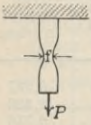


Fig. 64

$$P = f \cdot k \text{ oder } f = \frac{P}{k}, \text{ oder } k = \frac{P}{f}$$

Derjenige Querschnitt, in welchem voraussichtlich der Bruch (bei genügender Belastung P) eintritt, heifst der »gefährliche Querschnitt«; dieser ist im vorliegenden Falle der kleinste Querschnitt des Körpers.

2. Scher- oder Schubfestigkeit. Bei Beanspruchung eines Körpers auf »Abscheren« wirkt die Kraft P in der Ebene des beanspruchten Querschnittes.

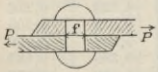


Fig. 65

Ist f (Fig. 65) der Querschnitt, welcher abgeschert wird, k_1 die Beanspruchung desselben pro qcm, dann ist:

$$P = f \cdot k_1 \text{ oder } f = \frac{P}{k_1} \text{ oder } k_1 = \frac{P}{f}.$$

Gewöhnlich nimmt man k_1 = ca. 0,85 k an.

Tabelle No. 17.

Festigkeits- und Elastizitätszahlen verschiedener Materialien in kg pro qcm.

Material	Bruchbelastung			Elastizitätsmodul	
	Zug	Druck	Schub	Zug u. Druck E.	Schub G.
Schweifseisen	3300—4000	2200—2800	3000	2 000 000	770 000
Flufseisen	3400—4400	2500—3000	3500	2 150 000	830 000
Siemens-Martinstahl / Tiegelstahl .	4500—5500	—	4000	2 200 000	850 000
Nickelstahl	5500—6500	—	4800	220 000	850 000
Stahlgufs	4000—5000	—	3600	2 150 000	830 000
Werkzeugstahl (Gufsst.)	7500—9000	—	6500	2 200 000	850 000
Gufseisen	1200—2100	7000—8000	—	900 000	350 000
Gufsstahldraht blank / gezogen	9000—18000	—	—	2 150 000	—
Eisendraht do.	5600	—	—	2 000 000	—
Kupferblech geglüht .	2000—2300	—	—	1 150 000	—
Messing, gegossen . .	1650	—	—	—	—
Muntzmetall	3400	—	—	—	—
Deltametall, geschmied.	3400—3700	—	—	1 000 000	—
Rotgufs	2000—3000	—	—	—	—
Manganbronze (gegoss.)	3000—4500	—	—	—	—
do. (geschmiedet)	4000—5000	—	—	—	—
Eichenholz (in Richtg. der Fasern)	1000	350	—	105 000	—
Kiefernholz (in Richtg. der Fasern)	800	280	—	93 000	—

3. Biegungsfestigkeit. Bei Beanspruchung eines Körpers auf Biegung sucht die äufsere Kraft P den stabförmigen Körper abzubrechen. Die Lage des gefährlichen Querschnittes (in welchem der Bruch erfolgt) hängt von der Art der Belastung, von der Befestigungsweise und der Form des Körpers ab. Im folgenden sind nur prismatische Körper vorausgesetzt.

Allgemein ist:

$$M = W \cdot k;\ k = \frac{M}{W}.$$

Darin bedeutet:

M das Biegungsmoment (siehe Tabelle No. 18),
W das Widerstandsmoment des gefährlichen Querschnittes (siehe Tabelle No. 19),
k die Beanspruchung des Materials auf Zug- oder Druck pro qcm.

Tabelle No. 18.

Biegungsmomente.

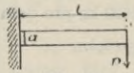
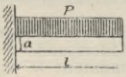
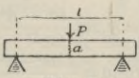
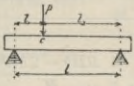
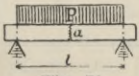
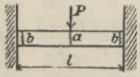
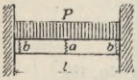
Art der Belastung		Biegungs-Moment M	Lage des gefährlichen Querschnittes
 Fig. 66	Balken an einem Ende fest eingespannt, am anderen durch die Kraft P belastet.	$M = P \cdot l$	An der Befestigungsstelle bei a.
 Fig. 67	Balken an einem Ende fest eingespannt, Belastung P gleichmäfsig auf die ganze Länge verteilt.	$M = \frac{P \cdot l}{2}$	An der Befestigungsstelle bei a.
 Fig. 68	Balken an beiden Enden frei aufliegend, in der Mitte durch die Kraft P belastet.	$M = \frac{P \cdot l}{4}$	In der Mitte des Balkens bei a.
 Fig. 69	Balken an beiden Enden frei aufliegend, im Punkt c durch die Kraft P belastet.	$M = \frac{P \cdot l_1 \cdot l_2}{l}$	Im Angriffspunkt der Kraft bei c.
 Fig. 70	Balken an beiden Enden frei aufliegend, Belastung P gleichmäfsig auf die ganze Länge verteilt.	$M = \frac{P \cdot l}{8}$	In der Mitte des Balkens bei a.
 Fig. 71	Balken an beiden Enden fest eingespannt, in der Mitte durch die Kraft P belastet.	$M = \frac{P \cdot l}{8}$	In der Mitte bei a und an den Befestigungsstellen bei b.

Tabelle No. 18. Biegungsmomente. (Fortsetzung.)

Art der Belastung		Biegungs-Moment M	Lage des gefährlichen Querschnittes
 Fig. 72	Balken an beiden Enden fest eingespannt, Belastung P gleichmäfsig auf die ganze Länge verteilt.	$M = \frac{P \cdot l}{12}$	An den Befestigungsstellen bei b.

Beispiel. Ein rechteckiger Balken (Fig. 73) aus Gufseisen von 600 mm Länge ist an einem Ende befestigt und am freien Ende durch die Kraft $P = 300$ kg belastet. Sein hochkant stehender Querschnitt ist: $h = 100$ mm, $b = 40$ mm; wie grofs ist die Beanspruchung des Materials pro qcm.

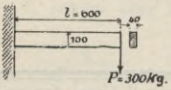


Fig. 73

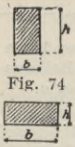
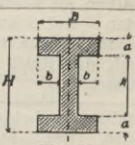
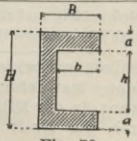
Es ist: $k = \frac{M}{W} = \frac{P \cdot l}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{6 \cdot P \cdot l}{b \cdot h^2}$

$$= \frac{6 \cdot 300 \cdot 60}{4 \cdot 10^2} = 270 \text{ kg pro qcm.}$$

Da die Bruchfestigkeit des Gufseisens im Mittel 1650 kg pro qcm ist, so ist demnach der Sicherheitsgrad $m = \frac{1650}{270} = 6{,}1$.

Tabelle No. 19.

Widerstandsmomente *W*.

Querschnitt des Balkens	Widerstandsmoment W	Querschnitt des Balkens	Widerstandsmoment W
 Fig. 74	$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$	 Fig. 77	$W = 0{,}098 \frac{D^4 - d^4}{D}$ od. rund $= \frac{1}{10} \frac{D^4 - d^4}{D}$
 Fig. 75	$W = \frac{a^3}{6}$	 Fig. 78	$W = \frac{1}{6} \frac{BH^3 - 2bh^3}{H}$ $a = \frac{H - h}{2}$
 Fig. 76	$W = 0{,}098\, d^3$ rund $= \frac{d^3}{10}$	 Fig. 79	$W = \frac{1}{6} \frac{B \cdot H^3 - bh^3}{H}$ $a = \frac{H - h}{2}$

Beispiel. Welchen Durchmesser mufs ein Zapfen von 240 mm Länge erhalten, wenn er mit 26000 kg belastet (gleichmäfsig auf die ganze Länge verteilt) wird und das Material dabei mit $k = 400$ kg pro qcm beansprucht werden soll. Der Zapfen (Fig. 80) ist an einem Ende fest, am andern frei.

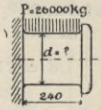


Fig. 80

Es ist wieder

$$M = W \cdot k.$$

Nach der Tabelle der Biegungsmomente (Fig. 77) ist hier:

$$M = \frac{P \cdot l}{2}$$

und ferner das Widerstandsmoment für den kreisförmigen Querschnitt (Fig. 76):

$$W = \frac{d^3}{10}.$$

Werden diese Werte in die erste Formel eingesetzt dann ist:

$$\frac{P \cdot l}{2} = \frac{d^3}{10} \cdot k \text{ oder } d^3 = \frac{10 \cdot P \cdot l}{2 \cdot k} \text{ oder}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot P \cdot l}{2 \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 26000 \cdot 24}{2 \cdot 400}} = \sqrt[3]{7800} = 19{,}8 \text{ oder } \backsimeq 20 \text{ cm}.$$

4. Drehungs- oder Torsionsfestigkeit. Ein stabförmiger Körper wird auf Torsion beansprucht, wenn die auf denselben einwirkende Kraft ihn zu verdrehen sucht. (Transmissionswellen oder dergl.) Fig. 81.

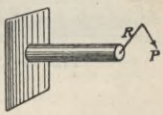


Fig. 81

Die Kraft P wirkt an dem Hebelarm R; es ist daher das auf Verdrehung wirkende statische Moment

$$M = P \cdot R$$

oder $$M = 71\,600 \frac{N}{n} \text{ (siehe Seite 41).}$$

Ist k_1 die Beanspruchung des Materials auf Abscheren oder Schub pro qcm, so ist

1. für den kreisförmigen Querschnitt (Fig. 82):

Fig. 82

$$M = 0{,}196\, d^3 \cdot k_1$$

oder $$d = 1{,}7 \sqrt[3]{\frac{M}{k_1}} = 71{,}4 \sqrt[3]{\frac{N}{n\, k_1}} \text{ cm}.$$

2. Für den kreisringförmigen Querschnitt (Fig. 83) ist:

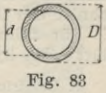


Fig. 83

$$M = 0{,}196 \frac{D^4 - d^4}{D} \cdot k_1.$$

Die Verschwächung einer Welle durch Ausbohren ist nur verhältnismäfsig gering und beträgt für

$\frac{d}{D} =$	0,3	0,4	0,5	0,6
Verschwächung =	0,8%	2,6%	6,2%	13%.

Bemerkung. Bei einem auf Verdrehung beanspruchten Körper ist immer der kleinste Querschnitt der gefährliche und dieser in Rechnung zu ziehen.

Beispiel. Eine Welle, welche 100 Umdrehungen pro Minute macht, soll 360 Pferdestärken übertragen. Welchen Durchmesser mufs dieselbe erhalten, wenn die Beanspruchung des Materials auf Schub $k_1 = 300$ kg pro qcm betragen soll.

Es ist:

$$d = 71{,}4 \sqrt[3]{\frac{N}{n \cdot k_1}} = 71{,}4 \sqrt[3]{\frac{360}{100 \cdot 300}} = 71{,}4 \sqrt[3]{0{,}012} =$$

$$= 16{,}3 \text{ cm} = 163 \text{ mm}.$$

Beispiel. Eine Welle von 80 mm ϕ wird durch eine Kraft von 50 kg, welche in einem Hebelarm von 1300 mm Länge wirkt, auf Verdrehung beansprucht. Wie grofs ist die Beanspruchung des Materials pro qcm?

Es ist allgemein:

$$M = P \cdot R = 0{,}196\, d^3\, k_1,$$

woraus $k_1 = \frac{P \cdot R}{0{,}196 \cdot d^3} = \frac{50 \cdot 130}{0{,}196 \cdot 8^3} = 65$ kg pro qcm.

5. Festigkeit von Gefäfswänden.

Ist p der innere oder äufsere Überdruck in kg pro qcm auf die zylinder- oder kugelförmige Gefäfswandung, k die Beanspruchung des Materials auf Zug oder Druck pro qcm, dann ist für:

1. Zylindrische Gefäfse (Fig. 84) Röhren, Kesselmäntel etc.:

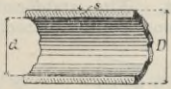


Fig. 84

a) Bei innerem Überdruck:

$$s = \frac{p \cdot d}{2 \cdot k};$$

b) bei äufserem Überdruck:

$$s = \frac{p \cdot D}{2 \cdot k}.$$

2. Kugelförmige Gefäfse (Fig. 85):

Fig. 85

a) Bei innerem Überdruck:

$$s = \frac{p \cdot d}{4 \cdot k};$$

b) bei äufserem Überdruck:

$$s = \frac{p \cdot D}{4 \cdot k}.$$

Bemerkung. Bei äufserem Überdruck sind die Formeln nur dann zu verwenden, wenn der vollkommen kreisförmige Querschnitt des Gefäfses unter allen Umständen gewahrt bleibt.

Für zylindrische Gefäfse mit verhältnismäfsig grofser Wandstärke (bei hydraulischen Pressen etc.) ist:

1. Bei innerem Überdruck: $D = d \sqrt{\frac{k + 0{,}4\, p}{k - 1{,}3\, p}}$;

2. bei äufserem Überdruck: $D = d \sqrt{\frac{k}{k - 1{,}7\, p}}$.

Elastizität.

Jede nicht zu grofse Beanspruchung eines Konstruktionsteiles bedingt immer eine elastische Formveränderung, welche mit dem Aufhören der Kraftwirkung wieder verschwindet. (Verlängerung, Verkürzung, Biegung, Verdrehung etc.)

Der Dehnungskoeffizient α ist das Verhältnis der Verlängerung λ (Fig. 86) eines Stabes zu seiner ursprünglichen Länge l bei 1 qcm Querschnitt und 1 kg Belastung.

Der Elastizitätsmodul E ist der umgekehrte Wert des Dehnungskoeffizienten:

$$E = \frac{1}{\alpha} \text{ oder } \alpha = \frac{1}{E}.$$

Die Verlängerung λ eines Stabes von der Länge l und dem Querschnitt f bei der Belastung P ist demnach:

$$\lambda = \frac{P \cdot l}{f \cdot E}.$$

Wird der Stab auf Druck beansprucht, dann erfährt er eine Verkürzung λ, welche in gleicher Weise wie eine Verlängerung bestimmt wird, wobei auch E bezw. α denselben Wert besitzt. (Siehe Tabelle No. 17 Seite 54.)

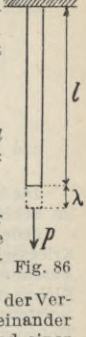


Fig. 86

Der Schubkoeffizient β ist das Verhältnis zwischen der Verschiebung b zweier paralleler Querschnitte (Fig. 87) gegeneinander zu ihrer Entfernung a bei einem Querschnitt von 1 qcm und einer Belastung auf Schub von 1 kg:

$$\beta = \frac{b}{a}.$$

Der Schubelastizitätsmodul G ist der umgekehrte Wert des Schubkoeffizienten:

$$G = \frac{1}{\beta}.$$

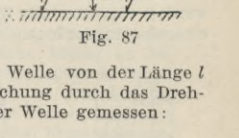


Fig. 87

Die Verdrehung, welche eine runde Welle von der Länge l und dem Durchmesser d bei der Beanspruchung durch das Drehmoment M erfährt, ist auf dem Umfang der Welle gemessen:

$$\gamma = 5{,}1 \frac{M\,l}{d^3\,G} \text{ cm}.$$

Schraubenfedern.

Bei zylindrischen Schraubenfedern, Fig. 88 und 89, wird die Tragkraft P in kg und die Zusammendrückung f in cm nach folgenden Formeln bestimmt:

1. Für runden Draht (Fig. 88):

$$P = 0{,}393 \frac{d^3}{D} k_1; \qquad d = 0{,}1366 \sqrt[3]{\frac{D \cdot P}{k_1}}$$

$$f = 0{,}8 \cdot n \frac{D^3}{d^4} \frac{P}{G}; \qquad n = \frac{G}{8 \cdot P} \cdot f \cdot \frac{d^4}{D^3}.$$

2. Für Draht von quadratischem Querschnitt (Fig 89):

$$P = 0{,}444 \frac{a^3}{D} k_1; \qquad a = 0{,}13 \sqrt[3]{\frac{D \cdot P}{k_1}}$$

$$f = 0{,}565\, n \frac{D^3}{a^4} \frac{P}{G}; \qquad n = \frac{G}{5{,}65 \cdot P} \cdot f \cdot \frac{a^4}{D^3}.$$

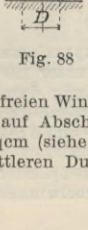


Fig. 88

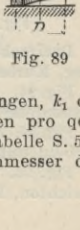


Fig. 89

Es bedeutet darin: n die Anzahl der freien Windungen, k_1 die zulässige Beanspruchung des Materials auf Abscheren pro qcm und G den Schubelastizitätsmodul pro qcm (siehe Tabelle S. 54), d bzw. a die Drahtstärke und D den mittleren Durchmesser der Windungen in cm.

III. Teil.

Hauptmaschine.

Anordnung.

Die Maschinen werden bei Schraubenschiffen gewöhnlich hinten im Schiff aufgestellt, während die Kessel vor ihnen liegen.

Jede Maschine treibt eine Schraube, nur ausnahmsweise bei Kriegsschiffen oder sehr grofsen Maschinenanlagen werden zwei Maschinen an einer Schraubenwelle hintereinander angeordnet. Kleine und mittlere Schiffe mit normalem Tiefgang erhalten meistens eine, grofse oder solche mit verhältnismäfsig geringem Tiefgang zwei Schrauben. Bei Kriegsschiffen werden mitunter drei, bei Turbinenschiffen 2 bis 4 Schrauben angeordnet.

Die verschiedenen nach der Gröfse und dem Zweck des Schiffes sowie dem angenommenen Dampfdruck verwendeten Maschinenarten zeigt Tabelle No. 20 S. 62.

Je nach der Gröfse der Maschine und dem disponiblen Raum werden entweder alle Zylinder nebeneinander oder teilweise übereinander angeordnet.

Fig. 90

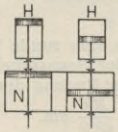


Fig. 91

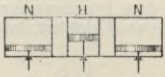


Fig. 92

Compoundmaschinen. Fig. 90 gewöhnliche Anordnung, Kurbeln unter 90°.

Fig. 91. Häufig durch Umbau aus älteren Zwillingsmaschinen entstandene Compoundmaschine, Kurbeln unter 90°.

Fig. 92. *ND*-Zylinder geteilt, für grofse Compoundmaschinen, Kurbeln unter 120°. (Jetzt durch Dreifach-Exp.-Masch. verdrängt.)

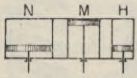


Fig. 93

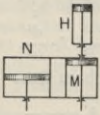


Fig. 94

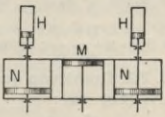


Fig. 95

Dreifach-Expansionsmaschinen. Fig. 93 gewöhnliche Anordnung, Kurbeln unter 120°.

Fig. 94. Häufig durch Umbau aus einer Compoundmaschine entstandene Dreifach-Expansionsmaschine, Kurbeln unter 90°.

Fig. 95. *HD*- und *ND*-Zylinder geteilt, für sehr grofse Maschinen. Kurbeln unter 120°.

Fig. 96. *ND*-Zylinder geteilt, mit ausbalancierten Gestängegewichten, Kurbelwinkel verschieden.

Vierfach-Expansionsmaschinen. Fig. 97. Gewöhnliche Anordnung, Kurbelwinkel 90°, oder bei Ausbalancierung verschieden.

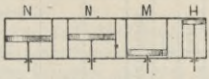


Fig. 96

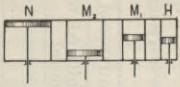


Fig. 97

Fig. 98. Bei kurzem Maschinenraum oder durch Umbau entstanden, Kurbeln unter 90°.

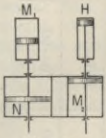


Fig. 98

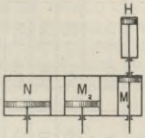


Fig. 99

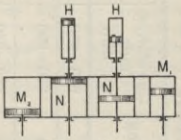


Fig. 100

Fig. 99. Anordnung mit drei Kurbeln unter 120°, für grofse Maschinen.

Fig. 100. Anordnung für grofse Maschinen mit ausbalancierten Gestängegewichten, Kurbelwinkel verschieden.

Hauptteile der Maschine.

1. Dampfzylinder, gewöhnlich aus Gufseisen, ohne oder mit Einsatz. Im ersteren Falle wird die Wandstärke häufig so bemessen, dafs ein späteres Nachbohren möglich ist, während im andern Fall der Einsatz erneuert werden kann. Der Einsatz ist entweder am Boden mittels eines

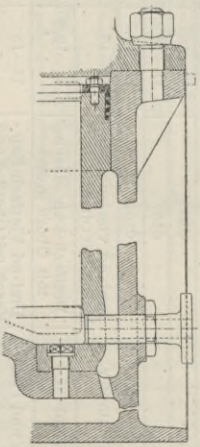


Fig. 101

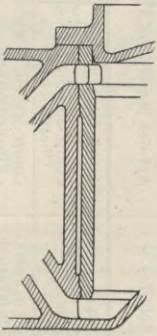


Fig. 102

Flansches und versenkten schmiedeeisernen Kopfschrauben befestigt und gedichtet, und am oberen Ende mit Kupferdraht und Packung verstemmt (letztere durch aufgeschraubten Ring gesichert), Fig. 101, oder nur stramm eingesetzt, reicht oben bis unter den Deckelflansch und wird durch diesen festgehalten (Fig. 102).

Tabelle No. 20. Schiffstypen und deren Maschinen.

Art des Schiffes	Art der Maschine	Kesseldruck kg	Anzahl der Masch.	Gesamtleistung IPS	Ungefähre Umdr. p. Min.	Kesselsystem
Kleine Barkassen	Einzyl. mit Auspuff	6—8	1	bis ca. 30	250—380	Lokomotivkessel [1])
Gröfsere Beiboote	Comp.-Masch. mit Oberfl.-Kond.	8—10	1	bis ca. 100	200—300	Lokomotiv- od. Wasserrohrkessel
Kleine Schlepper u. Passagierdampfer f. Flufsverkehr	Comp.-Masch. mit Einspritz-Kond.	8—11	1—2	80—250	180—240	Zylinderkessel
Gröfsere Schlepper und Passagierdampfer für Flufs- und Seeverkehr	Comp.- od. Dreif.-Exp.-Masch. mit Einspritz- bezw. Oberfl.-Kond.	8—10 bezw. 11—12	1—2	250—2 500	100—200	Zylinderkessel
Torpedoboote und Torpedojäger	Dreifach-Exp.-Masch. mit Oberfl.-Kond.	11—18	1—2	1 000—6 000	200—400	Früher Lokomotiv- jetzt Wasserrohrkessel
Kleine Kreuzer	dto.	11—15	1—2	2 000—10 000	100—175	Zyl.-od. Wasserrohrkess.
Grofse Kreuzer	dto.	11—18	2—3	5 000—30 000	100—150	dto.
Panzerschiffe	dto.	11—18	2—3	5 000—15 000	100—120	dto.
Ältere Schnelldampfer	dto.	11—12,5	1—2	6 000—16 000	70—85	Zylinderkessel
Neuere Schnelldampfer	Drei- od. Vierfach-Exp.-Masch. mit Oberfl.-Kond.	12—15	2	18 000—40 000	80—90	dto.
Kleine Frachtdampfer	Dreifach-Exp.-Masch. mit Oberfl.-Kond.	11—12,5	1—2	400—800	100—140	dto.
Grofse Fracht- und Passagierdampfer	Drei- od. Vierfach-Exp.-Masch. mit Oberfl.-Kond.	11—15	1—2	2 000—18 000	70—90	dto.

[1]) Auch Kessel mit durch die Siederohre direkt durchschlagender Flamme.

Der Raum zwischen Mantel und Einsatz wird mitunter als Dampfmantel oder nur zum Anwärmen der Maschine benutzt. Es ist in jedem Falle für gute Entwässerung dieses Raumes zu sorgen.

Die Zylinderdeckel werden aus Gufseisen oder Stahlgufs, bei Kriegsschiffsmaschinen mitunter aus Bronze hergestellt und mittels Stiftschrauben auf dem Zylinderflansch befestigt.

Grofse Zylinder erhalten sowohl im Deckel als im Boden Mannlöcher zur leichteren Revision.

Die einzelnen, nebeneinander liegenden Zylinder werden entweder fest miteinander verschraubt oder bei grofsen Maschinen wegen der Wärmeausdehnung unabhängig voneinander auf die Ständer gesetzt. Die genaue gegenseitige Lage und die feste Verbindung der Zylinder wird dann entweder durch seitliche Anker, von Mitte zu Mitte Zylinder, oder durch Zwischenstücke zwischen den Ständerköpfen erreicht.

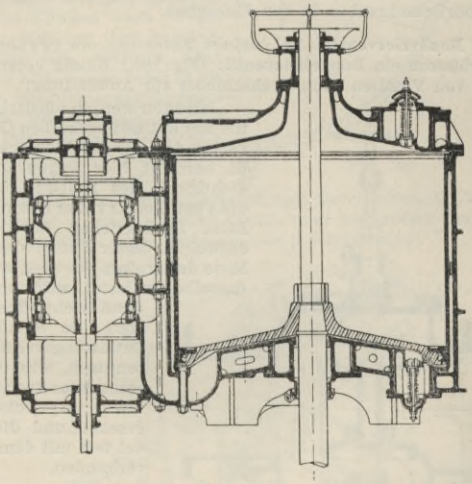


Fig. 103

Die Befestigung der Zylinder auf den Ständern oder Säulen erfolgt mittels Schraubenbolzen, von denen wenigstens einige Pafsbolzen sind. Die Schieberspiegel für Flachschieber werden bei gröfseren Maschinen der Auswechselbarkeit wegen mit versenkten Kopfschrauben am Zylinder befestigt.

Die Einsätze für Kolbenschieber werden entweder durch Flansch befestigt oder nur verbohrt.

Flache Wände werden häufig durch Stehbolzen oder durchgehende Anker verstärkt. (Fig. 103.)

Die Dichtung der Flanschen, mit denen die Zylinder mit einander verbunden werden (bei angegossenen Überströmkanälen), geschieht meist nur durch eine ganz dünne Schicht Eisenmennige.

Bekleidet werden die Zylinder meist mit Kieselgur und darüber mit Filz oder Korksteinen, oder mit Asbestmatten. Über der Bekleidung wird zum Schutz ein Mantel aus Eisenblech befestigt.

In der Werkstatt werden die Zylinder mit Schieberkasten durch Wasserdruck auf ihre Festigkeit und Dichtigkeit geprüft. Höhe des Druckes, wenn p der Überdruck im Kessel in kg/qcm ist:

	Einzyl.-Maschine	Compound-maschine	Dreif.-Expans.-Maschine	Vierf.-Exp.-Maschine
HD-Zylinder	$p + 5$	$p + 5$	$p + 5$	$p + 5$
MD_1-Zylinder	—	—	$0{,}7\,p \div 0{,}9\,p$	$0{,}75\,p \div 0{,}9\,p$
MD_2-Zylinder	—	—		$0{,}4\,p \div 0{,}5\,p$
ND-Zylinder	—	ca. $0{,}45\,p$	$0{,}25\,p \div 0{,}3\,p$	$0{,}2\,p$

Zum Abdrücken der Deckel: 2, 4 oder mehr Gewindelöcher für Abdrückschrauben in den Flanschen.

2. Manövrierventil. Bei kleinen Maschinen ein gewöhnliches, bei gröfseren ein Doppelsitzventil. (Fig. 104.) Häufig kommen an Stelle von Ventilen auch Drehschieber zur Anwendung.

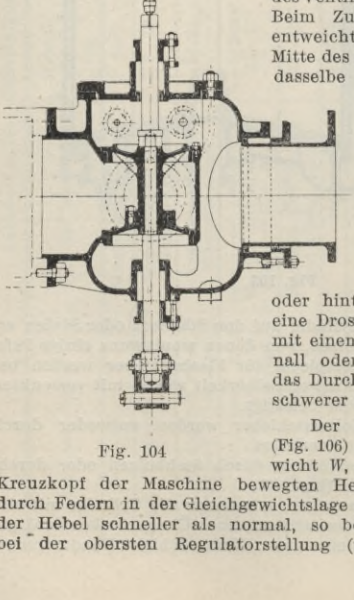


Fig. 104

Mitunter werden einsitzige Ventile mit Entlastungskolben (Fig. 105) verwendet. Bei geschlossenem Ventil herrscht hier wegen der Undichtigkeit des Kolbens oberhalb des Ventilkegels voller Dampfdruck. Beim Zurückziehen der Spindel entweicht dieser Dampf durch die Mitte des grofsen Ventiles, wodurch dasselbe entlastet wird und sich dann leicht öffnen läfst. Statt die Spindel als Entlastungsventil zu benutzen, wird oft ein besonderes Entlastungsventil im Deckel vorgesehen und die Spindel fest mit dem Ventil verbunden.

Mitunter wird vor oder hinter dem Manöverierventil eine Drosselklappe in Verbindung mit einem Regulator (System Aspinall oder ähnl.) angeordnet, um das Durchgehen der Maschine bei schwerer See zu verhüten.

Der Aspinall-Regulator (Fig. 106) besteht aus einem Gewicht W, welches an einem vom Kreuzkopf der Maschine bewegten Hebel angebracht ist und durch Federn in der Gleichgewichtslage gehalten wird. Schwingt der Hebel schneller als normal, so bewegt sich das Gewicht bei der obersten Regulatorstellung (wie punkt.) nach oben,

wodurch die untere Klinke *P* vor-, die obere zurückspringt und *W* durch eine Falle festgehalten wird. Die untere Klinke fafst dann in der untersten Regulatorstellung unter den Hebel *H* und bewegt ihn beim folgenden Kolbenhub nach oben, wodurch die Drosselklappe geschlossen wird. Beim Herabgehen des Regulators wird dann *W* durch eine Klinke wieder frei gemacht, so dafs die obere Klinke wieder vor-, die untere zurückspringt. Solange die Geschwindigkeit der Maschine zu grofs ist, wiederholt sich in der obersten Regulatorstellung das Spiel und die Drosselklappe bleibt geschlossen. Ist die normale Geschwindigkeit erreicht, dann behalten die Klinken auch in der obersten Stellung ihre gewöhnliche Lage bei, wodurch dann die obere Klinke den Hebel in die unterste Stellung zurückbewegt und die Drosselklappe wieder öffnet. Der Regulator wirkt mitunter (bei grofsen Maschinen) auch auf die Lüftmaschine ein.

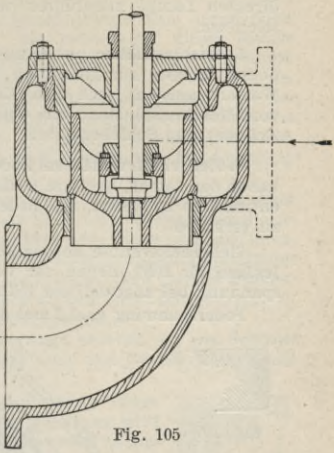


Fig. 105

Betätigt wird das Manöverierventil vom Maschinistenstande aus durch Handhebel oder Handrad direkt, oder bei grofsen Ventilen unter Einschaltung einer Hubmaschine (Lüftmaschine).

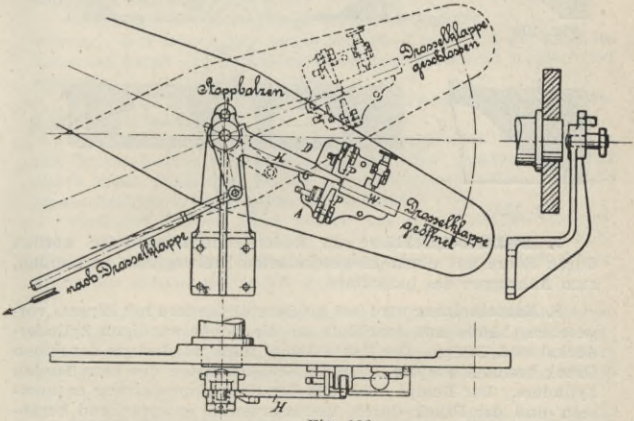


Fig. 106

3. Hilfsmanöverierventil. Bei grofsen Maschinen wird zum Anwärmen oder für langsamere Fahrt ein besonderes kleines Ventil vorgesehen.

4. Hilfsschieber sind kleine Flach- oder Drehschieber, welche beim Manöverieren dazu dienen, dem *MD*- oder *ND*-Schieberkasten oder auch dem betreffenden Zylinder auf Deckel- oder Bodenseite direkten Dampf zuzuführen um damit das Anspringen zu erleichtern.

5. Ausblasehähne, meist nur am Zylinder- oder Schieberkastenboden, dienen zur Ableitung mitgerissenen oder kondensierten Wassers meistens nach dem Kondensator. Die Bewegung erfolgt vom Maschinistenstand aus einzeln oder gruppenweise für jeden Zylinder und Schieberkasten.

6. Sicherheitsventile am Boden und Deckel eines jeden Zylinders haben den Zweck, gröfsere in die Zylinder gelangte Wassermengen entweichen zu lassen, um Brüche am Zylinder oder am Gestänge zu verhüten.

Sicherheitsventile an den Schieberkasten (mit Ausnahme desjenigen für *HD*) dienen zur Vermeidung einer zu hohen Dampfspannung bei angestelltem Hilfsdampf.

Federspannung ca. 1,2 mal dem normalen Schieberkastendruck.

Fig. 107

Fig. 108

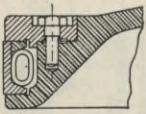


Fig. 110

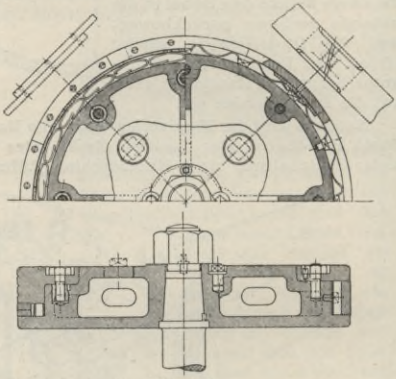


Fig. 109

7. Indikator-Anschlüsse an Boden- und Deckelseite werden durch Rohre mit einem eingeschalteten Dreiweghahn verbunden, zum Anbringen des Indikators.

8. Mantelheizung wird bei gröfseren Zylindern mit Einsatz vorgesehen, häufig mit Anschlufs an die doppelwandigen Zylinderdeckel und -Böden. Der Manteldampf mufs mindestens denselben Druck besitzen wie der Dampf im Schieberkasten des betreffenden Zylinders. Der Dampf wird aus der Hauptdampfleitung entnommen und der Druck durch Reduzierventile entsprechend herabgesetzt. Der Eintritt erfolgt oben, der Kondenswasseraustritt unten in Kondenstöpfe mit Anschlufs an den Kondensator.

9. Kolben. Der Kolbenkörper ist bei schwer gebauten Maschinen aus Gufseisen und doppelwandig, bei leichteren aus Stahl-

guſs, konisch und einwandig, bei ganz kleinen oder sehr leichten Maschinen aus geschmiedetem Stahl.

HD- und *MD*-Kolben erhalten meist 3 bis 4 Ramsbottomringe (Fig. 107), die entweder in Rillen des Kolbenkörpers oder bei gröſseren Kolben in einem besonderen aufgeschraubten Ring liegen (zum leichteren Überholen) (Fig. 108). Die Befestigung dieses Ringes (Kolbendeckel) erfolgt mittels Kopfschrauben, deren Muttergewinde bei Stahl- und Stahlguſskolben häufig direkt im Kolben, bei guſseisernen immer in besonders eingesetzten Bronzemuttern sich befindet. Die Sicherung dieser Schrauben geschieht mitunter nur durch einfache Unterlegscheiben aus Messing- oder Kupferblech von ca. 2 mm Dicke, oder durch kleine neben den Kopf gesetzte Schrauben.

ND-Kolben erhalten entweder auch Ramsbottom-Ringe oder einen einfachen breiten guſseisernen Ring mit hintergelegten Flachfedern, Fig. 109 rechts oder sogen. Peck'sche Ringe (Fig. 109) links. Fig. 110 Buckley-Kolbenringe. Durch die hintergelegte Spiralfeder werden die Ringe gleichzeitig an die Zylinderwand und die Kolbenränder gedrückt. Die Kolbenfedern werden meist nur gehämmert, nicht gehärtet, weil sie sonst leicht brechen.

Breite Flachringe und Buckleyringe erhalten an der Schnittstelle ein sogen. Ringschloſs, Peck'sche und Ramsbottom-Ringe jedoch nicht.

Bei kleineren Kolben kommen häufig Ringe nach Fig. 111 zur Anwendung. Die Dichtung wird hier entweder durch einen breiten oder zwei nebeneinander liegende guſseiserne, mit ihren Schnittstellen versetzte Ringe erzielt. Das Andrücken der Ringe geschieht in jedem Falle durch einen breiten federnden Stahlring.

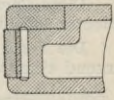


Fig. 111

Überlaufen der Kolbenringe vermeidet Ansatzbildung, darf jedoch nur gering sein (2—4 mm), da sie sonst im Totpunkt durch den Dampfdruck zusammengedrückt werden und schlagen.

Kolbenluft je nach Gröſse des Kolbens: 6 bis 26 mm im Boden, 4 bis 15 mm im Deckel.

Das Abziehen des Kolbens geschieht entweder mittels einer mit Druckschraube versehenen, auf die Nabe geschraubten oder durch Nasen gehaltenen Kappe, oder durch zwei neben der Nabe eingeschraubte kräftige Stifte mit Traverse.

Wird der Kolben samt Stange aus dem Zylinder entfernt, dann kann ersterer durch ein über die Stange gestecktes Rohr mit Hilfe der unteren Kolbenstangenmutter, event. durch Erwärmung des Rohres, abgepreſst werden.

10. Stopfbüchsen. Bei kleinen Stopfbüchsen, geringen Dampfspannungen und für Wasser kommen meist weiche Packungen: Tucks-, Block-, Garlock-Packung etc. zur Verwendung. Für gröſsere Kolben- oder Schieberstangen werden jetzt sehr häufig Metallpackungen angewendet.

Die Katzenstein-Packung (Fig. 112) besteht aus einer Anzahl zwei- oder dreiteiliger konischer Ringe, von denen die an die Kolbenstange anschlieſsenden Ringe aus Weiſsmetall, die zwischenliegenden (Treiberringe), am äuſseren Umfang des Packraumes anliegenden Ringe aus Bronze bestehen.

Um ein elastisches Andrücken der Ringe zu erreichen, werden auf den letzten Ring einige weiche Packungsringe gelegt, welche durch die Stopfbüchsbrille angezogen werden.

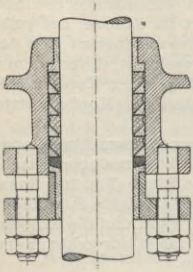


Fig. 112

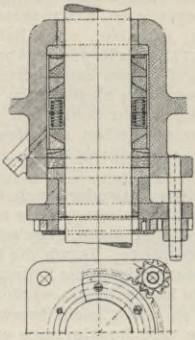


Fig. 113

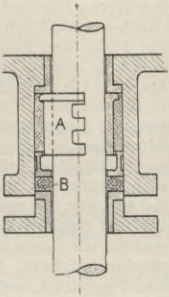


Fig. 114

Diese Packung gestattet keine seitliche Bewegung der abzudichtenden Stange.

Die Form des Packraumes gestattet im Notfall das Einlegen irgend einer weichen Packung.

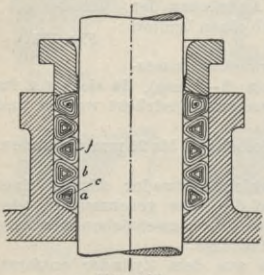


Fig. 115

Die neuere Katzenstein-Packung, Fig. 115, besteht aus inneren und äufseren Ringen *a* und *b*, welche nur an einer Stelle aufgeschnitten sind. Sie enthalten im Innern eine dreieckige Seele *c* aus dünnem Messingblech, um welche mehrere Lagen Drähte und dünne Blechstreifen aus weichem Weifsmetall gewickelt sind. Darüber befindet sich noch eine Wicklung *f* aus Asbestfäden. Die Ringe *a* und *b* werden abwechselnd eingelegt, zuletzt noch ein Schlufsring aus gewöhnlicher Blockpackung.

Die Schelling-Packung, Fig. 114, besteht aus einem breiten, zweiteiligen und gegenseitig verzahnten Ring *A* aus Weichkupfer, welcher durch hintergelegte weiche Packung (gewöhnlich Asbest) und den Ring *B* an die Stange angedrückt wird. Auf den Ring *B* kommen noch einige weiche Packungsringe zu liegen, welche durch die Stopfbüchsbrille angezogen werden. Diese Packung gestattet geringe seitliche Bewegungen der Stange, soweit dies die Elastizität der hintergelegten Packung gestattet.

Eine andere Schelling-Packung, Fig. 113, besteht, wie die Katzenstein-Packung, aus konischen Bronze- und Weifsmetall-Ringen, von denen die ersteren jedoch ungeteilt sind und etwas Spiel im Packraum haben. Auf den letzten Ring kommen eben-

falls einige weiche Flechten zu liegen, welche durch die Brille angezogen werden. Der Raum hinter den Dichtungsringen wird nach dem Kondensator hin entwässert.

Diese Packung gestattet geringe seitliche Bewegungen der abgedichteten Stange.

Die Philadelphia-Packung (Fig. 116 u. 117) besteht aus zwei aufeinander geschliffenen vierteiligen Bronzeringen, von denen je zwei gegenüberliegende Teile mit Weifsmetall ausgegossen sind, während die beiden anderen Teile massiv sind und an die beiden vorerwähnten Teile genau passen. Beide Ringe sind um 90° gegeneinander versetzt. Das Andrücken der Ringe an die Stange geschieht durch seitliche Federn, welche in einem, die vierteiligen Ringe umschliefsenden Gehäuse gelagert sind.

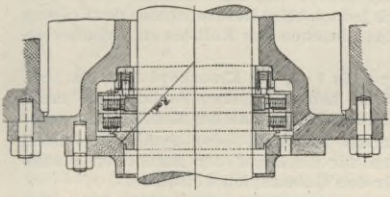


Fig. 116

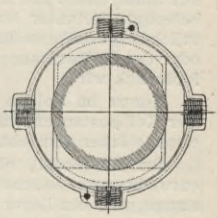


Fig. 117

Unten sind die Ringe auf einen bronzenen Ring aufgeschliffen, welcher auf dem Stopfbüchsdeckel mit einer kugelförmigen Fläche genau dichtet. Die Ringe werden durch Federn, welche sich gegen den Boden der Stopfbüchse legen, zusammengedrückt.

Diese Packung gestattet seitliche Bewegungen der abgedichteten Stange.

Die United-Kingdom-Packung (Uka-Metallpackung) (Fig. 118) besteht aus den drei- oder vierteiligen Dichtungsringen *D*, *E*, *O* und *M* aus Weifsmetall, welche in den Führungsbüchsen *C* und *K* liegen, und durch die zwischen den Ringen *F* und *P* liegenden Federn *G* durch ihre konische Form an die Stange gedrückt werden. Die Führungsbüchsen *C* und *K* können sich auf den Kugelsegmenten *B* und *J* seitlich verschieben, während letztere sich auf der Grundbüchse *A* bzw. auf dem Stopfbüchsdeckel *T* für jede Lage der zu dichtenden Stange richtig einstellen können. Die Hülse *R* dient zum Festhalten des Grundringes *A* durch den Deckel. Der Deckel *S* dient zum Festhalten einer Schmierflechte; Kondenswasser kann durch die Bohrung *V* nach dem Kondensator abgelassen werden.

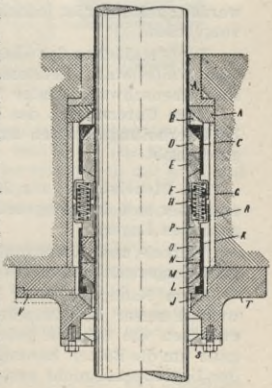


Fig. 118

Die Metalldraht-Packung besteht aus viereckigen Flechten aus dünnem, weichem Bronzedraht. Sie wird genau in derselben Weise hergerichtet und eingelegt wie gewöhnliche Baumwollflechten etc.

Um gleichmäfsiges Anziehen der Stopfbüchsbrille zu sichern, werden die Muttern der Stopfbüchsschrauben bei gröfseren Maschinen häufig mit Zahnkränzen versehen, welche in einen gemeinschaftlichen, um die Stopfbüchse gelegten Zahnkranz eingreifen. (Siehe Fig. 113.) Mitunter werden auch zwei Muttern durch Schneckenantrieb gleichzeitig gedreht, während die übrigen durch den Zahnkranz mitgenommen werden.

11. Kolbenstange, Kreuzkopf und **Geradführung:** Kolbenstange aus Stahl, meist mit Konus und Mutter im Kolben und Kreuzkopf befestigt. Mitunter ist Kreuzkopf und Kolbenstange aus einem Stück hergestellt, wodurch jedoch beim Herausnehmen des Kolbens oder der Kolbenstange das Abziehen des Kolbens im Zylinder erforderlich wird.

Konus im Kolben 1 : 4 bis 1 : 7, im Kreuzkopf 1 : 3 bis 1 : 4. Der Kolbenstangenschaft ist behufs späteren Nachdrehens meist etwas stärker gemacht als das dicke Ende des Konus.

Der Kreuzkopf, ebenfalls aus Stahl oder Stahlgufs, besitzt entweder zwei Stirnzapfen für die Lager der gegabelten Pleuelstange oder ein Lager für den Gabelzapfen derselben.

Die Geradführung des Kreuzkopfes ist entweder einseitig oder zweiseitig, aus Gufseisen oder Stahlgufs, mit innerer Wasserkühlung. Die Gleitschuhe sind entweder mit dem Kreuzkopf aus einem Stück hergestellt, oder (besonders im zweiten Falle) aus Gufseisen oder Stahlgufs und angeschraubt.

Um (bei zweiseitiger Führung) die Gleitschuhe nach Abnutzung oder nach dem Anwärmen der Maschine (wegen Erweiterung der Führungen) nachstellen zu können, bedient man sich meist dünner Bleche, welche zwischen Kreuzkopf und Gleitschuh eingelegt werden; mitunter ist jedoch eine Keilvorrichtung zum Nachstellen vorgesehen.

Die Gleitflächen der Gleitschuhe bestehen aus Gufseisen, Bronze oder Weifsmetall. Letzteres wird entweder eingegossen oder in schwalbenschwanzförmige Nuten eingesetzt.

Zum Unterstützen des Kreuzkopfes in höchster Stellung wird bei Überholungsarbeiten auf die Geradführung häufig ein Pafsstück geschraubt.

12. Pleuelstange aus Stahl. Das Kreuzkopfende ist gegabelt entweder mit fest eingesetztem Zapfen oder zwei besonders aufgesetzten Lagern.

Kurbel- und Kreuzkopflager werden aus Bronze oder Stahlgufs hergestellt und mit Weifsmetall ausgegossen.

Zum Nachpassen der Lagerschalen nach deren Abnutzung, werden aufser den Zwischenstücken einige dünne Messingbleche zwischen die Schalen gelegt. Zu beachten ist, dafs die Bleche ganz um die Bolzen herumgreifen, damit beim Anziehen derselben der Lagerdeckel nicht verbogen wird.

Kleinere Lagerbolzen erhalten als Sicherung Doppelmuttern, bei gröfseren werden durch Klemmschrauben gesicherte Penn'sche

Muttern vorgesehen. Bei letzteren wird häufig auf dem Deckel eine Einteilung angebracht, um nach dem Überholen der Lager die Muttern wieder genau einstellen zu können. (Fig. 119.)

13. Kurbelwelle, bei Handelsschiffen aus Siemens-Martin-Stahl, bei Kriegsschiffen aus Tiegelstahl, bei Schnelldampfern mitunter auch aus Nickelstahl geschmiedet. Sie wird aus einem Stück,

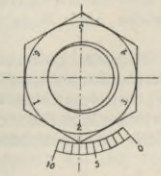


Fig. 119

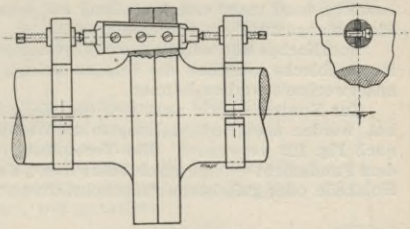


Fig. 120

oder aus einzelnen Teilen, die durch Flanschen verbunden werden, hergestellt. Die einzelnen Kurbeln sind entweder aus einem Stück geschmiedet oder aus einzelnen Teilen zusammengebaut (Fig. 121) (gebaute Kurbeln). Zapfen und Wellen sind mitunter ausgebohrt und dann durch Deckel verschlossen, damit kein Wasser durch die Bohrung zwischen die Kupplungsflanschen gelangen kann.

Das Einziehen der Zapfen geschieht bei angewärmter Kurbelwange. Der Kurbelzapfen wird vor, die Wellenzapfen dagegen erst nach dem Zusammenbauen fertig gedreht.

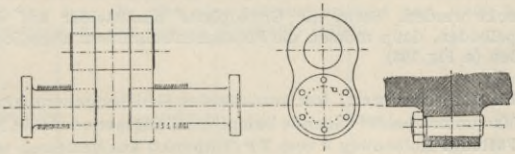


Fig. 121

Die Lager befinden sich meistens unmittelbar neben den Kurbelwangen, um Biegungen möglichst zu verhüten. Die Kupplungsbolzen werden konisch (etwa 1 : 15) oder zylindrisch mit Kopf und gut gesicherter Mutter genau eingepasst.

Mitunter wird der Kupplungsflansch direkt mit der Kurbelwange verbunden.

Reservekurbeln werden meist so konstruiert, dafs sie für jeden Zylinder passen; die Bolzenlöcher, nach Schablone vorgebohrt, werden erst nach dem Einsetzen der Reservekurbel aufgerieben.

Das Aufreiben der Löcher geschieht mittels des beistehend abgebildeten Apparates (Fig. 120), bestehend aus einem Messer zwischen gufseisernen Führungsbacken.

14. Grundplatte, aus Gufseisen oder Stahlgufs. Die einzelnen Lagerbalken sind entweder zusammengegossen oder zusammengeschraubt. Die untere Lagerschalen werden bei Handelsschiffen

meist viereckig, bei Kriegsschiffen meist rund eingepafst, sind aus Gufseisen, Stahlgufs oder Bronze und mit Weifsmetall ausgegossen. Lagerdeckel aus Stahlgufs oder geschmiedetem Stahl durch zwei oder vier Grundlagerbolzen mit der Grundplatte verbunden. In der Mitte meist (bei gröfseren Maschinen) ein Handloch zum direkten Anfühlen bzw. Schmieren.

Lagerbolzen mit Doppelmuttern oder Penn'schen Muttern; bei letzteren wird meist eine Einteilung auf dem Lagerdeckel wie bei Pleuelstangenmuttern vorgesehen (Fig. 119).

Zum Nachpassen werden gewöhnlich mehrere verschieden starke Messingbleche zwischen die Schalen gelegt, welche nach Bedarf ausgewechselt werden können.

Zur Kontrolle, wie weit sich die Welle im Betriebe gesenkt hat, werden nach Fertigstellung in der Werkstatt Blechschablonen nach Fig. 122 verwendet. Die Verbindung der Grundplatte mit dem Fundament erfolgt durch Schrauben; als Zwischenlage dienen Holzkeile oder gufseiserne Pafsstücke, durch welche die Schrauben

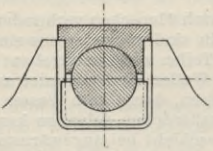


Fig. 122

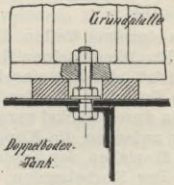


Fig. 123

gesteckt werden. Steht die Grundplatte unmittelbar auf dem Doppelboden, dann müssen die Fundamentschrauben abgedichtet werden (s. Fig. 123).

15. Steuerungen, fast ausnahmslos Schiebersteuerungen.

Man unterscheidet folgende Dampfverteilungsperioden (Fig. 124):

Füllung: Kolbenweg l vom TP (Totpunkt) aus gemessen während der Dampfeinströmung.

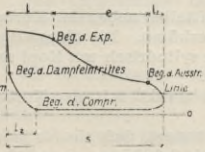


Fig. 124

Füllung in Prozenten:

$$\varepsilon = \frac{100 \times l}{s}.$$

Expansion: Kolbenweg e vom Ende des Dampfeintrittes bis zum Beginn der Ausströmung.

Ausströmung: vom Beginn der Ausströmung bis zum Beginn der Kompression.

Vorausströmung: Kolbenweg vom Beginn der Ausströmung bis zum $TP = l_1$ oder in Prozenten $= 100 \frac{l_1}{s}$.

Kompression: vom Beginn der Kompression bis zum Beginn der Einströmung frischen Dampfes; in Prozenten $= 100 \cdot \frac{l_2}{s}$.

Mit Bezug auf den einfachen Muschelschieber Fig. 125 ist, wenn er in seiner Mittelstellung steht:

Eintrittsdeckung $= e_o$ bezw. e_u auf der Seite des Dampfeintrittes.

Austrittsdeckung $= i_o$ bezw. i_u auf der Seite der Ausströmung.

Ferner ist: Kanalweite im Schieberspiegel $= a$ und in Fig. 126 $r =$ Exzentrizität.

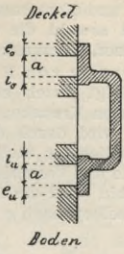


Fig. 125

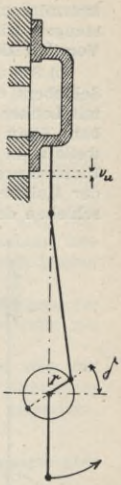


Fig. 126

Voreilung $v_u =$ Kanalöffnung für den Dampfeintritt, wenn die Kurbel im TP steht, Voreilungswinkel $\delta =$ Winkel zwischen Kurbel und Exzenter minus 90^0 (bei äufserer Einströmung). Bei innerer Einströmung steht das Exzenter um 180^0 versetzt, wie punktiert.

16. Steuerungssysteme.

a) Kulissensteuerung von Stephenson. Dieselbe besitzt für Vor- und Rückwärtsgang je ein Exzenter mit Stange. Jede Exzenterstange greift an einem Ende der Kulisse an.

Man unterscheidet Kulissensteuerungen mit offenen und gekreuzten Exzenterstangen, und zwar stellt Fig. 127 offene Stangen bei äufserer Einströmung, Fig. 128 offene Stangen bei innerer Einströmung, Fig. 129 gekreuzte Stangen bei äufserer Einströmung, Fig. 130 gekreuzte Stangen bei innerer Einströmung dar. Ob offen oder gekreuzt erkennt man, wenn beide Exzentrizitäten der Kulisse zugekehrt stehen.

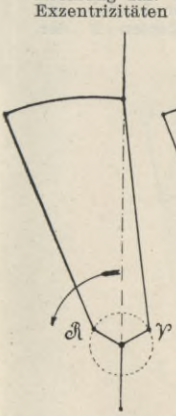


Fig. 127

Fig. 128

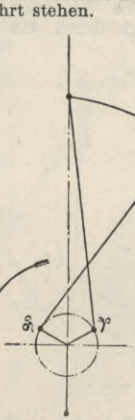


Fig. 129

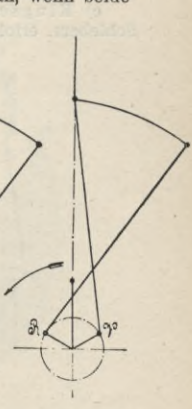


Fig. 130

Beim Einlegen der Kulisse wird bei offenen Exzenterstangen die Zylinderfüllung kleiner, das lineare Voreilen sowie die Vor-

ausströmung und Kompression gröfser. Bei gekreuzten Exzenterstangen wird sowohl die Zylinderfüllung als auch das lineare Voreilen kleiner, Vorausströmung und Kompression gröfser.

b) Steuerung von Heusinger (Fig. 131). Der Antrieb des Schiebers erfolgt durch ein Exzenter und durch einen Hebel mit Lenker vom Kreuzkopf aus. Der in der Kulisse verschiebbare Stein z wird durch die Hängestange zv und die Umsteuerwelle u in beliebiger Stellung festgehalten. Durch Drehen der Umsteuerwelle und Verschieben des Steines nach dem Drehpunkt o der Kulisse hin wird die Zylinderfüllung verkleinert, durch Verschieben desselben nach x die Maschine umgesteuert.

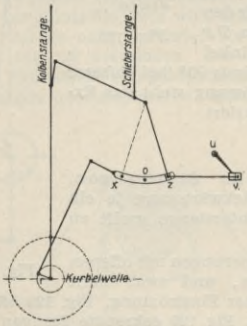


Fig. 131

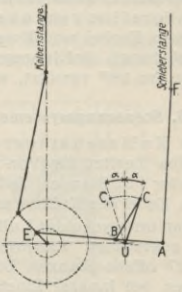


Fig. 132

c) Klugsche Steuerung (Fig. 132). Der Antrieb des Schiebers erfolgt durch ein Exzenter. Der Zapfen B der

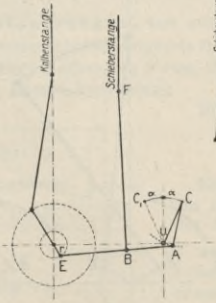


Fig. 133

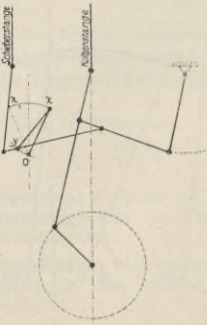


Fig. 134

Exzenterstange EA wird durch einen Lenker BC in einem Kreisbogen geführt, während der Endpunkt A durch die Lenkstange AF mit der Schieberstange verbunden ist. Der Drehzapfen C wird durch die Umsteuerwelle U und Hebel UC verstellt. Durch Ver-

kleinern des Winkels α wird die Füllung kleiner, Kompression und Vorausströmen gröfser.

Die Umsteuerung erfolgt durch Umlegen des Hebels UC nach Stellung UC_1.

d) Marshall-Steuerung (Fig. 133). Diese ist der Klugschen Steuerung ähnlich, nur sind die Zapfen B für den Lenker und A für die Schieberlenkstange vertauscht.

e) Joy-Steuerung (Fig. 134). Der Antrieb des Schiebers erfolgt nur von einem Punkt der Pleuelstange aus durch Hebel und Lenker. O ist die Umsteuerwelle, durch welche der Drehpunkt X für den Lenker XY verstellt werden kann. Durch Umlegen des Hebels OX in Stellung OX_1 wird die Maschine umgesteuert. Mitunter wird der Zapfen Y anstatt durch einen Lenker durch eine gerade oder gekrümmte Kulisse geführt.

Häufig wird die Welle O nicht direkt gedreht, sondern der Endpunkt X durch Zugstange und besondere Umsteuerwelle mit Hebel wie bei Kulissensteuerung verstellt.

Bei Kulissen-, Joy- und Heusinger-Steuerung läfst sich die Füllung meist durch Verschiebung der Traverse im Umsteuerhebel für jeden Zylinder getrennt um ca. 15 bis 20% verändern, ohne die Umsteuerwelle selbst zu bewegen.

17. Diagramm für eine gegebene Steuerung bei ganz ausgelegter Kulisse nach Müller-Reuleaux.

Es ist in Fig. 135 AOB die Richtung der Kolbenstange. Mit der Exzentrizität r als Halbmesser wird der Schieberkreis um O ge-

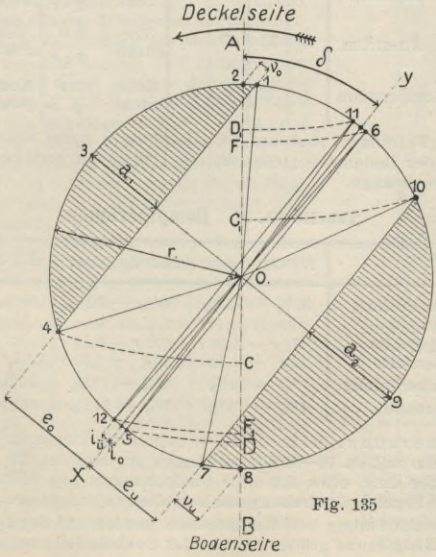


Fig. 135

schlagen und der Voreilungswinkel $\delta = AOY$ entgegen der Drehrichtung der Kurbel aufgetragen. Von XY aus werden die Eintrittsdeckungen e_o und e_u sowie die Austrittsdeckungen i_o und i_u abgetragen (bei positiver Austrittsdeckung wird sie nach der entgegengesetzten, bei negativer Deckung nach derselben Seite wie die Eintrittsdeckung der betr. Kolbenseite aufgetragen) und Parallele zu XY gezogen.

Dann ergibt sich das lineare Voreilen oben v_o und unten v_u und ferner folgende hauptsächliche Kurbel- bezw. Kolbenstellungen: (Die Kolbenstellungen ergeben sich, wenn mit der Pleuelstangenlänge — in demselben Verhältnis zu r wie Pleuelstangenlänge zur Kurbel — von den Punkten 2, 3, 4 etc. Kreisbogen bis zur Mittellinie AB geschlagen werden.)

	Kurbelstellung		Kolbenstellung		Bemerkungen	
	Deckel	Boden	Deckel	Boden	Deckel	Boden
Beginn d. Einström.	1	7	—	—	—	—
Kurbel im TP . .	2	8	TP	TP	Kanalöffnung $= v_o$	Kanalöffnung $= v_u$
Gröfste Kanalöffng. für Dampfeintritt	3	9	—	—	Kanalöffnung $= a_1$	Kanalöffnung $= a_2$
Beg. d. Expansion	4	10	C	C_1	Füllung $= \frac{2\,C}{2 \cdot r}$	Füllung $= \frac{8\,C_1}{2 \cdot r}$
Beg. d. Ausström.	5	11	D	D_1	Vorausstr. $= \frac{8\,D}{2 \cdot r}$	Vorausstr. $= \frac{2\,D_1}{2 \cdot r}$
Beg. d. Kompression	6	12	F	F_1	Kompress. $= \frac{2\,F}{2 \cdot r}$	Kompress. $= \frac{8\,F_1}{2 \cdot r}$

Die Füllungen sind auf der Deckelseite meist etwas gröfser als auf der Bodenseite; dies ist eine Folge der endlichen Länge der Pleuelstange.

Tabelle No. 21. Dampfperioden.

	HD-Zylinder	*MD*-Zylinder	*ND*-Zylinder
1. Gröfste Füllung .	60 % — 75 %	55 % — 70 %	50 % — 65 %
2. Lin. Voreilen:			
Deckelseite . .	0,071 r — 0,16 r	0,077 r — 0,19 r	0,083 r — 0,21 r
Bodenseite . .	0,14 r — 0,22 r	0,15 r — 0,25 r	0,17 r — 0,3 r
3. Vorausströmung	7 % — 14 %	9 % — 18 %	11 % — 22 %
4. Kompression . .	4 % — 8 %	7 % — 14 %	10 % — 20 %

Bemerkung: Bei 2., 3. und 4. gelten die kleineren Werte für Maschinen mit ca. 70—80 Umdrehungen pro Minute, die gröfseren für solche mit etwa 360—400 Umdrehungen pro Minute. Für zwischenliegende Umdrehungszahlen gelten zwischenliegende Werte.

Vorausströmung und Kompression werden auf der Bodenseite zweckmäfsig etwas gröfser als auf der Deckelseite gemacht.

18. Regulierung der Stephensonschen Kulissensteuerung.

a) Einstellung des Kolbens auf den *TP*. Die Kurbel wird ca. 20° bis 30° aus der Totlage gedreht und die Stellung des Kreuzkopfes auf der Geradführung markiert. Gleichzeitig wird eine an einem Lager etc. befindliche feste Marke auf der Welle angerissen. Dann wird die Kurbel nach der andern Seite aus der Totlage herausgedreht, bis der Kreuzkopf wieder auf der Marke der Geradführung steht, und die Entfernung zwischen der Marke am Lager und jener auf der Welle halbiert. Wird dieser auf der Welle durch Körnerschlag markierte Punkt dann auf die feste Marke des Lagers eingestellt, dann steht die Kurbel im *TP*.

b) Einstellen des Schiebers auf richtiges Voreilen. Die Kurbel wird in den oberen *TP* gestellt, die Steuerung (bei gröfster Füllung) erst auf »Vorwärts«, dann auf »Rückwärts« ausgelegt und jedesmal das lineare Voreilen gemessen; dann wird die Kurbel in den andern *TP* gestellt und wieder das lineare Voreilen gemessen. Sind die Exzenter unter gleichem Voreilwinkel aufgekeilt (meistens), dann mufs auch das lineare Voreilen für Vor- und Rückwärtsgang jedesmal gleich grofs ausfallen. Ist dies nicht der Fall, dann sind die Exzenterstangen durch Verlängerung der kürzeren (Beilagen unter Exzenterstangen-Lager oder zwischen Bügel und Stange) gleich zu machen.

Die richtige Verteilung des linearen Voreilens auf Boden- und Deckelseite geschieht hierauf durch Verschieben des Schiebers auf seiner Stange, d. h. durch Abnehmen von den Bunden an der Schieberstange oder durch Beilegen von Scheiben.

Um Vorausströmung und Kompression zu erkennen, kann anstatt des Schiebers eine Holzleiste, auf der die abschneidenden Kanten des Schiebers markiert sind, auf der Schieberstange befestigt werden, oder die Kanäle werden bei Flachschiebern am Zylinder und Schieber derartig durch Risse markiert, dafs die Dampfverteilung von aufsen sichtbar wird.

Bei Kolbenschiebern und zwischen den Zylindern gelegenen Flachschiebern werden die Schieberlatten (Fig. 136) für den Schieberspiegel bezw. den Schieber oben auf dem Schieberkasten bezw. an der Schieberstange befestigt.

Die Schieberlatte *A* wird auf der Schieberstange so befestigt und die Exzenterstangenlängen so berichtigt, dafs der Dampf-Ein- bezw. -Austritt zur richtigen Zeit stattfindet.

Dann wird die Kurbel bei äufserer Einströmung in den oberen, bei innerer Einströmung in den unteren *TP* gedreht und an der Latte die Öffnung des oberen Eintrittskanales gemessen. Dann wird der

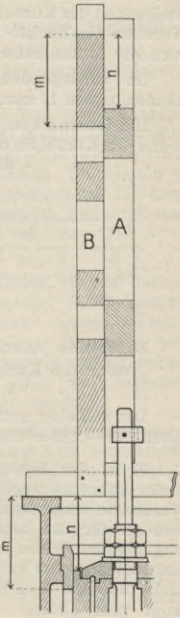


Fig. 136

Schieber eingesetzt und so auf der Stange eingestellt, dafs sich bei derselben Kurbelstellung auch dieselbe Kanalöffnung ergibt.

Oder: Es wird der Schieber eingesetzt und in den zu untersuchenden Stellungen das Mafs n (Fig. 136) von Oberkante Schieberkasten Deckelflansch bis zur oberen abschneidenden Schieberkante gemessen. Nach diesem Mafs werden die Latten auf einer ebenen Fläche zusammengelegt, woraus die Stellung des Schiebers in bezug auf das Schiebergesicht ersichtlich wird.

Umgekehrt kann der Schieber auf die der Latte entnommenen Mafse eingestellt und hierdurch die zugehörigen Kolbenstellungen gefunden werden, wie dies zur Kontrolle der Füllungen nötig ist.

Bei Regulierung einer anderen Steuerung wird in ähnlicher Weise vorgegangen.

Beispiel für die Regulierung eines Kolbenschiebers mit äufserer Einströmung nach der letzteren Methode.

a) Ermittelung der richtigen Höhenlage des Schiebers auf der Stange. Die beiden Latten A und B (Fig. 137), von denen erstere nach dem Schieber, letztere nach dem Zylinder hergestellt ist, werden in die beiden Lagen gebracht, welche den Totpunktstellungen der Kurbel entsprechen, also auf das gewünschte lineare Voreilen für Deckel- und Bodenseite eingestellt. Hieraus ergeben sich die Lattenmafse n_1.

Im vorliegenden Falle soll das lineare Voreilen sein: oben 13 mm, unten 15 mm.

Die Lattenmafse n_1 sind daher mit Bezug auf die Fig. 137:
wenn die Kurbel im oberen TP steht: $n_1 = 258 + 13 = 271$,
» » » » unteren » » $n_1 = 258 + 270 - 15 - 324 = 189$.

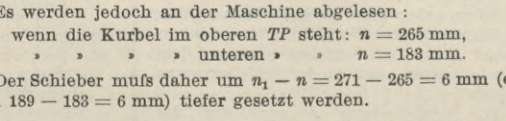


Fig. 137

Es werden jedoch an der Maschine abgelesen:
wenn die Kurbel im oberen TP steht: $n = 265$ mm,
» » » » unteren » » $n = 183$ mm.

Der Schieber mufs daher um $n_1 - n = 271 - 265 = 6$ mm (oder auch $189 - 183 = 6$ mm) tiefer gesetzt werden.

b) Ist der Schieber durch Abdrehen des Bundes um 6 mm tiefer gebracht worden, dann werden Füllung, Kompression und Vorausströmung kontrolliert. Die diesbezüglichen Lattenmafse n_1 werden für die betreffenden Schieberstellungen an den Latten abgemessen (siehe nachstehende Tabelle). Kommt beim Drehen der Maschine der Schieber in eine dieser Stellungen, dann ergeben sich die betr. Dampfperioden aus dem vom Kolben oder Kreuzkopf vom oberen oder unteren TP aus zurückgelegten Wegstrecken.

Schieberstellung	Lattenmafs n_1 = Entfernung von Oberkante Schieber bis Oberkante Schieberkasten	Kolbenweg vom oberen *TP* gemessen (Hub 500 mm)	Dampfperioden in Prozenten des Kolbenhubes
Beim Aufgang des Schiebers:			
1. Füllung Deckelseite	258	356	71,2
2. Kompression Bodenseite . .	230	446	10,8
3. Vorausströmung Deckelseite .	240	—	—
Beim Niedergang des Schiebers:			
4. Füllung Bodenseite	205	182	63,6
5. Kompression Deckelseite . .	240	50	10,0
6. Vorausströmung Bodenseite .	230	—	—

19. Schieber. Einfacher Muschelschieber (Fig. 125).

Pennscher Flachschieber. (Fig. 138). Die Zylinderkanäle sind im Schieberspiegel in zwei oder drei gleiche Kanäle geteilt; ebenso besitzt der Schieber für jeden dieser Kanäle besondere Durchströmöffnungen, so dafs alle Kanäle einer Zylinderseite gleichzeitig geöffnet oder geschlossen werden.

Sie werden bei verhältnismäfsig weiten Kanälen verwendet, um den Schieberhub kleiner zu erhalten.

Trickschieber (Fig. 139), besitzt einen über den ganzen Schieberrücken sich erstreckenden Kanal.

Die abschneidenden Kanten des Schiebers und des Schieberspiegels sind so gegeneinander gestellt, dafs bei Beginn des Dampfeintrittes auf einer Seite der Dampf auch gleichzeitig vom anderen Ende des Schiebers durch den »Trickkanal« strömt. Die Kanten a und a_1 bezw. b und b_1 müssen daher immer gleichzeitig für den Dampfeintritt öffnen. Der Schieber ergibt gröfsere Kanalöffnung für den eintretenden Dampf als ein einfacher Schieber. Der Austritt ist jedoch ebenso grofs wie dort.

Der **Dachschieber** (Fig. 140) ist ein Flachschieber, der sich genau passend zwischen dem eigentlichen Schieberspiegel des Zylinders und einer darüber gestülpten feststehenden Decke bewegt, welche sich an den Seiten auf den Schieberspiegel stützt. Die Decke besitzt Aussparungen, welche den Zylinderkanälen entsprechen, wodurch der Schieber vollständig entlastet wird. Der Schieber ergibt für Ein- und Austritt doppelte Kanalöffnungen.

Kolbenschieber. Kleine Kolbenschieber werden ohne besonders eingesetzte Dichtungsringe, mit möglichst wenig Luft hergestellt. Gröfsere werden mit Dichtungsringen versehen, die entweder durch Federn an den Schieberspiegel gedrückt werden, oder sie werden genau eingepafst und an der Schnittstelle fest zusammengeschraubt, um das tonnenförmige Ausarbeiten des Schiebereinsatzes zu verhindern. (Fig. 141.)

Ist der Ring genügend abgenutzt, dann kann derselbe durch Einlegen einer Messingblech-Beilage in die Schnittstelle wieder vergröfsert werden.

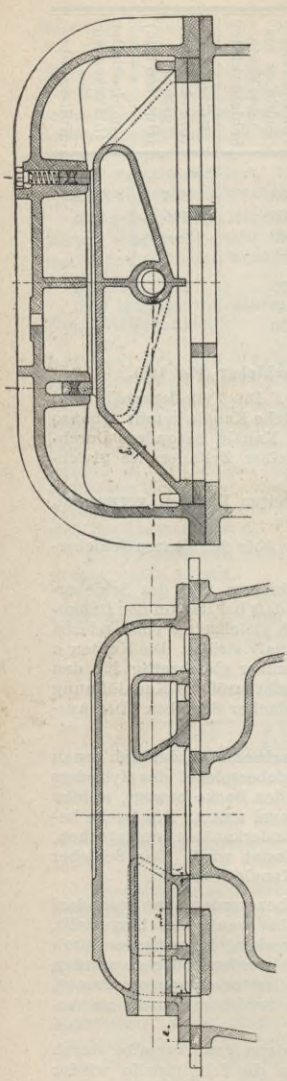


Fig. 138

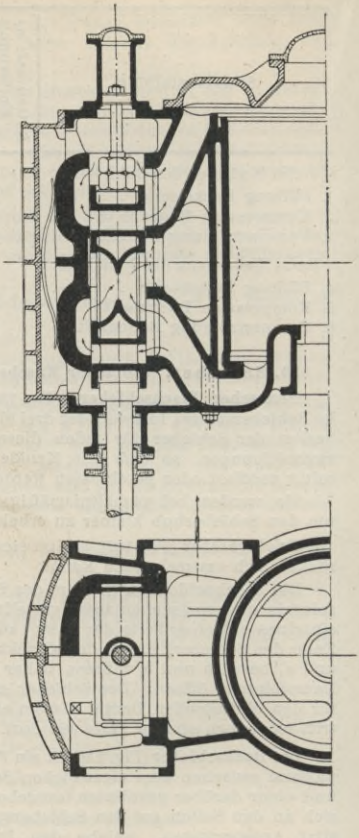


Fig. 140

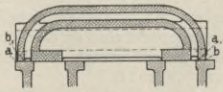


Fig. 139

20. Schieberentlastungen. Flachschieber nach Fig. 125 werden durch den Dampfdruck gegen den Schieberspiegel gedrückt und brauchen daher zu ihrer Bewegung eine bedeutende Kraft. Dachschieber sind vollkommen entlastet, da der Dampfdruck von der Decke aufgenommen wird.

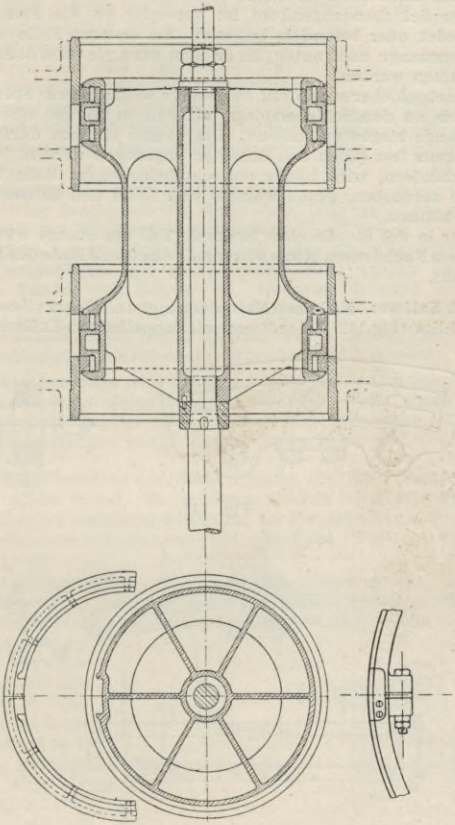


Fig. 141

Bei gewöhnlichen Flachschiebern wird eine teilweise Entlastung dadurch erreicht, dafs ein Teil des Schieberrückens durch einen Dichtungsring vom Schieberkasten abgeschlossen und dieser Raum mit dem Kondensator in Verbindung gebracht wird. (Fig. 138.)

Kolbenschieber mit federnden Ringen sind gröfstenteils, solche mit festen Ringen ganz entlastet.

21. Schieberstange: aus Stahl, wird unterhalb der Stopfbüchse und am oberen Ende geführt. Zur Befestigung des Schiebers dient unten ein konisch aufgesetzter Bundring, oben zwei Muttern. Das Verstellen des Schiebers kann durch Abdrehen des Konusses oder des Bundes nach unten, durch Auflegen von entsprechenden Scheiben nach oben erfolgen.

Der Schieberstangenkopf ist entweder an die Stange angeschmiedet oder besonders befestigt. Im ersteren Falle mufs die Schieberstange nach unten, im zweiten kann sie nach oben herausgenommen werden.

Flachschieber sollen auf der Stange seitlich etwas Spiel haben, um sich an den Schieberspiegel anlegen zu können ohne event. die Stange biegen zu müssen. Die oberen Muttern dürfen daher nicht ganz fest gegen den Schieber angezogen werden. Um dies zu verhindern, wird häufig ein schmiedeeisernes Rohr über die Stange geschoben, gegen welches sich Bund und Mutter fest anlegen können.

Der in der Stopfbüchse laufende Teil der Stange wird wegen späterem Nachdrehen etwas stärker als das dicke Ende des Konusses gemacht.

22. Kulisse: bei kleinen Maschinen meist als Spurkulisse (Kulisse mit Schlitz) (Fig. 142), bei gröfseren als Doppelbalken-Kulisse (Fig. 143)

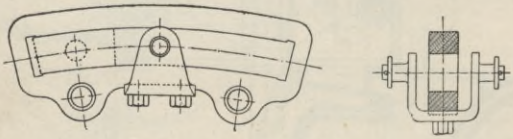


Fig. 142.

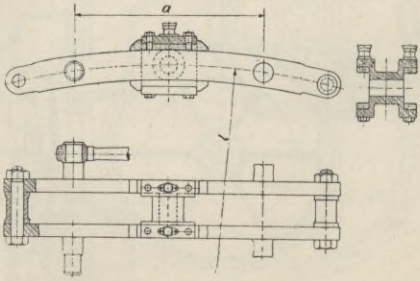


Fig. 143

aus Stahl geschmiedet, ist nach einem Halbmesser gleich der Exzenterstangenlänge gekrümmt. Aufhängung gewöhnlich in der Mitte oder an dem Ende für Vorwärtsgang. Im ersteren Falle springt der Stein in der Kulisse bei Vor- und Rückwärtsgang gleichviel, im zweiten Falle hingegen beim Vorwärtsgange nur sehr wenig, beim Rückwärtsgange jedoch um so mehr. Der Kulissenstein ist

meist aus Stahl mit besonders aufgesetzten Gleitflächen aus Bronze. Behufs Nachpassen desselben können zwischen Gleitplatte und Stein dünne Messingbleche gelegt werden.

23. Exzenter-Bügel und **-Stangen.** Die Exzenter aus Gufseisen oder Stahlgufs werden meist besonders aufgesetzt und bestehen nur in seltenen Fällen aus einem Stück mit der Welle. Sie sind in der Regel zweiteilig, beide Hälften durch Bolzen verbunden und mit Feder und Klemmschraube auf der Welle befestigt. Bei Kulissensteuerung werden die beiden Exzenter entweder zusammengegossen oder nebeneinandergesetzt und durch Bolzen verbunden.

Fig. 144

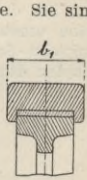


Fig. 145

Die Exzenterbügel werden aus Gufseisen, Stahlgufs oder geschmiedetem Stahl hergestellt und mit Weifsmetall ausgegossen. Die Laufläche ist zylindrisch (Fig. 145) oder doppeltkegelförmig (Fig. 144) ausgebildet. Bei ersterer Ausführung nützen sich die seitlichen Ränder des Bügels ab, wodurch derselbe seitlich lose wird; bei Exzentern nach Fig. 144 kann dies nicht eintreten.

Zum Nachstellen der Bügel werden wie bei Lagern Pafsstücke nebst Blechbeilagen zwischen den Bügelhälften vorgesehen.

Die Exzenterstange wird mit dem Bügel meist durch Schrauben verbunden, wodurch deren Länge in geringem Mafse durch Pafsstücke geändert werden kann. (Bei Kulissensteuerung müssen beide Exzenterstangen genau gleiche Länge haben.)

24. Umsteuerwelle, aus Stahl, besitzt für jedes Steuerungsgestänge einen Hebel, an welchem mittels Hängestangen die Kulisse, oder bei Heusinger-Steuerung der Kulissenstein z, Fig. 131, bei Joy-Steuerung mitunter der Endpunkt X des Hebels OX Fig. 134 aufgehängt ist.

Der Aufhängezapfen am Hebel der Umsteuerwelle ist bei kleinen Maschinen fest, bei gröfseren mittels Schraubenspindel in einem Schlitz verschiebbar (Fig. 146). Hierdurch kann die Füllung der einzelnen Zylinder für Vorwärtsgang unabhängig voneinander geändert und deren Leistungen um ca. 12 bis 16% geändert bzw. bei allen Zylindern gleichgrofs gemacht werden, während die Umsteuerwelle ganz auf »Vorwärts« ausgelegt bleibt.

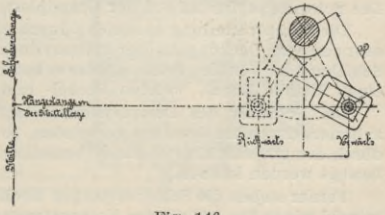


Fig. 146

Da der Schlitz im Umsteuerhebel bei Rückwärtsgang parallel zur Schieberstange steht, so bleibt hierfür immer die gröfste Füllung bestehen, was für das leichte Anspringen auf »Rückwärts« von Wichtigkeit ist.

25. Umsteuerungsvorrichtungen. Kleinere Maschinen werden mittels Handhebel direkt, gröfsere Maschinen bis ca. 500 *PS* hingegen durch Handrad und Schraubenspindel, deren Mutter in einem besonderen, auf der Umsteuerwelle befestigten Hebel sich befindet, umgesteuert.

Noch gröfsere Maschinen werden durch Dampf umgesteuert.

Bei den sog. Rundlauf-Maschinen geschieht dies durch eine umsteuerbare Einzylinder- oder Zwillingsmaschine, welche mittelst Schnecke und Schneckenrad eine Kurbel dreht, deren Zapfen durch eine Zugstange die Umsteuerwelle bewegt, Fig. 147.

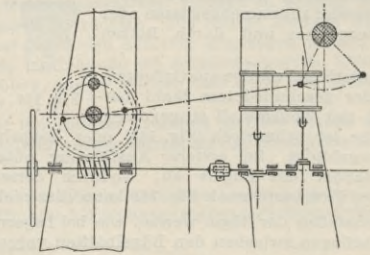


Fig. 147

Die direktwirkenden Umsteuermaschinen bestehen aus einem Dampfzylinder und einem mit Öl oder Wasser vollständig gefüllten Bremszylinder Fig. 148. Der Bremszylinder wird angeordnet um eine zu rasche oder stofsweise Bewegung des Dampfkolbens zu verhüten.

Der auf der gemeinsamen Kolbenstange befindliche Kreuzkopf wirkt mittels Zugstangen auf die zwei Hebel der Umsteuerwelle.

Bei einfacheren Ausführungen ist das obere Ende der aus dem Bremszylinder austretenden Kolbenstange mittels eines Auges direkt mit einem Hebel auf der Umsteuerwelle verbunden. Die Umsteuermaschine steht dann nicht fest, sondern kann um ein am unteren Deckel des Dampfzylinders befindliches Auge schwingen. Der Schwungzapfen ist auf der Grundplatte befestigt.

Die Dampfverteilung geschieht durch einen Flachschieber mit sehr geringen Deckungen. Der Bremszylinder wird entweder durch Schieber oder Ventile gesteuert, oder er hat keine Steuerung und nur einen kleinen Kanal, welcher Deckel- und Bodenseite verbindet.

Der Schieber des Dampfzylinders ist mit dem des Bremszylinders durch ein Gestänge verbunden, so dafs beide gleichzeitig durch den am Maschinistenstande befindlichen Handumsteuerhebel bewegt werden können.

Ferner stehen die Schieberstangen noch durch eine Schraubenspindel wie in Fig. 148 mit der Kolbenstange der Umsteuermaschine oder mitunter auch durch eine Hebelverbindung mit der Umsteuerwelle in Verbindung, damit die Steuerschieber bei der Drehung der Umsteuerwelle selbsttätig in ihre Mittelstellung zurückgebracht werden, und diese in einer, der Stellung des Handumsteuerhebels entsprechenden Lage festgehalten wird.

Dampf- und Bremskolben besitzen metallene Dichtungsringe; letzterer wird häufig auch mit doppelten Ledermanschetten gedichtet.

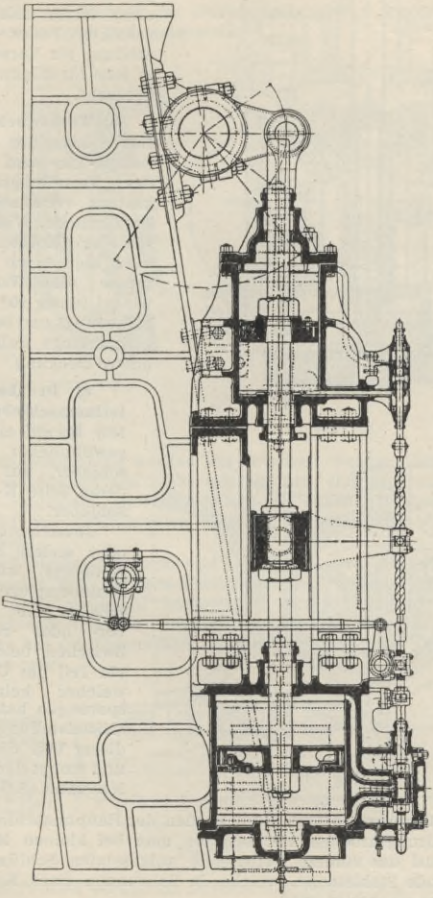


Fig. 148

Beim Einstellen der Steuerung ist darauf zu achten, dafs, wenn Handhebel und Umsteuerwelle ganz auf »Vorwärts« oder »Rückwärts« ausgelegt sind, die Steuerungsorgane des Dampf- bzw. Bremszylinders jedesmal auf Mitte zu stehen kommen.

26. Umsteuerungen für Hilfsmaschinen:

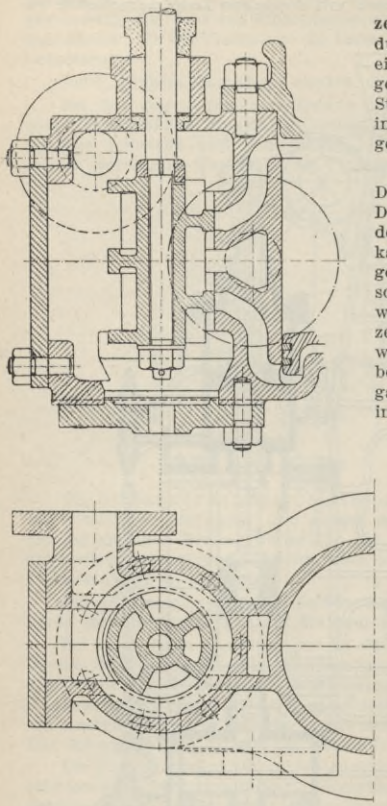


Fig. 149

a) Verschiebbares Exzenter. Das Exzenter wird durch axiale Verschiebung einer Muffe mit schräggestellter Feder aus der Stellung für Vorwärtsgang in jene für Rückwärtsgang gebracht.

b) Wechselschieber. Durch denselben wird der Dampf-Ein- und -Austritt des Verteilungsschieberkastens vertauscht. Der gewöhnliche Verteilungsschieber (Kolbenschieber) wird hier durch ein Exzenter ohne Voreilungswinkel (unter 90° zur Kurbel) bewegt und besitzt nur ganz geringe äufsere und innere Deckung.

c) Drehbare Verteilungsschieber (Fig. 149) ist auf einer Seite gewöhnlicher Muschelschieber, auf der anderen Seite E-förmiger Schieber.

Je nachdem die eine oder andere Seite des Schiebers auf dem Schieberspiegel gleitet, arbeitet die Maschine vor- oder rückwärts. Zwischen beiden liegt ein Teil des Umfanges, welcher keine Aussparungen hat. In der Mittelstellung deckt dieser Teil die Kanäle und stoppt dadurch die Maschine. (S. Grundrifs.)

27. Drehvorrichtung. Zum Drehen der Hauptmaschine bei Instandhaltungsarbeiten etc. benutzt man bei kleinen Maschinen einen auf das vordere Wellenende aufgesetzten Schlüssel, oder eine runde Stahlstange, welche in Bohrungen eines Kupplungsflansches eingesetzt wird.

Gröfsere Maschinen besitzen auf der Kurbelwelle ein Schneckenrad, in welches eine mittels Knarre zu drehende Schnecke eingreift.

Grofse Maschinen erhalten doppelte Schneckenrad-Übersetzung, und zum Antrieb eine besondere Dampfmaschine (Fig. 150 u. 151).

Mitunter ist die Einrichtung so getroffen, dafs die Drehvorrichtung von der Umsteuermaschine, Zentrifugalpumpe oder elektrischen Maschine durch Zahnräder, Riemen oder Seil angetrieben werden kann.

Während des Ganges der Hauptmaschine wird die Drehvorrichtung ausgerückt und festgestellt.

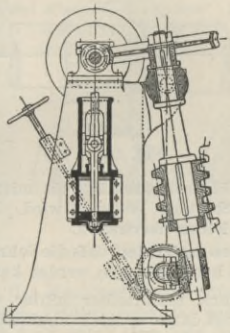


Fig. 150

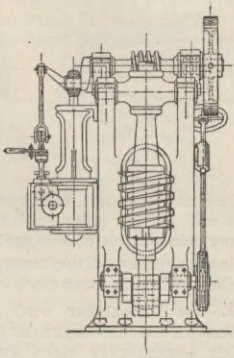


Fig. 151

Die Schneckenräder werden aus Gufseisen, Bronze oder Stahlgufs, die Schnecken aus Stahl oder Bronze, mitunter auch aus Gufseisen hergestellt; es sollen jedoch die zusammenarbeitenden Teile nicht aus gleichartigem Material bestehen, da sie dann leicht fressen.

28. Wellenleitung. Druck- und Laufwellen werden bei Handelsschiffen meist aus Siemens-Martinstahl, bei Kriegsschiffen gewöhnlich aus Tiegelstahl hergestellt. Für die Schraubenwelle wird Siemens-Martinstahl, Tiegelstahl oder Nickelstahl verwendet. Nickelstahl hat die Eigenschaft, dafs er vom Seewasser nur wenig angegriffen wird.

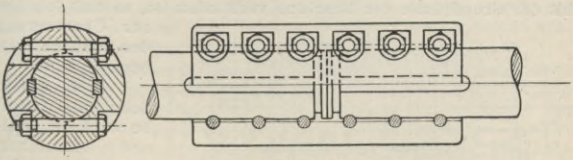


Fig. 152

Die Laufwellen werden im Durchmesser gewöhnlich um ca. 5% kleiner, die Schraubenwellen dagegen mindestens ebenso stark wie die Kurbelwellen ausgeführt. Häufig werden die Wellen ausgebohrt.

Die Verbindung der einzelnen Wellen untereinander und mit der Kurbelwelle geschieht meist durch angeschmiedete Flanschen und konische Kupplungsbolzen wie bei der Kurbelwelle. Die Verbindung der Schraubenwelle mit der letzten Laufwelle geschieht

auch häufig durch eine zweiteilige Schalenkupplung, Fig. 152, oder durch einen auf die Schraubenwelle gesetzten abnehmbaren Kupplungsflansch nach Fig. 153 oder Fig. 154.

Der Flansch nach Fig. 154 wird hydraulisch aufgezogen und durch einen zweiteiligen, in eine Nute der Welle eingelegten Ring *R*

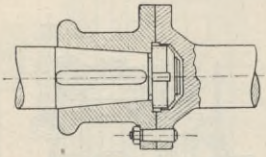


Fig. 153

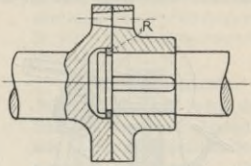


Fig. 154

am Abziehen gehindert, während der Flansch nach Fig. 153 mittels Konus und Mutter (oder auch Kopfschraube) befestigt wird. Die Drehung wird durch eine eingelegte Feder übertragen.

Die abnehmbaren Kupplungen bieten den Vorteil, dafs die Schraubenwelle bei Reparaturen nach hinten herausgezogen werden kann.

29. Das Drucklager wird meistens unmittelbar hinter der Maschine im Maschinenraum angeordnet, damit es leicht zugänglich ist. Der Lagerkörper steht auf einem besonderen Fundament, welches mit dem Schiffskörper vernietet und häufig auch mit dem Maschinenfundament verbunden ist. Vor und hinter dem Drucklager sind meist aufgenietete Knaggen vorgesehen, zwischen denen dasselbe festgekeilt wird, um den Propellerschub unmittelbar auf das Fundament zu übertragen.

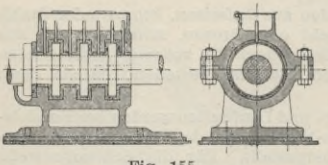


Fig. 155

Häufig wird das Drucklager auch auf eine besondere mit angegossenen Knaggen versehene Grundplatte gesetzt, welche mit der Grundplatte der Maschine verbunden ist, so dafs letztere zur Übertragung des Schubes mitbenutzt wird.

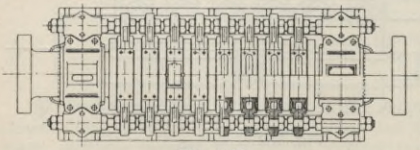


Fig. 156

Der axiale Schub der Schraube wird bei kleineren Maschinen durch die auf der Druckwelle befindlichen Ringe unmittelbar auf das geschlossene Drucklager (Fig. 155) übertragen. Bei gröfseren wird der Druck jedes Ringes von einem Bügel aufgenommen, welcher denselben durch Vermittelung zweier Schraubenspindeln mit Stellmuttern auf den Lagerkörper überträgt (Fig. 156). Letzterer besitzt vorn und hinten ein Traglager für die Lagerung der Welle.

Die Druckbügel aus Bronze, Gufseisen oder Stahlgufs werden bei gröfseren Ausführungen hohl gegossen und für innere Wasserkühlung eingerichtet. Die Gleitflächen werden mit Weifsmetall gefüttert; die nach vorn liegenden Gleitflächen werden mitunter aufgeschraubt und können mittels untergelegten Blechbeilagen nachgestellt werden. Dadurch wird die Abnutzung der hinteren (Vorwärts-) Gleitfläche ersetzt und eine Lose der Bügel zwischen je zwei Ringen vermieden. Die hierdurch bedingte Verschiebung der Wellenleitung nach vorn kann dann durch Verstellung der Bügel wieder ausgeglichen werden.

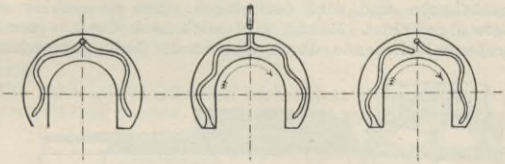


Fig. 157

Das Schmieröl wird entweder unmittelbar bis auf die Gleitflächen geführt oder das Schmierrohr endet oberhalb des Ringes und wird durch eine tiefe Nut zwischen dieselben geleitet. Verschiedene Anordnungen der Schmiernuten zeigt Fig. 157. Der untere Teil der Druckringe taucht bei Drucklagern mit Bügeln in das im unteren Teile sich ansammelnde Öl. Um dieses kühl zu erhalten, wird mitunter im unteren Teile eine kupferne Kühlschlange eingebaut und mit der Kühlleitung verbunden.

30. Die Traglager für die Laufwellen werden aus Gufseisen oder bei Kriegsschiffen aus Stahlgufs hergestellt und im Unterteil mit Weifsmetall ausgegossen, während die Oberteile nur als Schutzdeckel dienen und mit Schmiergefäfsen für Öl und Talg versehen werden. Bei gröfseren Lagern ist der Unterteil hohl ausgeführt und für innere Wasserkühlung eingerichtet. Jede Laufwelle erhält gewöhnlich 2 Traglager, je eines nahe an jeder Kupplung.

31. Stevenrohr und Schraubenwelle. Das Stevenrohr wird bei Handelsschiffen meist aus Gufseisen, bei Kriegsschiffen gewöhnlich aus Bronze und bei sehr leichten Schiffen (Torpedobooten etc.) mitunter aus gezogenem Stahlrohr hergestellt.

Die Lagerstellen für die Schraubenwelle bestehen bei kleinen in Süfswasser fahrenden Schiffen aus besonders eingesetzten gufseisernen Büchsen, bei Seeschiffen mittlerer Gröfse häufig aus ebensolchen Büchsen aus Weifsmetall. Bei gröfseren Schiffen werden meist bronzene Büchsen eingesetzt, welche mit Pockholzstreifen gefüttert sind (Fig. 158), die durch zwei oder drei festgeschraubte Metallschienen gehalten werden. Die untere Hälfte wird der gröfseren Widerstandsfähigkeit wegen häufig in Hirnholz ausgeführt. Die Länge der Pockholzstreifen mufs etwas geringer (ca. 1 %) als die Länge der Büchse sein, damit beim Quellen des Holzes der hinten vorgeschraubte Ring nicht abgerissen wird.

Wird Pockholz als Lagermaterial benutzt, dann wird die Welle an den Lagerstellen mit warm aufgezogenen Bronzeüberzügen versehen.

Da der zwischen den Überzügen liegende Teil der Schraubenwelle durch galvanische Aktion (besonders bei metallenem Stevenrohr) angefressen wird, so wird derselbe häufig mit einem wasserdichten Kupfer- oder Bronzeüberzug versehen. In neuerer Zeit wird dieser Teil der Welle auch häufig mit Gummi überzogen. Mitunter wird die Welle auch nur mit gestrichener und gespachtelter Schnur und Segelleinen überzogen. Liegt ein Teil der Welle frei im Wasser (bei 2- oder 3-Schraubenschiffen), dann erhält dieser außer dem Gummiüberzug gewöhnlich noch eine Umwickelung mit verzinktem Drahtseil zum Schutze gegen äußere Verletzungen.

Das hintere Ende des Bronzeüberzuges reicht bis in die Schraubennabe und wird dort durch einen Gummiring gegen letztere abgedichtet. Häufig wird auch noch das aus der Nabe austretende Wellenende durch eine an der Nabe festgeschraubte

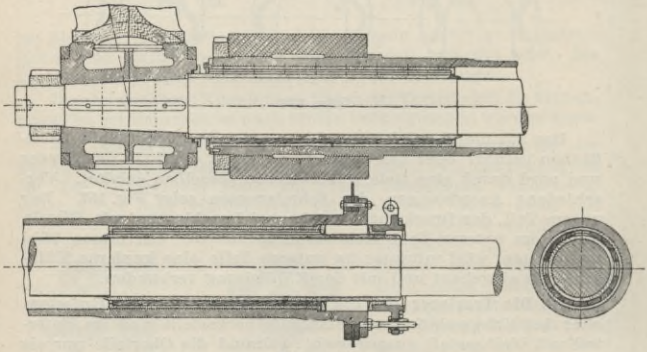


Fig. 158

gußeiserne oder metallene Kappe gegen die Einwirkung des Seewassers geschützt (siehe Fig. 164). Der Innenraum der Kappe wird durch eine kleine Bohrung mit Talg ausgegossen.

Sehr lange Stevenrohre werden aus zwei Teilen hergestellt, durch Flanschen verbunden und diese unterstützt. Wird das Rohr von vorn ins Schiff eingesetzt, dann wird es am hintersten Tunnelschott (Stopfbüchsenschott) mittels eines Flansches und im Hintersteven oder Wellenbock mittels schmiedeeiserner Mutter befestigt; geschieht das Einsetzen jedoch von hinten, dann ist auch die Befestigungsweise dementsprechend meist umgekehrt.

Die am vorderen Ende befindliche Stopfbüchse wird meist mit in Talg getränkten Baumwollflechten verpackt. Besitzt die Schraubenwelle einen festen Kupplungsflansch, dann ist die Stopfbüchsbrille gewöhnlich zweiteilig. Um gleichzeitiges Anziehen der Muttern zu sichern, werden diese bei größeren Maschinen häufig mit Zahnkranz ausgeführt wie bei Kolbenstangenstopfbüchsen. Um das Nachlegen von Packungsringen in See zu ermöglichen, werden mitunter 3 bis 6 Schrauben in schräger Richtung seitlich in den Stopfbüchstopf eingeschraubt, um bei abgenommener Stopfbüchsbrille das Herausdrücken der Flechten zu verhindern.

Am vorderen Ende des Wellenrohres ist ein Rohranschlufs mit Hahn vorgesehen, durch den Wasser aus demselben abgelassen werden kann. Mitunter ist dieser Hahn noch mit der Kühlleitung der Maschine verbunden. Auch wird vielfach ein Dampfrohranschlufs vorgesehen, um das Einfrieren des Stevenrohres zu verhindern.

32. Schmierung der Stevenrohrlager. Um das Eindringen von Sand etc. in das Stevenrohr zu verhindern und die Lagerstellen anstatt mit Wasser mit Öl zu schmieren, wird am hinteren Ende des Stevenrohres häufig eine besondere Stopfbüchse angeordnet. Dadurch wird die Abnutzung der Lagerstellen vermindert, das Seewasser von der Welle abgehalten und Anfressungen derselben vermieden. Die Schraubenwelle erhält dann gewöhnlich keine Bronzeüberzüge und läuft hinten sowie vorn in Weifsmetallbüchsen.

Fig. 159 u. 160, Stopfbüchse nach Patent Hunter & Milne. Die Dichtungsflächen werden durch axial bzw. radial wirkende Spiral-

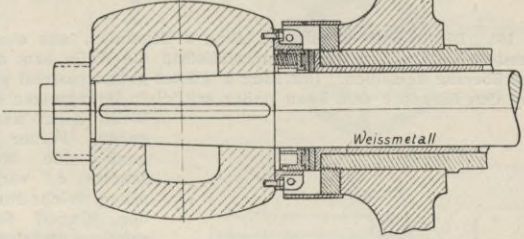


Fig. 159

federn aneinander gedrückt und gestatten sowohl geringe seitliche als auch axiale Verschiebungen der Propellernabe bzw. der Welle. In ähnlicher Weise ist auch die Stopfbüchse nach Patent Cederwall eingerichtet.

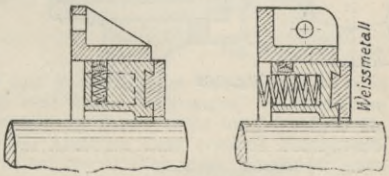


Fig. 160

Die gute Abdichtung kann hier bei langen Wellenleitungen und bedeutenden Temperaturdifferenzen zwischen Welle und Schiff leiden, weil dann die Entfernung der Nabe vom Ende des Stevenrohres und dadurch die Spannung der axial wirkenden Federn sich ändert.

Bei der Stopfbüchse nach Patent Yaunger & King (Fig. 162 und 163) werden zwei geteilte Bronzeringe *a* an die an der Nabe befestigte und gedichtete Büchse *b* gedrückt. Das Andrücken geschieht durch einen dahinterliegenden, an beiden Enden geschlossenen, mit Luft gefüllten Gummischlauch.

Eine Verlängerung oder Verkürzung der Welle hat hier keinen Einfluſs auf das Dichthalten der Stopfbüchse.

Eine in ähnlicher Weise abdichtende Stopfbüchse ist die von Mssrs. Vickers & Sons, Leeds, eingeführte Patentstopfbüchse nach

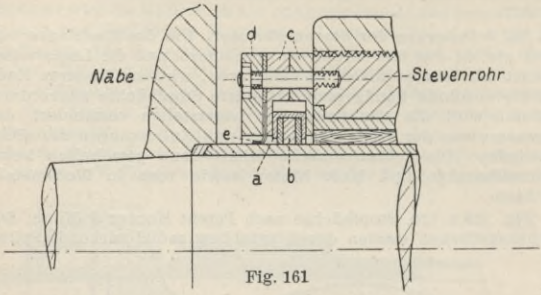


Fig. 161

Fig. 161. Die in dem metallenen Ring *a* liegenden, aus einem Faserstoff bestehenden Ringe *b* umschlieſsen die Welle bzw. den Metallüberzug derselben. Der Ring *a* gleitet genau passend zwischen den Ringen *c* und kann daher seitlichen Bewegungen der Welle leicht nachgeben. Ferner ist noch eine Manschette *e* vorgesehen, welche durch den Ring *d* festgehalten und durch den äuſseren Wasserdruck an die Welle gedrückt wird.

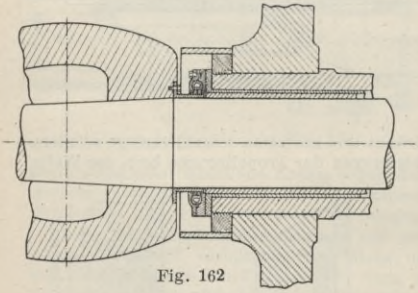


Fig. 162

Die Zuführung des Schmieröles zu den Lagerstellen geschieht entweder durch eine im Wellentunnel angebrachte Handpumpe, durch welche zeitweilig Öl in das Stevenrohr eingepreſst wird, oder dasselbe wird von einem in genügender Höhe über der Wasserlinie liegenden Tank aus durch eine Rohrleitung selbsttätig zugeführt.

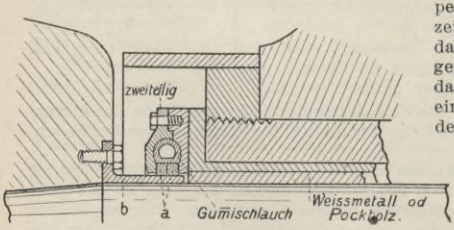


Fig. 163

33. Der Schraubenpropeller wird bis zu einem Durchmesser von ca. 3 bis 4 m meist aus einem Stück aus Gufseisen oder Stahlgufs oder bis zu ca. 2,5 m Durchmesser aus Bronze gegossen, während gröfsere Schrauben aufgesetzte Flügel erhalten. Anzahl der Flügel 3 bis 4.

Frachtdampfer besitzen meist Naben aus Gufseisen oder Stahlgufs mit ebensolchen Flügeln, während Passagier- und Schnelldampfer gewöhnlich Flügel aus Bronze erhalten. Bei Kriegsschiffen werden Nabe und Flügel aus Bronze hergestellt.

Die Befestigung der Flügel geschieht mittels Flansch und je 6 bis 10 Stiftschrauben (Fig. 164 u. 165). Häufig ist der Flansch auch unten konisch und in eine entsprechende Ausdrehung der Nabe eingesetzt. Die Bolzenlöcher werden länglich gemacht, um die Flügel etwas verdrehen und die Steigung der Schraube dadurch in gewissen Grenzen ändern zu können. Die bezüglichen Marken sind am Flügelflansch bzw. auf der Nabe eingeschlagen.

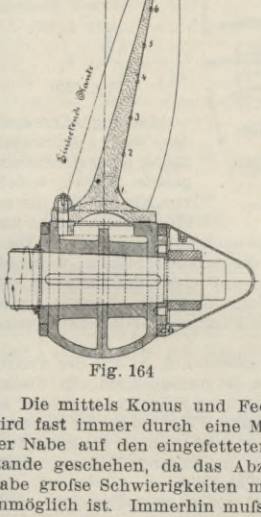


Fig. 164

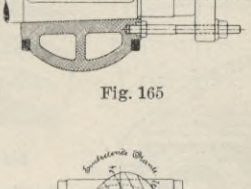


Fig. 165

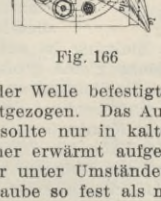


Fig. 166

Die mittels Konus und Feder auf der Welle befestigte Nabe wird fast immer durch eine Mutter festgezogen. Das Aufsetzen der Nabe auf den eingefetteten Konus sollte nur in kaltem Zustande geschehen, da das Abziehen einer erwärmt aufgesetzten Nabe grofse Schwierigkeiten macht oder unter Umständen ganz unmöglich ist. Immerhin mufs die Schraube so fest als möglich sitzen und soll hauptsächlich am dicken Ende des Konus gut tragen. Beim Abziehen der Nabe wird diese meistens erwärmt und mittels schlanker, zwischen Schraubensteven nnd Nabe eingetriebener Keile abgedrückt oder mittels zweier Abzugschrauben und Traverse (Fig. 165) abgezogen.

Zum Heben der Schraube sind meist ein oder zwei Schäkel am unteren Teil des Hecks vorgesehen.

Die Steigung der Schraube ist der Weg, den dieselbe bei einer Umdrehung theoretisch zurücklegen kann.

Eine Schraube ist rechtsgängig, wenn sie sich (von hinten gesehen) beim Drehen im Sinne des Uhrzeigers vorwärts, hingegen linksgängig, wenn sie sich bei dieser Drehung rückwärts bewegt.

Der Durchmesser der Schraube ist der Durchmesser des von den Flügelspitzen beschriebenen Kreises.

Projektionsfläche der Schraube ist die Fläche der Flügel, welche man erhält, wenn sie auf eine zur Wellenachse senkrechte Ebene projiziert werden.

Abgewickelte Fläche ist die wirkliche Größe der nach hinten gerichteten Flächen der Flügel.

Da die Hinterfläche jedes Flügels die Druckfläche für den Vorwärtsgang ist, so erhält diese die eigentliche Schraubenform, während die Vorderseite mit Rücksicht auf die Festigkeit gewölbt wird. Siehe Fig. 168.

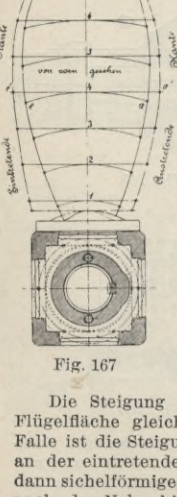


Fig. 167

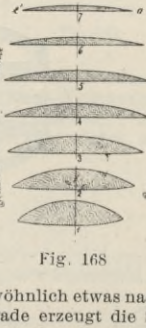


Fig. 168

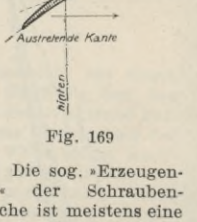


Fig. 169

Die sog. »Erzeugende« der Schraubenfläche ist meistens eine gerade Linie, welche von Mitte Welle bis zur Flügelspitze reicht und gewöhnlich etwas nach hinten geneigt ist. Diese Gerade erzeugt die Schraubenfläche, wenn ein Punkt derselben auf einer der Steigung entsprechenden Schraubenlinie bewegt wird, während ihre Neigung zur Wellenachse immer dieselbe bleibt.

Die Steigung ist entweder »konstant«, d. h. auf der ganzen Flügelfläche gleich grofs, oder sie ist veränderlich. In diesem Falle ist die Steigung an der austretenden Flügelkante gröfser als an der eintretenden; der abgewickelte Flügelquerschnitt besitzt dann sichelförmige Gestalt, Fig. 169, oder es kann die Steigung auch nach der Nabe hin gröfser sein als im äufseren Umfang, (radial veränderliche Steigung) z. B. nach Pat. Zeise.

Die Flächenteile der Flügel sind um so wirksamer, je weiter sie nach der Flügelspitze hin liegen.

Zum Aufmessen der Steigung einer fertigen Schraube wird ein um die Wellenachse drehbarer Arm *A* (Fig. 170) auf die Nabe gesetzt, welcher auf einem feststehenden Gradbogen gleitet. Auf diesem Arm befindet sich ein verstellbarer Schuh *B*, in welchem senkrecht zum Arm und parallel zur Wellenachse eine Stange *C* verschiebbar ist.

Der Schuh wird auf einem bestimmten Halbmesser *r* festgestellt und dann die Spitze der verschiebbaren Stange *C* erst auf die eine,

dann auf die andere Flügelkante eingestellt und jedesmal der Stand des Armes auf der Gradeinteilung sowie die Stellung der verschiebbaren Stange notiert.

Ist: h die Steigung des Flügelquerschnittes in m (Fig. 170) und
α der Ausschlag des Armes in Graden,

dann ist:

$$\text{Steigung } S = \frac{360}{\alpha}\, h \text{ m.}$$

Aus den in dieser Weise auf verschiedenen Halbmessern r festgestellten Abmessungen läfst sich auch die Flügelform aufzeichnen.

Zur Bestimmung der Steigung S ist ein Gradbogen nicht unbedingt erforderlich. Es kann statt des Winkels α der von der Spitze der Stange C mit dem Halbmesser r beschriebene Bogen auf dem Flügel gemessen werden

Wird dieser [illegible] C bezeichnet, so ist:

$$S = \frac{h \cdot 2\pi r}{\sqrt{[illegible] - h^2}} = \frac{6{,}28\, h \cdot r}{\sqrt{b^2 - h^2}}.$$

z. B.: Es ist $r = 1{,}4$ m, $b = 0{,}92$ m, $h = 0{,}45$ m, folglich:

$$S = \frac{6{,}28 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}4}{\sqrt{0{,}92^2 - 0{,}45^2}} = \frac{3{,}96}{\sqrt{0{,}8464 - 0{,}2025}}$$

$$= \frac{3{,}96}{\sqrt{0{,}6439}} = \frac{3{,}96}{0{,}8025} = \mathbf{4{,}93} \text{ m.}$$

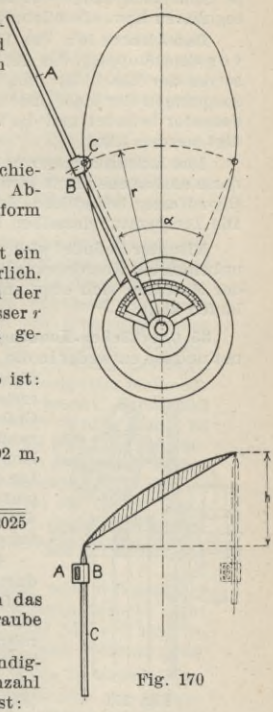


Fig. 170

Slip ist der Verlust an Weg, den das Schiff dadurch erleidet, dafs die Schraube in einem nachgiebigen Stoff arbeitet.

Ist V die gemessene Schiffsgeschwindigkeit in Knoten pro Stunde und n die Anzahl der Umdrehungen pro Minute, dann ist:

$$\text{der »scheinbare Slip« } s = 100 - \frac{3087 \cdot V}{S \cdot n} \text{ Prozent.}$$

Der Slip beträgt bei Frachtdampfern . . . ca. 5 bis 10%,
bei Post- und Passagierdampfern . . . . . ca. 10 bis 15%,
und bei Torpedobooten, Torpedojägern etc. . . ca. 18 bis 20%.

Bei Schiffen mit verhältnismäfsig völligem Hinterschiff kann der Slip auch Null oder negativ werden, insbesondere dann, wenn das Schiff in einer in der Fahrtrichtung sich bewegenden Strömung fährt.

Der tatsächliche Slip, den die Schraube in dem Wasser erleidet, in welchem sie arbeitet, kann jedoch nicht Null oder negativ werden.

34. Einspritz-Kondensation. Diese findet sich nur auf Schiffen, welche Flüsse, bzw. Süfswasser befahren. Der Kondensator besteht meistens aus dem nach unten führenden etwas erweiterten Abdampfrohr vom *ND*-Zylinder, in welches ein Brauserohr eingesteckt ist. Durch dieses wird Wasser von aufsenbord eingespritzt und dadurch der Dampf kondensiert.

Durch einen Hahn oder Schieber, welcher vom Maschinistenstande aus bewegt werden kann, läfst sich der Zutritt des Wassers je nach dem Gange der Maschine oder der Vakuummeteranzeige regulieren bzw. abstellen.

Das Abstellen des Einspritzwassers geschieht unmittelbar vor dem Stoppen, das Anstellen unmittelbar nach dem Ansetzen der Maschine, damit während des Stillstandes bzw. beim Anspringen der Maschine sich möglichst wenig Wasser im Kondensator befindet und die Luftpumpe nicht schlagen oder beschädigt werden kann.

Das Einspritzwasser mit dem kondensierten Dampf und der darin enthaltenen Luft wird von der Luftpumpe durch ein meistens über Wasser befindliches Ausgufsventil nach aufsenbord gefördert. Die Temperatur desselben beträgt ca. 35—45° C.

Mitunter befindet sich im untersten Teil des Kondensators ein unbelastetes Überdruckventil, durch welches das beim Stillstand der Maschine sich etwa ansammelnde Wasser nach der Bilge ablaufen kann.

35. Oberflächen-Kondensation wird auf allen Seeschiffen angeordnet und ist entweder in die Maschine eingebaut oder getrennt von dieser aufgestellt. Das Gehäuse ist in ersterem Falle meist flachwandig und aus Gufseisen (Fig. 172), im zweiten gewöhnlich rund und aus Gufseisen, Schmiedeeisen-, Kupfer- oder Messingblech (Fig. 173 u. 174). Die flachen Gehäusewände und die Rohrplatten werden bei gröfseren Kondensatoren durch Rippen oder zwischengesetzte Stützanker gegen Zusammendrücken gesichert.

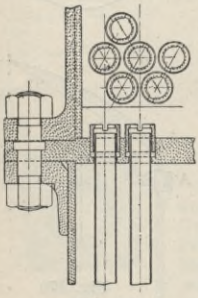


Fig. 171

Der Dampf tritt oben ein und wird durch eine gelochte Stofsplatte gleichmäfsig über die ganze Rohrlänge verteilt. Das auf der äufseren Mantelfläche der Kühlrohre kondensierte Wasser sammelt sich im unteren Teil des Kondensators und gelangt von hier in den Saugraum der Luftpumpe (siehe S. 170). Die Kühlrohre von 16 bis 20 mm äufseren Durchmesser und 0,75 bis 1,5 mm Wandstärke sind aus Messing, nahtlos gezogen und verzinnt oder unverzinnt in die Rohrplatten eingesetzt. Lage der Rohre meist horizontal oder etwas geneigt. Die Dichtung derselben in den metallenen Rohrplatten erfolgt gewöhnlich durch kleine Stopfbüchsen (Fig. 171), mit nach innen vorstehendem Rande, um das Herausschieben der Rohre zu verhindern. Zur Dichtung wird Baumwollschnur verwendet. Mitunter geschieht die Dichtung durch weiche Holzringe, welche in den Zwischenraum zwischen Kühlrohr und Rohrwand stramm eingetrieben sind.

Lange Kühlrohre werden zwischen den Rohrplatten noch durch eine oder mehrere messingene Stützplatten getragen, um das Durchbiegen derselben zu verhindern.

Ungleichmäfsiges Heifswerden ist, besonders bei grofsen Oberflächen-Kondensatoren, möglichst zu verhüten, weil er dann leicht reifsen kann.

Das Kühlwasser fliefst meist durch die Rohre, und zwar gewöhnlich durch die eine Hälfte hin, durch die andere zurück. Es strömt entweder zuerst durch die untere und dann durch die obere Hälfte der Rohre oder umgekehrt. Auf das entstehende Vakuum ist dies ohne merklichen Einflufs, jedoch ist das von der Luftpumpe abgesaugte Kondenswasser im ersten Falle etwas kälter als im zweiten, weil es beim Herabfallen die kältesten Rohre zuletzt passiert.

Um das Rosten der mit dem Kühlwasser in Berührung stehenden gufseisernen, oder Anfressungen der bronzenen Wände möglichst zu verhüten, werden in den Kühlwasserräumen sogenannte Zinkschutzplatten (gegossene oder gewalzte Zinkplatten von ca. 25 mm Stärke) angebracht.

Da die Kühlrohre und das Gehäuse an der vom Dampf berührten Seite durch das Öl, welches zum Schmieren der Schieber und Kolben dient, verunreinigt werden, so wird der Dampfraum von Zeit zu Zeit mit Wasser gefüllt, Soda zugesetzt und dann mittels Dampf ausgekocht, welcher durch ein Brauserohr oder eine Düse im unteren Teil eingelassen wird. Um dem Kondenswasser auch während des Betriebes Soda zur Verseifung des darin enthaltenen Öles zusetzen zu können, ist an geeigneter Stelle des Gehäuses ein kleiner Hahn (Sodahahn) angebracht, durch den mittels eines Schlauches Sodalösung eingesaugt werden kann. Es werden für 1 kg verbrauchten Zylinderöls ca. 0,8 bis 1,2 kg Soda zugesetzt. Zum Reinigen des Kondensators sind an geeigneten Stellen des Gehäuses Mann- bzw. Schlammlöcher vorgesehen. Um Speisewasserverluste zu ersetzen, ist am Kondensator ein kleiner Hahn (Zusatzwasserhahn) mit Saugerohrleitung nach den Speisewasserzellen des Doppelbodens vorgesehen. Seewasser darf, aufser im Notfall, nicht zugesetzt werden.

Aufser dem Abdampf der Hauptmaschine wird während der Fahrt auch der Abdampf aller Hilfsmaschinen, wenn derselbe nicht für den Speisewasservorwärmer gebraucht wird (siehe S. 182), in den Kondensator geleitet, damit kein Speisewasser verloren geht.

Im Hafen ist letzteres nur dann möglich, wenn die Zirkulationspumpe unabhängig von der Maschine aufgestellt oder eine andere, genügend grofse Dampfpumpe vorhanden ist, welche Kühlwasser durch den Kondensator pumpt. Das Kondensationswasser wird entweder nach den Speisewasserzellen geleitet oder wieder in den Kessel gepumpt.

36. Hilfskondensation: wird auf gröfseren Schiffen eingebaut um im Hafen den Abdampf aller Hilfsmaschinen zu kondensieren. Das Kühlwasser wird von einer besonderen Zirkulationspumpe oder einer anderen Dampfpumpe geliefert. (Ballastpumpe etc.)

Das kondensierte Wasser fliefst in einen Sammeltank, aus dem es die Speisepumpe wieder in den Kessel fördert.

Mitunter ist der Hilfskondensator auch mit einer besonderen Luftpumpe ausgerüstet und arbeitet dann mit Vakuum. Luft- und Zirkulationspumpe sind dann meist gekuppelt. (System Blake, Worthington etc.)

Manchesmal können auch Oberflächenvorwärmer oder Evoporatoren bei entsprechender Einrichtung als Hilfskondensatoren verwendet werden (siehe S. 186).

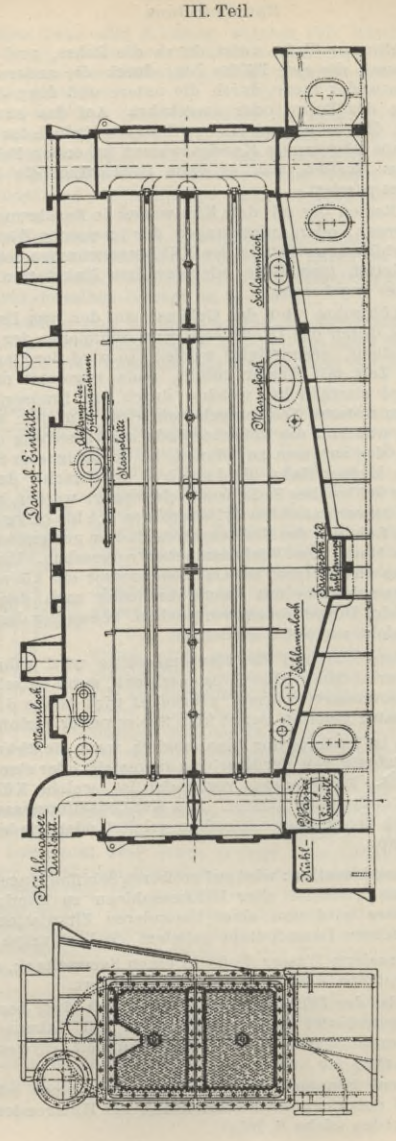

Dampf-Einkitt.
Abdampf-Ein-Spritzschlauch
Messplatte
Wasserloch
Schlammloch
Schlammloch
Wasserloch
Schlammloch
Dickflüssiger Dickkitt.
Dickf-
Kitt

Fig. 172

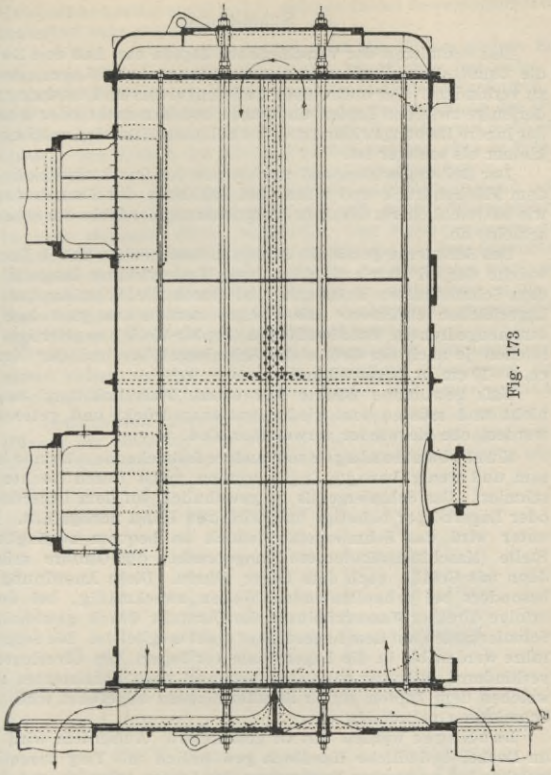


Fig. 173

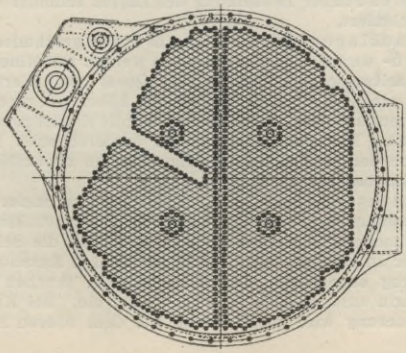


Fig. 174

37. Schmierung.

Das Schmieren der verschiedenen Zapfen etc. hat den Zweck, die unmittelbare Berührung des Zapfen- und das Lagermaterials zu verhindern. Der auftretende Reibungswiderstand ist dann nicht derjenige zwischen Zapfen und Lager, sondern mehr oder weniger der innere Reibungswiderstand des Schmiermaterials, welcher viel kleiner als ersterer ist.

Der Reibungswiderstand wächst mit der Geschwindigkeit und dem Flächendruck und nimmt bei Erhöhung der Temperatur sowie bei reichlicherer Ölzufuhr (Vergrößerung der Dicke der Schmierschicht) ab.

Das Schmieren geschieht in den meisten Fällen durch Dochte, welche das Öl durch Kapillar- und Heberwirkung langsam aus dem Schmierkasten aufsaugen und durch die Schmierrohre den Lagerflächen zuführen. Die Dochte werden aus ganz lose zusammengedrehten Schafwollfäden (Zephir-Wolle) angefertigt und reichen je nach der Größe des Schmiergefäßes und der Ölrohre ca. 5—10 cm in letztere hinein.

Naß gewordene Dochte (bei event. Wasserkühlung) saugen nicht und müssen erst wieder gut ausgedrückt und getrocknet werden, ehe sie wieder verwendbar sind.

Kurbelwellenlager und andere feststehende oder nur langsam und wenig bewegte Lager werden meist durch Dochte geschmiert. Das Schmiergefäß ist gewöhnlich auf dem Lagerdeckel oder Lagerkörper befestigt und wird von Hand nachgefüllt. Mitunter wird das Schmiergefäß jedoch an bequem zugänglicher Stelle (Maschinenständer etc.) angebracht; die Ölrohre müssen dann mit Gefälle nach dem Lager führen. Diese Anordnung ist besonders bei schnellaufenden Wellen zweckmäßig, bei denen infolge direkter Wasserkühlung die Ölzufuhr durch gewöhnliche Schmierkasten auf dem Lagerdeckel nicht möglich ist. Die Schmierrohre werden bis in die Lagerschale verlängert, um Ölverluste zu verhindern. Mitunter wird auch neben Öl noch konsistentes Fett, welches dem Zapfen durch Staufferbüchsen zugeführt wird, zur Schmierung verwendet.

Lauflager werden mit Öl geschmiert. Außerdem wird das im Deckel befindliche Handloch gewöhnlich mit Talg ausgefüllt, welches bei zu starker Erwärmung des Lagers schmilzt und dann reichlich schmiert.

Die Drucklagerbügel werden nur mit Öl geschmiert s. S. 89.

Kolben- und Schieberstangen werden mit Mineralöl und meist nur zeitweise von Hand mittels Quast geschmiert.

Häufig wird das Öl auch von einem höher gelegenen Dochtschmierkasten nach dem in die Stopfbüchsbrille eingelegten Schmierzopf geleitet. Mitunter befindet sich letzterer auch in einem getrennt von der Stopfbüchsbrille angeordneten zweiteiligen Ring, welcher dann besonders gehaltert wird.

Die Exzenter werden bei Kulissensteuerung meist von den an den Exzenterstangen befestigten Dochtschmiergefäßen, welche von Hand nachgefüllt werden, geschmiert. Um die Schmierung nachhaltiger zu machen, wird häufig unter den Exzentern noch ein Blechtrog angebracht. Die Exzenterbügel tauchen dann in das sich darin ansammelnde Öl und Wasser ein. Bei Klug- oder Marshallsteuerung wird meist direkt auf dem oberen Bügel ein

Handschmiergefäfs angebracht, welches in der Bewegungsrichtung genügend lang gemacht wird.

Der Kreuzkopf-Gleitbahn wird das Öl am oberen Ende oder ungefähr in der Mitte des Hubes zugeführt. Das unten ablaufende Öl wird jedoch in einer Tropfschale aufgefangen, in welche ein sogen. Schmierkamm, der am unteren Ende des Gleitschuhes befestigt ist, eintaucht und das Öl wieder mit nach oben nimmt. Die Zinken des Schmierkammes streifen etwa in 0,25 bis 0,5 mm Entfernung von der Gleitbahn über diese hin.

Gewöhnlich wird bei den Kurbel- und Wellenlagern, sowie beim Drucklager der Hauptmaschine die direkte Wasserkühlung in ganz geringem Mafse angestellt. Das Wasser gelangt dann ebenfalls zwischen die Gleitflächen und bildet mit dem zugeführten Öl eine seifenähnliche Schmiere, welche das Schmieren begünstigt. Um jedoch das Anrosten der Zapfen zu verhindern, mufs das Wasser einige Zeit vor dem Anhalten der Maschine abgestellt und reichlich mit Öl allein nachgeschmiert werden.

Wird zuviel Wasser angestellt, dann läuft das Lager event. etwas kälter, es wird jedoch die eigentliche Schmierung beeinträchtigt und die Abnutzung von Zapfen und Lager vergröfsert.

Zentralschmierung. Alle Lager etc., welche während des Ganges der Maschine nur schwer zugänglich sind, oder wo das unmittelbare Anbringen eines Dochtschmiergefäfses nicht tunlich

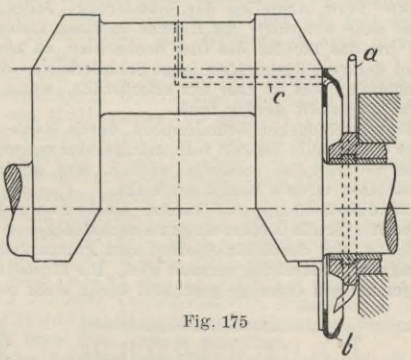


Fig. 175

ist (Kurbel- und Kreuzkopflager, Geradführungen, Pumpenschnallen, Exzenterstangenlager, Kulissenstein etc.), werden gewöhnlich von einer oder mehreren Zentralstellen aus geschmiert. Die von den Zentralschmiergefäfsen ausgehenden Ölrohre führen entweder bis unmittelbar nach den zu schmierenden Teilen oder sie endigen nahe über einer Auffangschale an dem bewegten Maschinenteil, von der das Öl nach der zu schmierenden Fläche geführt wird. Die Auffangschalen werden in der Bewegungsrichtung so lang gemacht, dafs das tropfende Öl mit Sicherheit aufgefangen wird; sie werden durch ein engmaschiges Drahtsieb geschlossen, welches den Öltropfen aufsaugt und das Eindringen von Unreinigkeiten verhindert. Um das freie Herabfallen des Öltropfens in die Auffang-

schale zu vermeiden (besonders bei denjenigen für Kurbel- und Kreuzkopflager), wird mitunter in der unteren Mündung des Ölrohres ein Stück Leder oder Messingkette b festigt, welche bei der höchsten Stellung der Auffangschale das Drahtsieb berührt.

Bei Kurbelzapfen schnellaufender Maschinen ist manchmal Zentral-Ringschmierung vorgesehen (Fig. 175). Das durch *a* zugeführte Öl wird hierbei von einem an der Kurbelwange befestigten Ring *b* aufgenommen und infolge der Zentrifugalkraft durch die Bohrung *c* des Kurbelzapfens an die Lauffläche geführt.

Mitunter wird die sogen. Posaunen-Schmiervorrichtung für Kurbel- und Kreuzkopfzapfen angeordnet. Hierbei wird das aus dem Zentralschmierkasten entnommene Öl durch ineinander verschiebbare Rohre nach den Verbrauchsstellen geleitet. Die Enden der Posaunenrohre sind am Maschinenständer bezw. am oberen Ende der Pleuelstange nach Art der Hahnküken drehbar befestigt. Diese Art der Ölzuführung hat den Nachteil, dafs die Anzahl der bewegten Teile dadurch unnötig vermehrt, die Zugänglichkeit der Maschine beeinträchtigt und das Öl schon in teilweise verbrauchtem Zustande an die zu schmierenden Flächen gelangt.

Die Zentralschmierkasten besitzen für jedes Schmierrohr entweder einen gewöhnlichen Docht oder einen kleinen Hahn bezw. ein Ventil zur Regulierung des Ölabflusses. Häufig sind beide vorgesehen; dann dient das Ventil zur Regulierung, der Hahn zum leichten An- bezw. Abstellen der Schmierung. Jedes Ölleitungsrohr endet nahe unterhalb des Hahnes in einen kleinen Trichter mit Sieb, um das Tropfen des Öles beobachten zu können. Mitunter wird der verhältnismäfsig lange Schmierkasten durch Querwände abgeteilt; dies ist aber nur erforderlich, wenn der Kasten querschiffs aufgestellt werden mufs.

Da die verschiedenen Schmierrohre durch Staub und angetrocknetes Öl im Laufe der Zeit verunreinigt oder verstopft werden, so müssen sie zeitweise gereinigt werden, was am einfachsten durch Ausblasen mittels Dampf geschieht.

Der Zentralschmierapparat Patent Anderson & Blohm (Fig. 176) besitzt für alle Ölrohre ein gemeinschaftliches, zylindrisches Hahnküken *A*, das durch ein Sperrad vom Pumpenbalancier etc. aus in langsame Umdrehung versetzt wird. Die Einstellung der für jedes Lager nötigen Ölmenge geschieht durch mehr oder weniger

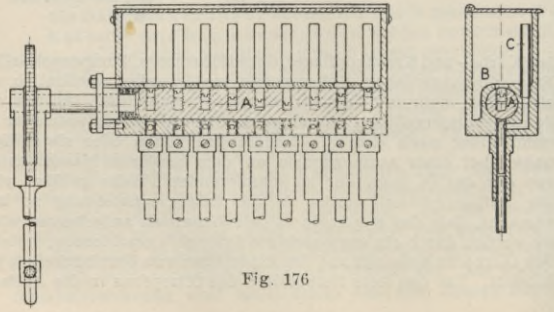


Fig. 176

tiefes Einschrauben der Pfropfen *B*, wodurch die in die Höhlung gelangende Ölmenge vergröfsert oder verkleinert wird. Nach Drehung des Kükens um 180° fliefst dieselbe in das betreffende Ölrohr ab. Die Luftkanäle *C* dienen, wenn nötig, zur Handschmierung. Hauptvorteile: sparsame Schmierung, sicheres Funktionieren, selbsttätige Regulierung je nach der Geschwindigkeit der Maschine, kein Ölverbrauch beim Stillstand derselben.

Bei schnellaufenden Hilfsmaschinen werden vielfach alle bewegten Teile von einem geschlossenen Gehäuse umgeben, welches soweit mit Öl gefüllt wird, dafs die Kurbel bei jeder Umdrehung in dieses eintaucht. Gleitbahn, Kreuzkopf etc. werden durch das herumspritzende Öl geschmiert.

Mitunter wird auch das sich im Kurbelkasten ansammelnde Öl von einer Pumpe abgesaugt und den verschiedenen Lagern wieder zugeführt.

Das Schmieren der inneren Teile der Maschine geschieht meist dadurch, dafs das betr. Schmiermaterial (Mineralöl) unmittelbar hinter dem Manöverierventil dem einströmenden Dampf zugesetzt wird, welcher dasselbe den zu schmierenden Flächen zuführt. Meistens werden auch noch auf den Zylinderdeckeln Schmierhähne für direkte Schmierung angeordnet.

Die innere Schmierung ist nach Möglichkeit einzuschränken, da die Kondensatorrohre durch das sich auf ihnen niederschlagende Fett verunreinigt werden und ihre Wärmeleitungsfähigkeit vermindert wird. Aufserdem gelangt das Fett durch das Speisewasser in die Kessel und verunreinigt auch diese. Siehe Speisewasserreiniger.

Die Zuführung des Öles geschieht entweder durch die erwähnten Schmierhähne oder automatisch durch Schmierpressen.

Bei der sog. Mollerupschen Schmierpresse wird das Öl durch einen mittels Schraubenspindel und Schneckenradgetriebe mit Sperrad bewegten Plunger entweder nur in die Zudampfleitung oder auch durch ein Verteilungsrohrnetz mit Absperrvorrichtungen direkt in alle Schieberkasten gedrückt. Am Zudampfrohr schliefst die Ölleitung des Mollerup-Apparates aus Sicherheitsgründen nur mit einem Rückschlagventil ohne Absperrvorrichtung an. Der Antrieb des Sperrades geschieht meist vom Pumpenbalancier aus.

Bei der nach Patent Müller-Burzlaff von der Maschinenfabrik Stoll & Elschner, Leipzig-Plagwitz, ausgeführten Schmierpresse (Fig. 177) wird das Öl mittels Dampfdruck den inneren Teilen der Maschine bezw. dem Dampfe zugeführt.

Im Zylinder *A* ist der hohle Plunger *B*, welcher im unteren Teil mittels Stulp gedichtet ist, frei verschiebbar. Im oberen Teil des Plungers *B* ist dieser gegen den feststehenden Plunger *C* ebenfalls durch Stulp abgedichtet. Der Hohlraum des Plungers *B*, der mittels Zahnrad *Z* und Handrad *H* bewegt werden kann, dient als Ölbehälter. Am unteren Teil des Zylinders *A* mündet ein Dampfventil *D*, welches mit irgend einem Punkt der Dampfleitung in Verbindung steht, während Ventil *E* zum Ablassen des unter dem Kolben *B* sich ansammelnden Kondenswassers dient.

Der feststehende Plunger *C* ist durchbohrt und trägt oben eine durch Ventil *V* absperrbare Füllschale *F*, sowie ein Rückschlagventil *R*. Von letzterem führt das Ölrohr in die Hauptdampfleitung oder den Hochdruckschieberkasten etc.

Beim Füllen wird erst das Dampfventil *D* geschlossen, dann die Ventile *E* und *V* geöffnet und der Kolben *B* durch das Handrad *H* nach unten gedreht, wobei das oben eingegossene Öl in den Hohlraum des Plungers *B* eingesaugt und gleichzeitig das im Zylinder *A* befindliche Kondenswasser durch das Ventil *E* entleert wird. Dann werden die Ventile *E* und *V* geschlossen und *D* etwas geöffnet. Das im Zuleitungsrohr befindliche Kondenswasser tritt dann unter dem Druck des Dampfes in den Zylinder *A*, hebt den Kolben *B* und treibt das in demselben befindliche Öl durch das Rckschlagventil *R* in die Hauptdampfleitung.

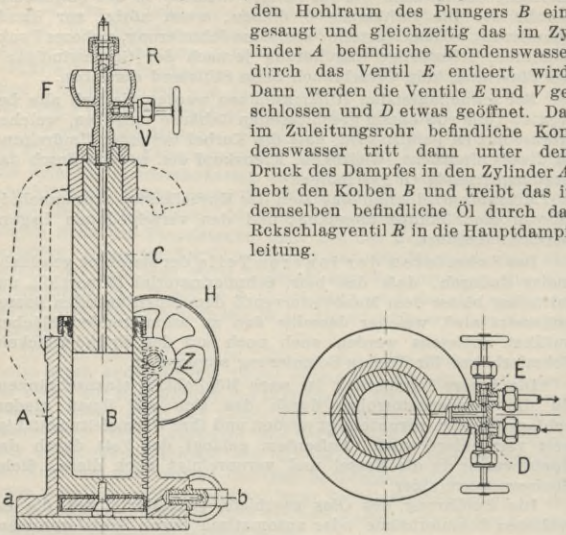


Fig. 177

Die Ölzufuhr läfst sich durch das Ventil *D* leicht regulieren und an einem mit dem Zahnrad *Z* verbundenen Zeigerwerk ablesen.

Der Apparat kann an beliebiger Stelle und unabhängig von der Maschine aufgestellt werden.

Bei Ammoniak-Kühlmaschinen werden die inneren Teile des Kompressors mit sogen. Baku-Öl (wasserfreies Mineralöl) geschmiert. Bei Kohlensäure-Kühlmaschinen verwendet man zu demselben Zweck 30prozentiges Glyzerin.

38. Schmiermittel.

Die hauptsächlichsten Eigenschaften, welche von einem Schmiermittel gefordert werden, sind:

1. Grofse Schmierfähigkeit, d. h. es mufs bei möglichst geringem Verbrauch den Reibungswiderstand der arbeitenden Flächen möglichst verringern.

Die Schmierfähigkeit hängt von der inneren Reibung des Schmiermittels und dessen Flüssigkeitsgrad ab. Die innere Reibung ist um so gröfser, je dickflüssiger das Schmiermittel ist.

Je dünnflüssiger ein Schmiermittel ist, desto geringer ist die Schmierfähigkeit, weil es dann leichter zwischen den Gleitflächen herausgeprefst, die Dicke der Schmierschicht also geringer und der

Reibungswiderstand dadurch gröfser wird. Durch das leichtere Herauspressen des Schmiermittels wird die Gefahr des Warmlaufens vergröfsert.

Je dünnflüssiger das verwendete Schmiermittel ist, desto mehr wird daher im allgemeinen verbraucht.

Je gröfser jedoch der auf die Flächeneinheit kommende Druck und je kleiner die Gleitgeschwindigkeit der arbeitenden Flächen ist, desto dickflüssiger kann das verwendete Schmiermittel sein. Anderseits darf dasselbe aber bei geringem Flächendruck und hoher Gleitgeschwindigkeit nicht so dünnflüssig sein, dafs es zu leicht von den Gleitflächen abgeschleudert wird.

Da durch die entstehende Reibung zwischen zwei Gleitflächen immer Wärme erzeugt wird, so läfst sich nach dem Grade ihrer Erwärmung auf den gröfseren oder geringeren Reibungswiderstand der Gleitflächen schliefsen.

Durch Vermehrung der Ölzufuhr, also Vergröfserung der Dicke der Schmierschicht, wird die Reibungsarbeit verringert, jedoch auf Kosten des Ölverbrauches.

2. Möglichste Unveränderlichkeit. Das Schmieröl soll an der Luft nicht eintrocknen und verharzen. Begünstigt wird dies durch Wärme und Staub. Bei denjenigen Ölen, welche zum Schmieren der Kolben und Schieber verwendet werden, ist es erforderlich, dafs die Entflammungstemperatur bedeutend höher liegt als die Dampftemperatur. Daher darf das Öl bei der Verwendungstemperatur noch nicht verdampfen und brennbare Gase bilden.

3. Säurefreiheit. Pflanzenöle und Tierfette enthalten häufig Schwefelsäure, welche von der damit vorgenommenen Reinigung herrührt und die Gleitflächen angreift.

Mineralöle sind nur sehr selten säurehaltig.

Die in den Fetten und Pflanzenölen enthaltenen oder sich bildenden organischen Säuren sind weniger nachteilig.

Um das Vorhandensein von Mineralsäure im Öl nachzuweisen, schüttelt man eine Quantität desselben mit etwas gekochtem Wasser, in welchem etwas Lackmustinktur gelöst ist, gut durch und läfst das Wasser absetzen.

Ist das Wasser rötlich gefärbt, dann ist das Öl säurehaltig.

4. Vollkommene Reinheit von festen Beimengungen: Staub und Pflanzenfasern bei Pflanzenölen, Koksteilchen bei Mineralölen.

Diese Verunreinigungen erhöhen die Reibung und verursachen Verstopfungen der Schmierapparate. Alle Schmiermittel sind daher so aufzubewahren und die Schmiergefäfse so zu behandeln, dafs Unreinigkeiten etc. davon abgehalten werden.

Da das von den Lagerstellen ablaufende Öl immer abgeriebene Metallteilchen enthält, so ist dasselbe in ungereinigtem Zustande nur für untergeordnete Zwecke wieder verwendbar.

5. Kältebeständigkeit. Das Schmiermittel darf bei derjenigen niedrigsten Temperatur, bei welcher es verwendet werden soll, noch nicht fest sein (abgesehen von konsistentem Fett), damit es durch die Dochte etc. den gleitenden Flächen zugeführt werden kann.

Die gewöhnlich verwendeten Schmiermittel sind:

1. Pflanzenöle.

a) Olivenöl, aus Oliven gewonnen. hat grünlich-gelbe Farbe und trocknet, wenn unverfälscht nicht ein. Schmierfähigkeit gröfser als bei Rüböl.
Spezifisches Gewicht im Mittel 0,92.
Erstarrungspunkt bei ca. 0° C.

b) Rüböl, aus Raps und Rübsamen gewonnen, ist in gereinigtem Zustande hellgelb, wird an der Luft leicht ranzig, ist schwach harzend und besitzt grofse Schmierfähigkeit. Wird häufig mit anderen Pflanzen- oder Mineralölen vermischt.
Spez. Gewicht im Mittel 0,914.
Erstarrungspunkt — 2° bis — 8°.

c) Ricinusöl, rötlich gelbe Farbe, in gereinigtem Zustande farblos, ziemlich dickflüssig und trocknet leichter als Rüböl.
Spez. Gewicht im Mittel 0,965, Erstarrungspunkt ca. — 18°.
Siedepunkt der Öle bei ca. 300—320°.

2. Tierfette.

a) Rinder- oder Hammeltalg, ist in gereinigtem Zustande von weifser Farbe, ziemlich hart und wird nicht leicht ranzig.
Spez. Gewicht im Mittel 0,94.
Schmelzpunkt bei ca. 46°, Siedepunkt ca 300°.

b) Klauen- oder Knochenöl, wird weder ranzig noch trocknet es, ist hellgelb bis wasserhell, ziemlich dünnflüssig und hat starken Geruch.
Wird nur zum Schmieren sehr feiner Mechanismen (z. B. Indikatoren, Uhren etc.) verwendet.

3. Mineralöle. Werden aus Teerölen oder aus dem rohen Erdöl durch Destillieren gewonnen. Ihre Farbe ist hellgelb bis dunkelbraun. Bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten sie nicht und werden auch nicht ranzig. Bei höheren Temperaturen verdampfen sie aber mehr oder weniger, je nach der Höhe ihres Entflammungspunktes.

Die leichter flüssigen Öle besitzen hohe Schmierfähigkeit und werden rein oder mit Pflanzenölen vermischt zur Schmierung der äufseren, die dickflüssigen und schwersiedenden zum Schmieren der im Dampf arbeitenden Teile verwendet.

Spez. Gewicht 0,9 bis 0,92.
Erstarrungspunkt bei ca. —2° bis —15°.
Entflammungspunkt 170° bis 210°.

4. Konsistentes Fett ist eine Seife aus animalischem oder vegetabilischem Fett mit einem Zusatz von Mineralöl. Es hat den Vorteil, dafs es auch bei hohem Flächendruck nicht so leicht zwischen den Gleitflächen herausgeprefst wird wie flüssige Schmiermittel, verursacht jedoch einen gröfseren Reibungswiderstand als diese und läfst feste Beimengungen infolge seiner Undurchsichtigkeit nicht erkennen.

Da es bei gewöhnlicher Temperatur nicht fliefst, so mufs es zwischen die Gleitflächen geprefst werden, was durch sog. Staufferbüchsen geschieht. Es wird meist nicht allein, sondern als Zusatz neben der Ölschmierung benutzt.

5. Graphit wird mitunter als Zusatz zum Schmieröl beim Schmieren der Lager oder der im Dampf arbeitenden Teile benutzt.

Zu diesem Zweck mufs er jedoch vollkommen frei von festen Beimengungen sein (Flockengraphit).

Viktoria-Caloricit, ein Gemisch aus Mineralöl, Graphit etc. wird zum Schmieren warmlaufender Lager, Kolbenstangen etc. benutzt.

39. Verbrauch an Schmiermaterial.

Derselbe beträgt unter normalen Verhältnissen per Stunde und je 1000 PS_i ungefähr:

Schmieröl ca. 0,6 bis 1,0 kg. Zylinderöl bis ca. 0,06 kg.

40. Kühlung.

Diese hat den Zweck, die in den verschiedenen Lagern durch die Reibung immer entwickelte Wärme an das zugeführte Kühlwasser abzuleiten und das Entstehen einer zu hohen, für das Material der Lager und Zapfen gefährlichen Temperatur zu verhüten oder bei erfolgtem Warmlaufen eines Lagers dieses wieder auf die normale Temperatur zu bringen.

Lager, bei denen unter gewöhnlichen Verhältnissen die entwickelte Wärme nur gering ist oder die sich in der umgebenden Luft durch Hin- und Herbewegen gut kühlen, erhalten meist keine besonderen Kühlvorrichtungen, z. B. Lager der Steuerungsteile, Pumpen u. dgl.

Solche Lager hingegen, bei denen die Reibungsarbeit bedeutender und daher auch die in der Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge gröfser ist (grofser Flächendruck und grofse Gleitgeschwindigkeit), wodurch unter Umständen die Temperatur sehr rasch eine für die Gleitfläche gefährliche Höhe erreichen kann, werden der Vorsicht halber entweder fortwährend gekühlt oder wenigstens mit entsprechenden Vorrichtungen versehen, um sie jederzeit durch Wasser kühlen zu können, z. B. Kurbel- und Kreuzkopflager, Wellenlager und Geradführungen.

Man unterscheidet direkte und indirekte Kühlung.

Bei direkter Kühlung wird das Kühlwasser unmittelbar auf die Lager oder Gleitflächen geleitet. Dies geschieht durch geeignet angebrachte Rohre, die mitunter gelenkig sind und vom Hauptrohr der Kühlleitung abzweigen. Kurbel- und Kreuzkopfzapfen sowie Exzenter werden ausschliefslich direkt gekühlt.

Bei indirekter Kühlung wird das Kühlwasser durch die bei gröfseren Lagerschalen usw. vorhandenen Hohlräume geleitet. In dieser Weise werden die Wellenlager, Geradführungen und Druckbügel bei gröfseren Maschinen gekühlt.

Das Kühlwasser wird für die unter der Wasserlinie des Schiffes liegenden Teile meist dem Druckrohr der Zirkulationspumpe, für die über derselben liegenden Teile, z. B. Kreuzköpfe und Geradführungen, der Druckleitung der Spülpumpe entnommen.

In das Hauptrohr der Kühlleitung wird häufig ein Schlammkasten eingeschaltet, der den Zweck hat, Unreinigkeiten, welche die kleinen Rohre und Austrittsöffnungen verstopfen könnten, fernzuhalten.

Das verbrauchte Kühlwasser fliefst bei direkter Kühlung in die Bilge; bei indirekter Kühlung fliefst es entweder ebenfalls in die Bilge ab, oder es wird durch eine Rohrleitung in das Saugrohr der Zirkulationspumpe oder der Spülpumpe geleitet.

Gewöhnlich werden am Hauptrohr der Kühlleitung oder am Druckrohr der Spülpumpen noch ein oder mehrere Hähne für Schlauchanschlufs vorgesehen, um im Notfall auch mittels Schlauch kühlen zu können.

41. Instandhaltungsarbeiten an den Maschinen.

Instandhaltungsarbeiten an der Maschine sollen die Beseitigung aller Fehler zum Ziel haben, welche ein korrektes Arbeiten im Betriebe stören. Ein Kurbelgestänge arbeitet dann korrekt, wenn die Kolbenstange unter dem Einflufs der Dampfkräfte ihre Achse stets beibehält. Zylinderwandungen und Kolbenstangen sollen glatte, spiegelnde Flächen ohne Riefen zeigen, also darf weder der Kolbenkörper die Zylinderwandungen unter Druck streifen, noch darf die Kolbenstange seitlich auf die Packung drücken.

Sämtliche auftretenden Fehler verursachen ein Schiefstellen der Gestängeteile.

1. Die Kurbelwelle hat je nach Anzahl der Kurbeln eine gröfsere Anzahl von Traglagern, welche sich ausnahmslos ungleichmäfsig abnützen. Jede ungleichmäfsige Abnützung bedingt ein Schiefliegen der Kurbelwelle und damit ein Schiefstellen der Gestänge. Deshalb ist beim Einschaben der Kurbelwelle bei Überholungsarbeiten darauf Rücksicht zu nehmen, dafs die Welle wieder parallel zu ihrer ursprünglichen Lage zu liegen kommt. Die Abnützung wird konstatiert durch das Mafs von Okerkante Lagerstuhl bis Wellenscheitel (Fig. 122). Die Weifsmetallgarnitur eines Lagers ist zu erneuern, bevor der Zapfen auf dem Gufseisen, Stahl, oder der Bronze des Lagerkörpers läuft. Aufserdem ist zu beachten, dafs, da die Kurbelwelle von den Druckringen gehalten ist, jede Erwärmung der Welle eine Verlängerung verursacht. Derselben mufs Rechnung getragen werden durch entsprechende Lose zwischen Kurbelwangen und Kurbelwellenlager.

2 Der Kurbelzapfen ist nicht parallel zur Wellenachse (Fabrikationsfehler). Pleuelstange und Kolbenstange, welche infolge des Dampfdruckes bestrebt sind, senkrecht zum Kurbelzapfen zu stehen, nehmen dann eine von der Zylinderachse abweichende schiefe Lage ein, und zwar im oberen Totpunkt entgegengesetzt wie im unteren Totpunkt. Da jedoch die Kolbenstange in der Stopfbüchse festgehalten ist, so müssen sich Kurbelzapfenlager, Kreuzkopfgleitschuh und Dampfkolben seitlich frei bewegen können, damit ein Schiefstellen möglich ist, ohne dafs hierbei seitliche bedeutende Drucke auftreten.

Es mufs also von vornherein an folgenden Stellen Spielraum gegeben werden: zwischen Kurbelzapfenlager und den Kurbelwangen, Kreuzkopfgleitschuh und etwaigen seitlichen Führungen, Dampfkolbenkörper und Zylinderbohrung.

3. Die Zylinderachse ist nicht genau parallel zur Gleitbahn; der Kolbenkörper streift dann in der oberen oder unteren Hälfte die Zylinderwandungen.

4. Die Kolbenstange ist nicht genau parallel zur Fläche des Gleitschuhes; dann treten in der Stopfbüchse horizontale Kräfte auf, welche bemüht sind, die Kolbenstange zu verbiegen; sowohl die Kolbenstange als auch die Packung zeigen übermäfsige Abnützung. (Wird vermieden bei der Philadelphiapackung.) Die-

selben Folgen zeigen sich, wenn die Kolbenstange infolge ungleichmäfsiger Erwärmung krumm geworden ist.

Aus vorstehenden Gründen ist bei Überholungsarbeiten an folgenden Stellen Spielraum zu geben:

1. Wellenzapfen im Wellenlager (Fig. 178). Gröfse des Spielraumes zwischen Lager und Wange $\Delta \geqq 3$ mm, bei grofsen, mehrkurbeligen Maschinen bis 10 mm; zur Bildung einer Ölschicht ist zwischen Zapfen und Lagerschale mindestens $\delta \geqq 0{,}10$ mm pro 100 mm Zapfendurchmesser zu geben. Seitlich sind die Lager freizuschaben, damit sie bei Erwärmung des Zapfens nicht kneifen.

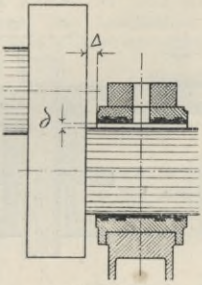


Fig. 178

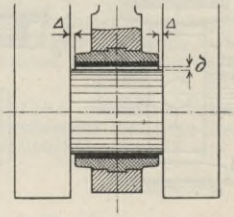


Fig. 179

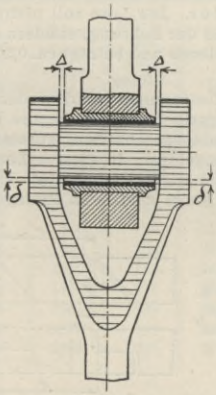


Fig. 180

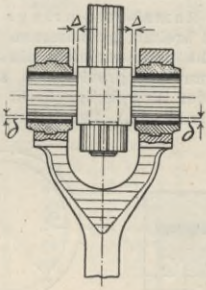


Fig. 181

2. Kurbelzapfen im Pleuelstangenlager (Fig. 179) wie vorstehend.

3. Zwischen Kreuzkopfkörper und Lager (Fig. 180 und 181) so wenig wie möglich Spielraum, $\Delta \geqq 0{,}1$ bis 0,5 mm, zwischen Zapfen und Lager $\delta = 0{,}1$ mm pro 100 mm Zapfendurchmesser. Ausführung nach Figur 181 ist im allgemeinen vor derjenigen Figur 180 vorzuziehen, da die aufsenliegenden Lager leichtes Nachfühlen und Nachpassen gestatten.

4. Kreuzkopf-Gleitschuhe erhalten zwischen Vorwärts- und Rückwärtsgleitbahn $\delta = 0{,}2 \div 0{,}3$ mm Spiel (Fig. 182 u. 183) im warmen Zustand gemessen. Seitliches Spiel Δ bis 3 mm auf jeder Seite. Die Lose δ wird hergestellt durch Einlegen von dünnen Hartmessingblechstreifen.

5. Zwischen Kolbenstange und Grundbüchse (Fig. 184) bzw. Brille $\Delta = 2$ mm auf 100 mm Durchmesser. Bei Katzenstein-Packung usw. erhalten die Treiberringe mindestens 1 mm Luft.

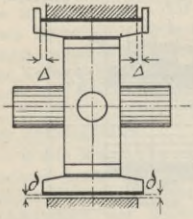


Fig. 182

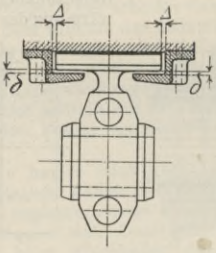


Fig. 183

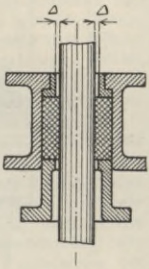


Fig. 184

6. Kolbenkörper im Zylinder. Die Lose soll nicht nur Rücksicht nehmen auf das Unrundsein der Bohrung, sondern auch auf die seitlichen Bewegungen des Kolbens und beträgt ca. 0,20 mm pro 100 mm Kolbendurchmesser.

7. Ramsbottomringe sind selbstspannend und werden von einem breiten, gufseisernen Ring abgestochen, mit Zugabe übergedreht und, nachdem ein Stück herausgeschnitten, zusammengespannt und provisorisch zusammengelötet; in diesem Zustand wird der Ring fertiggedreht und dann wieder aufgelötet. (Siehe Tabelle No. 22.) Derart hergestellte Ringe sind beim Einlegen in

Fig. 185

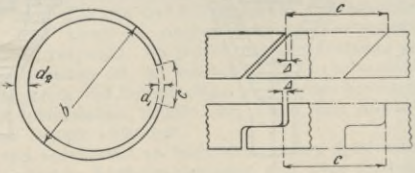


Fig. 186

die Zylinderbohrung allseitig gespannt und genau rund. Beide Enden müssen auch im Zylinder einen Spielraum $\Delta = 1 \div 3$ mm besitzen (Fig. 186). Die Ramsbottomringe sind auszuwechseln, wenn sie keine Spannung mehr besitzen oder in den Rillen zu lose geworden sind.

Für Zylinderbohrungen kleiner als 180 mm Durchmesser werden zweckmäfsig gufseiserne Dichtungsringe mit dahinter gelegtem

Spannring angewendet (da Ramsbottomringe sich beim Überziehen über den Kolben verbiegen).

Überlaufen der Kolbenringe vermeidet Ansatzbildung, darf jedoch nur 1 bis 4 mm betragen, da die Ringe sonst im TP. durch den Dampfdruck zusammengedrückt werden und schlagen. Beim Feststellen der Kolbenluft ist zu beachten, dafs der unterste Kolbenring nicht in die Freibohrung des Zylinders springt.

8. Exzenter und Exzenterbügel (Fig. 185) erhalten zwischen den Laufflächen zur Bildung einer Ölschicht 0,1 mm pro 150 mm Exzenterdurchmesser, seitlich bei Fig. 185: $\Delta = 1$ bis 4 mm Luft.

9. Druckringe. Der Spielraum zwischen Druckring und Drucklagerbügel von $\Delta \geqq 0{,}2$ mm kann durch Abnützung beliebig gröfser werden. Sämtliche Ringe müssen jedoch gleichviel Lose besitzen.

10. Schwanzwelle im Wellenrohr. Bei Pockholzbüchsen $\delta \geqq 0{,}4$ mm pro 100 mm Wellendurchmesser (bei gequollenem Pockholz gemessen), bei Weifsmetallbüchsen $\delta \geqq 0{,}3$ mm pro 100 mm Wellendurchmesser.

Tabelle Nr. 22. Ramsbottomringe.

Zylinderbohrung a	Ringdmtr. ungespannt b	Länge des Ausschnittes c	Stärke des Ringes d_1 bzw. d_2		Höhe des Ringes h	Anzahl der Ringe	Einschnitt in den Kolben
300	315	52	12	14	17 bis 20	2 bis 3	17
400	420	65	14	16	18 bis 20	2 bis 3	19
600	625	80	18	20	20 bis 25	2 bis 3	23
800	830	96	21	25	20 bis 25	3 bis 4	28
1000	1040	128	23	30	20 bis 25	3 bis 4	33
1200	1250	160	24	34	25	3 bis 4	37
1400	1455	176	25	37	25	3 bis 4	40
1600	1665	207	26	40	25	3 bis 4	43
1800	1875	239	26	41	26	3 bis 4	44
2000	2080	255	26	42	26	3 bis 4	45

11. Zwecks Konservierung der Maschinen sind alle laufenden Teile einer Maschine aufzunehmen, auszutrockuen (indirekt gekühlte Teile sind durch Ablassen des Wassers zu entleeren) und nach Einfetten mit gutem wasserfreien Öl wieder zusammenzubauen. Schmierkasten und Schmiertrichter sind von Öl zu reinigen, mit Deckel zu verschliefsen und die Schmierrohre mit Dampf durchzublasen. Packungen sind aus den Stopfbüchsen herauszunehmen. Die Maschine ist mittels der Drehvorrichtung täglich zu drehen.

Dampfturbinen.

I. Allgemeines.

Dampf, welcher durch eine Öffnung (Düse, Leitkanal) in Form eines Dampfstrahles aus einem Raum höherer Spannung in einen Raum niederer Spannung überströmt, ist imstande, die ihm infolge seiner grofsen Geschwindigkeit innewohnende lebendige Kraft zum gröfsten Teil abzugeben, wenn man ihn durch geeignet gekrümmte Flächen aus seiner Richtung ablenkt. Die Geschwindigkeit des Dampfstrahles ist abhängig von dem Spannungsunterschied vor und hinter der Düse.

Beispiel: Bei einem Dampfdruck vor der Düse von $p =$ 10 kg/qcm abs. ergeben sich für einen Gegendruck p_1 kg/qcm abs. hinter der Düse, von etwaigen Verlusten abgesehen, folgende Geschwindigkeiten:

Gegendruck kg/qcm abs.	9	8	6	4	2	1	0,5	0,1
Dampfgeschw. Meter per Sek.	193	280	446	568	745	863	976	1165

Die feststehenden Schaufelkränze, in welchen der Dampf Richtung und Geschwindigkeit annimmt, heifsen Leitkränze (Fig. 187), die rotierenden, welche den Dampfstrahl ablenken und ihm lebendige Kraft entziehen, heifsen Laufkränze. Der Dampf tritt aus dem Leitrad mit einer Geschwindigkeit c_1 (absolute Eintrittsgeschwindigkeit) in das Laufrad ein. Die Zerlegung von c_1 in Richtung der Laufrad bewegung und in Richtung der Schaufel ergibt bei stofsfreiem Eintritt die Umfangsgeschwindigkeit u der Schaufeln und die Relativgeschwindigkeit w_1, mit welcher der Dampf an den Schaufeln entlang gleitet. Im Laufrad wird der Dampfstrahl etwa die gekrümmte Bahn AB zurücklegen und bei B mit der absoluten Austrittsgeschwindigkeit c_2 aus dem Laufrad austreten, welche die Resultierende aus der Umfangsgeschwindigkeit u und der relativen Geschwindigkeit w_2 ist.

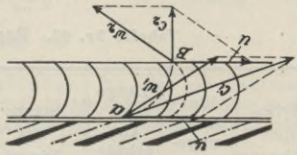


Fig. 187.

Strömen per Sekunde G kg Dampf durch das Laufrad, dann beträgt die sekundlich an das Laufrad abgegebene Arbeitsleistung:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot \left(c_1^2 - c_2^2\right) \text{ mkg.}$$

Arbeitsverluste. In der Turbine treten eine Reihe von Verlusten auf, welche von der Dampfarbeit abzuziehen sind, ehe man die von der Welle nach aufsen abgegebene Arbeitsleistung erhält:

a) Reibungsverluste des Dampfes im Leitrad und Laufrad; dieselben nehmen bei grofsen Relativgeschwindigkeiten bedeutende Werte an.

b) Verluste durch Reibung zwischen Dampf und den rotierenden Laufscheiben bzw. Laufwalzen.

c) Bei partiell beaufschlagten Laufrädern die ventilatorische Wirkung der nicht beaufschlagten Schaufeln.

d) Undichtigkeitsverluste infolge des Spaltes zwischen Laufapparat und Gehäuse.

e) Die Lagerreibung.

Ausbalancierung. Tadelloses Arbeiten der Dampfturbinen bedingt, dafs der Laufapparat gut ausbalanciert ist, d. h. der Schwerpunkt soll genau in der Drehachse liegen, da infolge der hohen Umdrehungszahlen auch bei der kleinsten Exzentrizität des Schwerpunktes sehr grofse Zentrifugalkräfte auftreten, welche ähnlich wie die Massenkräfte bei Kolbenmaschinen Vibrationen des Schiffskörpers hervorrufen. Wenn z. B. bei einem Laufapparat von 2000 kg Gewicht und 1200 Touren per Minute die Exzentrizität des Schwerpunktes 0,25 mm beträgt, dann wird die Zentrifugalkraft

$$C = 0{,}00112 \cdot G \cdot r \cdot n^2 = 0{,}001120 \cdot 2000 \cdot 0{,}00025 \cdot 1200^2 = 806 \text{ kg.}$$

De Laval setzt das Laufrad auf eine dünne, biegsame Welle, sodafs sich der Schwerpunkt von selbst in die Rotationsachse einstellt.

Je nachdem die Turbinen den Druckunterschied ausnützen, unterscheidet man:

1. Aktionsturbinen (Freistrahlturbinen). Vor und hinter dem Laufrad herrschen gleiche Dampfdrücke; deshalb können Aktionsturbinen »partiell« beaufschlagt werden, d. h. nur auf einem Teil des Umfanges. Der Dampf erhält in den Leitschaufeln die volle Geschwindigkeit, welche dem vorhandenen Druckunterschied entspricht. Die Relativgeschwindigkeit im Laufschaufelkanal ändert sich nicht: $w_1 = w_2$.

2. Reaktionsturbinen (Überdruckturbinen). Vor dem Laufrad herrscht höherer Dampfdruck als hinter demselben. Reaktionsturbinen müssen deshalb immer voll beaufschlagt werden. Ein Teil des vorhandenen Druckunterschiedes wird erst im Laufrad in Geschwindigkeit umgesetzt. Die Relativgeschwindigkeit am Austritt aus dem Laufrad ist gröfser als am Eintritt.

2. Turbinensysteme.

a) **Einstufige Turbinen:**

Die **Turbine von de Laval** ist eine einstufige Aktionsturbine, welche das ganze Druckgefälle zwischen Kessel- und Kondensatorspannung in einem Laufrade ausnutzt. Der Dampf expandiert in den Düsen von Kesseldruck auf Kondensatordruck und erreicht dabei eine Eintrittsgeschwindigkeit in das Laufrad von $C_1 = 800$ bis 1000 m. Umfangsgeschwindigkeit u bis 400 m. Bei dem verhältnismäfsig kleinen Laufraddurchmesser (bis höchstens 500 mm) ergeben sich dann 10000 bis 30000 Umdrehungen pro Minute, welche durch Stirnradvorgelege mit Übersetzung von ca. 1 : 10 auf brauchbare Werte reduziert werden.

Die de Laval-Turbine wird nicht zur Fortbewegung von Schiffen benutzt, wohl aber vorteilhaft zum Antrieb dynamoelektrischer Maschinen bis zu 300 PS.

b) **Mehrstufige Turbinen:**

Um die Umdrehungszahlen der Turbinen zu reduzieren, hat man das ganze Druckgefälle zwischen Kessel und Kondensator in eine grofse Anzahl (ca. 40 bis 100) von Teilgefällen (Druckstufen von 0,1 bis 0,4 Atm.) zerlegt, entsprechend den in Fig. 190 schraffierten horizontalen Streifen. Jede dieser Teilleistungen wird in einem Leitrad und zugehörigen Laufrad ausgenützt.

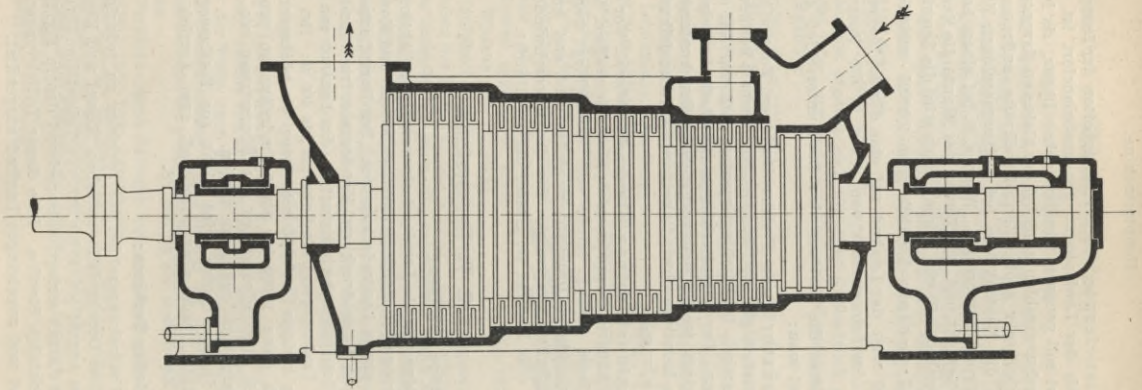


Fig. 188

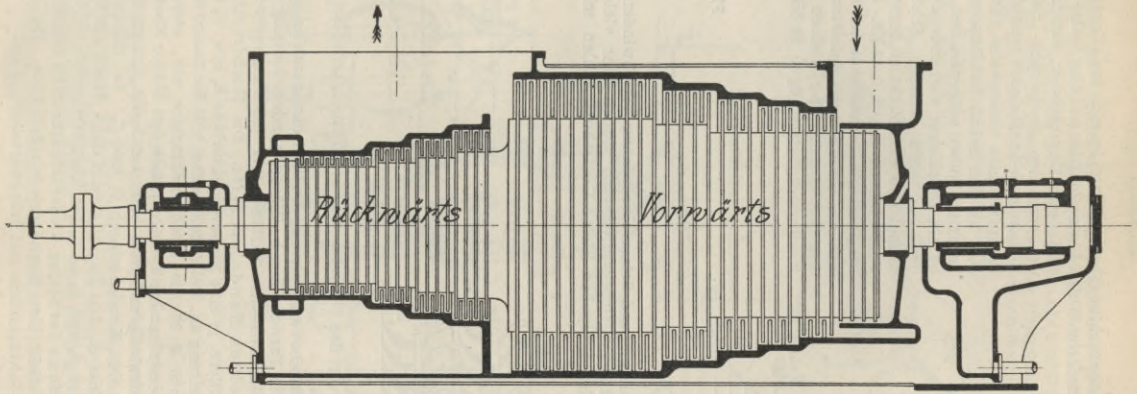


Fig. 189

c) Die **Parsonsturbine** (Fig. 188 u. 189) ist eine Reaktionsturbine, bei welcher sämtliche Stufen hintereinander auf eine Walze gesetzt sind, deren Durchmesser, entsprechend dem von den Hochdruck- nach den Niederdruck-Laufkränzen zunehmenden Dampfvolumen stufenweise zunehmen. Den axialen Schub hat Parsons durch Labyrinthkolben aufgenommen, jedoch ist ein Drucklager vorhanden, welches den restlichen axialen Schub aufnimmt und die Laufwalze gegen axiale Verschiebung genau festhält. Parsonsturbinen arbeiten stets voll beaufschlagt und mit sehr kleinen Spielräumen am Umfang. Infolge der kleinen Dampfgeschwindigkeiten (C_1 = 80 bis 150 m)

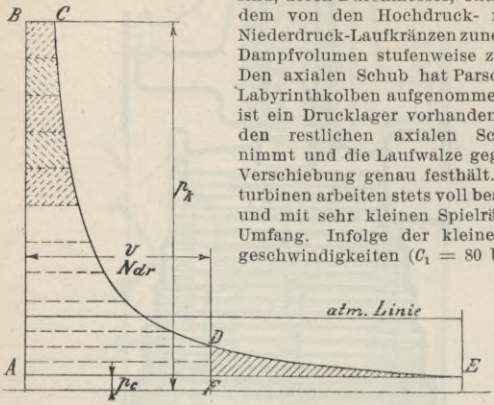


Fig. 190

sind Dampfreibung und Schaufelabnutzung verschwindend klein. Wegen der kleinen Druckstufen sind jedoch sehr viele Stufen notwendig, daher ergeben kleine Umdrehungszahlen sehr lange Turbinen.

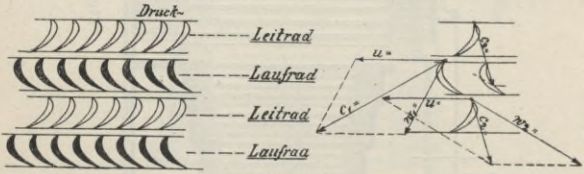


Fig. 191

Fig. 191 zeigt den Schaufel- und Geschwindigkeitsplan für eine Parsonsturbine.

Eine erhebliche Verminderung der Umdrehungszahlen im Schiffsbetrieb erhält Parsons durch Hintereinanderschaltung der auf mehreren Wellen sitzenden Turbinen (Fig. 192): Anordnung der Turbinen eines Handelsschiffs. Die Hochdruckturbine H treibt die mittlere, je eine Niederdruckturbine N_1 bzw. N_2 eine seitliche Wellenleitung an. Bei Vorwärtsfahrt tritt der Dampf durch das Manövrierventil M in die Hochdruckturbine ein, strömt dann durch die Überströmrohre U_1 und U_2 nach den beiden Niederdruckturbinen N_1 und N_2 und von hier durch die Exhaustbögen E_1 und E_2 nach den Kondensatoren C_1 und C_2. Bei Rückwärtsfahrt ist M geschlossen. Der Dampf strömt dann durch die Ventile M_r und die Rohre R_1 und R_2 nach den Rückwärtsturbinen, welche in die Exhausträume der beiden Niederdruckturbinen eingebaut sind.

Fig. 188 stellt eine Hochdruck-Schiffsturbine, Fig. 189 eine Niederdruck-Schiffsturbine mit Rückwärtsturbine dar.

Um auch bei reduzierter Maschinenleistung guten Dampfverbrauch zu erzielen, werden bei Kriegsschiffen den Hochdruckhauptturbinen besondere kleinere sog. Marschturbinen vorgeschaltet, so dafs der Dampf nacheinander Marschturbine, Hochdruckturbine und Niederdruckturbine durchströmen mufs.

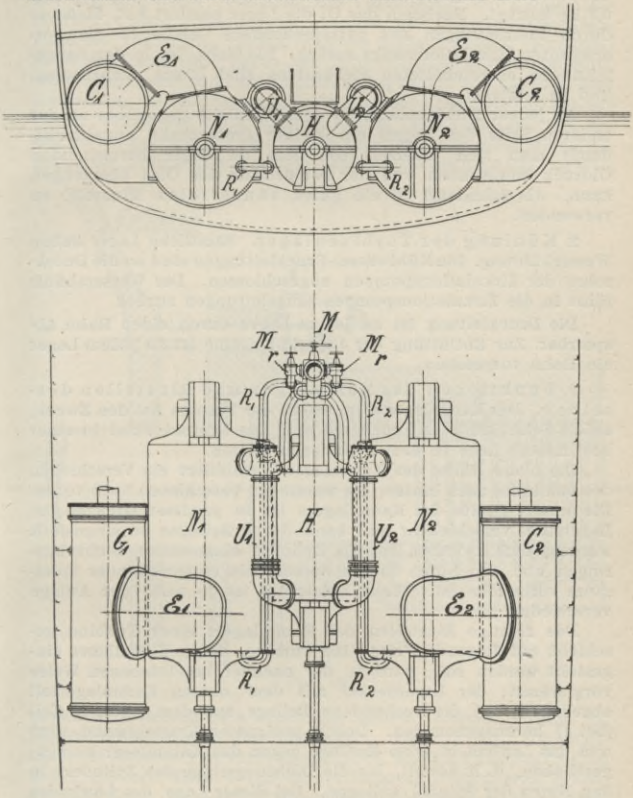


Fig. 192

Betriebsvorschriften
für eine normale (3wellige) Dampfturbinenanlage.*)

1. Schmierung der Turbinenlager. Die Schmierung der Turbinenlager wird durch zwei Ölpumpen bewirkt, von denen die eine Pumpe als Reserve dienen soll. Diese Ölpumpen saugen das

*) Abdruck mit Genehmigung der »Turbinia«, Deutsche Parsons-Marine-A.-G., Berlin.

Öl aus zwei im Maschinenraum hintereinanderliegenden und unter sich verbundenen Zirkulationstanks und drücken es durch eine gemeinsame Rohrleitung in sämtliche Lager der Turbinen. Der Gang der Pumpen ist so einzustellen, dafs der Öldruck an den vorderen Lagern nicht weniger als 0,1 und nicht mehr als 0,3 kg beträgt. Nachdem das Öl die Lager passiert hat, fliefst es durch Rohrleitungen mit entsprechendem Gefälle in die vorerwähnten Zirkulationstanks zurück. Die Siebe des in den Saugeleitungen eingeschalteten Siebkastens sind öfters nachzusehen und zu reinigen.

An jedem Turbinenlager ist dem Öleintritt gegenüber an der anderen Seite des Lagers ein kleiner Probierhahn angebracht, damit man sich jederzeit von dem im Lager herrschenden Öldruck sowie auch von der Temperatur des Öles überzeugen kann. Als Schmieröl ist ein gutes, säurefreies Mineralöl zu verwenden.

2. Kühlung der Turbinenlager. Sämtliche Lager haben Wasserkühlung. Die Kühlwasser-Druckleitungen sind an die Druckrohre der Zirkulationspumpen angeschlossen. Der Wasserabflufs führt in die Zirkulationspumpen-Saugeleitungen zurück.

Die Druckleitung ist an jedem Lager durch einen Hahn absperrbar. Zur Entlüftung der Lagerkühlräume ist an jedem Lager ein Hahn vorgesehen.

3. Funktionen der Kammlager und Einstellen derselben. Das Kammlager (Fig. 193) in der Turbine hat den Zweck, axiale Schubkräfte aufzunehmen und das Laufrad axial in einer bestimmten Lage zu dem Zylinder zu halten.

Die obere Hälfte des Kammlagers verhindert ein Verschieben des Laufrades nach hinten, die untere ein Verschieben nach vorne. Die untere Hälfte des Kammlagers ist in gewissen Grenzen im Lagerstuhl verschiebbar und kann durch Beilagen so eingestellt werden, dafs zwischen den im Zylinder eingesetzten Dichtungsringen und den Nuten in der Spindel ein entsprechender Spielraum vorhanden ist. Dieser Spielraum ist je nach der Anlage verschieden.

Das richtige Einstellen des Kammlagers einer Turbine geschieht auf folgende Weise: Die Turbine, deren Kammlager eingestellt werden soll, wird in der nachher beschriebenen Weise vorgewärmt, der Lagerdeckel mit dem oberen Kammlagerteil abgehoben und die vorhandene Beilage aus dem unteren Teil (bei *A*) herausgenommen. Durch geeigneten Kraftaufwand wird nun das Laufrad in seine Endlage gegen das Kammlager zurückgeschoben, d. h. soweit, bis die Dichtungsringe des Zylinders in den Nuten der Spindel anliegen. Bei dieser Lage des Laufrades wird die Breite des Spaltes bei *A* gemessen. Diese Breite verglichen mit der Stärke der herausgenommenen Beilage mufs bei richtiger Einstellung des Kammlagers folgendes Resultat ergeben: Gemessene Breite des Spaltes plus dem erforderlichen Spielraum mufs gleich der Stärke der Beilage sein.

Mit dem Einlegen der richtig bemessenen Beilage ist der untere Teil des Kammlagers eingestellt.

Die obere Hälfte des Kammlagers ist mit dem Lagerdeckel mit Beilagen fest verbunden und wird mit diesem Deckel gemeinsam durch eine Stellschraube *B*, welche gegen den Zylinderboden

ruht, eingestellt. Der Lagerdeckel ist mit ovalen Schraubenlöchern versehen, die ein Verschieben desselben in axialer Richtung zulassen.

Das richtige Einstellen des Kammlageroberteiles geschieht auf folgende Weise: Nachdem der Lagerdeckel mit Kammlageroberteil wieder aufgelegt ist, werden die Befestigungsmuttern handfest angezogen. Indem nun die Stellschraube *B* vermittelst eines Schlüssels fest gegen den Zylinderboden geschraubt wird, wird Lagerdeckel und Laufrad gleichzeitig in ihre Endlage nach dem Kammlager zu zurückgezogen. Dies Zurückziehen wird erleichtert durch Drehen der Welle. Hierbei werden die Kammlagerringe des Oberteiles gegen die Ringe der Laufradwelle und diese wiederum gegen die Kammlagerringe des Lagerunterteiles gepreſst, so daſs

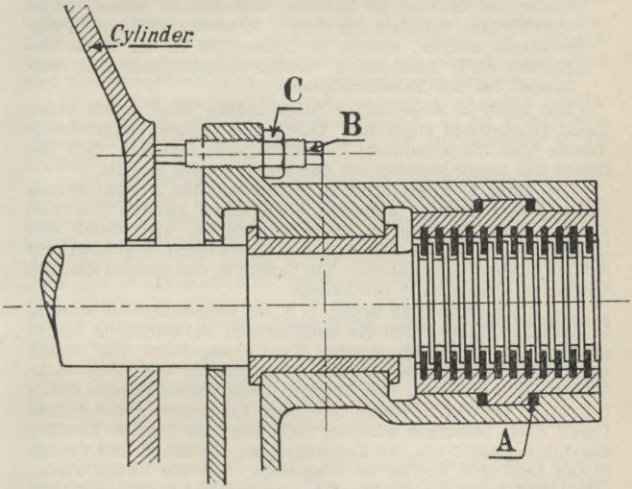


Fig 193

zwischen denselben kein Spielraum besteht. Alsdann werden die Lagerdeckelschrauben fest angezogen. Danach wird die Stellschraube *B* um so viel zurückgeschraubt, als das Kammlager Spiel haben soll und dann durch die vorhandene Gegenmutter *C* festgesetzt. Jetzt werden die Lagerdeckelschrauben wieder gelöst und der Deckel durch einen leichten Schlag mit dem Hammer gegen den Zylinderboden zurückgeschlagen, bis die Stellschraube *B* fest gegen den Zylinderboden ruht. Dann wird der Lagerdeckel wieder endgültig festgeschraubt.

Die Kammlager müssen anfangs in Zwischenräumen von ca. 500 Betriebsstunden revidiert werden, so lange, bis der Betrieb zeigt, daſs diese Revision erst in gröſseren Abschnitten zu erfolgen braucht.

4. Zylinderstopfbüchsen. Die Wellenaustritte aus den Turbinenzylindern sind durch Labyrinthstopfbüchsen, bei denen

kein metallischer Kontakt vorhanden ist, gegen die Atmosphäre abgedichtet. Diese Stopfbüchsen befinden sich jeweils unter einem Druck, welcher der Endspannung in dem Zylinder gleich ist.

Die Stopfbüchsen können in zwei Systeme eingeteilt werden:

a) In solche, die entweder gegen einen geringeren inneren Überdruck (bis ca. 1,2 Atm.) oder gegen den Druck der äufseren Atmosphäre (wenn im Zylinder Vakuum besteht) abdichten sollen. Diese Stopfbüchsen haben lose Ringe, welche in Nuten, die in der Welle eingedreht sind, lagern. Solche Stopfbüchsen sind vorhanden bei den Hochdruck- und Niederdruck-Hauptturbinen.

b) In solche, die entweder gegen einen höheren inneren Überdruck (bis 5 Atm.) oder gegen den Druck der äufseren Atmosphäre (bei Vakuum im Zylinder) abzudichten haben. Diese Stopfbüchsen bestehen aus festen, in besondere Büchsen eingesetzten Ringen, welche in Nuten, die in der Welle eingedreht sind, hineinragen. Solche Stopfbüchsen sind vorhanden bei den Marschturbinen.

Den unter a) angeführten Stopfbüchsen wird durch einen Kanal Frischdampf zugeführt. Durch entsprechend angeordnete Ventile wird die zugeführte Dampfmenge so reguliert, dafs der Dampf nur wenig sichtbar aus den Stopfbüchsen austritt.

Die unter b) angeführten Stopfbüchsen der Marschturbinen haben aufser diesem (äufseren) noch einen zweiten (inneren) Kanal. Wenn Vakuum im Zylinder herrscht, wird durch den äufseren Kanal diesen Stopfbüchsen Frischdampf zugeführt wie bei den unter a) aufgeführten. Die Ventile zu den inneren Kanälen bleiben in diesem Falle geschlossen.

Bei höherem inneren Druck, d. h. bei vorgeschalteten Marschturbinen, wird der durch die Stopfbüchsen entweichende Dampf gröfstenteils durch die inneren Kanäle abgeführt und durch entsprechende Leitungen in den Abdampfraum der Hochdruck-Hauptturbine geleitet. Die äufseren Kanäle sind alsdann durch besondere Leitungen direkt mit dem Kondensator verbunden. Durch diese Leitungen wird der nicht von den inneren Kanälen abgeführte Dampf von den Kondensatoren abgesaugt. Die Ventile in den Leitungen werden so eingestellt, dafs der Dampf wieder schwach sichtbar aus den Stopfbüchsen austritt. Die Stopfbüchsen der Hochdruck-Hauptturbine sind mittels einer besonderen Leitung mit dem Kondensator verbunden, um etwa durchtretenden Dampf nach dorthin abzuführen.

5. Vorwärmen und Entwässern der Turbinenzylinder. Das Anwärmen (Vorwärmen) der Turbinenzylinder geschieht auf einfache Weise dadurch, dafs man die Absperrventile für sämtliche Zylinder ein wenig öffnet und den Dampf durch die Turbinen in den Kondensator strömen läfst. Aufserdem wird allen Stopfbüchsen etwas Frischdampf zugeführt. Das Vorwärmen hat solange und in dem Mafse zu erfolgen, dafs alle Zylinder, also auch die Niederdruckzylinder, ungefähr die Temperatur haben, welche sie in normalem Betrieb annehmen. Während des Vorwärmens müssen alle Zylinderentwässerungen geöffnet und die Luft- und Zirkulationspumpen in Betrieb sein. Die Entwässerungsleitung der Hochdruckturbinen führt in einen Kondenstopf.

Von diesem Kondenstopf geht eine Leitung nach dem St.-B.-Kondensator, um etwa vorhandenen Dampf abzuleiten. Aufserdem ist der Kondenstopf durch ein zweites Rohr an die Saugleitung der Luftpumpen angeschlossen. In dieser Verbindungsleitung ist ein Dreiwegehahn mit einem Abzweig nach der Bilge eingeschaltet.

Die Entwässerung der Niederdruckturbinen geschieht stets unabhängig, da letztere je durch eine besondere, nicht abschliefsbare Leitung direkt mit dem Luftpumpensaugrohr verbunden sind. — In diesen Leitungen ist je ein Rückschlagventil eingebaut.

6. Inbetriebsetzen der Turbinenanlage und Manövrieren mit derselben. Vor der Inbetriebsetzung ist das Gehäuse des Hauptmanövrierventils zu entwässern; alle Zylinder sind in der eben beschriebenen Weise gehörig vorzuwärmen. Ferner sind die Ölpumpen in Betrieb zu setzen. Das Anstellen der Turbinen geschieht durch Öffnen der Zudampfventile unter gleichzeitiger Beobachtung der Umdrehungsanzeiger und des Dampfdruckes in dem entsprechenden Zylinder.

Sobald der gewünschte Druck, resp. die gewünschte Tourenzahl erreicht ist, sind die Entwässerungsventile der unter Druck stehenden Zylinder zu schliefsen und die Stopfbüchsen zu regulieren.

Zum Manövrieren sind an den Niederdruckturbinen zwei Wechselschieber, je einer auf der B. B.- und St. B.-Seite, vorgesehen. Diese Schieber erhalten Frischdampf durch ein gemeinsames, am Hauptmanövrierventilgehäuse befindliches zweites Absperrventil. Von jedem Wechselschieber führt eine Leitung nach der Rückwärtsturbine der zugehörigen Schiffsseite, aufserdem ein zweiter Anschlufs nach der Niederdruckturbine. Diese Manövrierschieber werden durch Hebel vom Maschinistenstande aus bedient.

8. Beobachtungen während des Betriebes. Der Druck in der Ölleitung mufs so gehalten werden, dafs er in den vorderen Lagern nicht unter 0,1 Atm. sinkt. Um dies zu erkennen, ist ein besonderes Manometer vorhanden. Die Reserveölpumpe ist stets betriebsklar zu halten.

Die Dampfmenge für die Zylinderstopfbüchsen mufs so einreguliert werden, dafs keine Luft in die Turbinenzylinder einströmen kann, weil dadurch das Vakuum im Kondensator ungünstig beeinflufst wird.

Die Kühlwassermenge für die Turbinenlager ist so zu bemessen, dafs das Schmieröl in den Ölzirkulationstanks keine zu hohe Tempezatur annimmt. Als höchste zulässige Temperatur kann etwa 55° C angenommen werden. Aus den Lagerkühlräumen mufs die mit dem Wasser eintretende Luft zeitweise durch die zu diesem Zweck vorgesehenen Lufthähne ausgeblasen werden.

Zur Lagerkontrolle empfiehlt es sich, die Lager von Zeit zu Zeit an den Stellen, wo keine Kühlwasserkammern sind, nachzufühlen. Auch mufs zeitweise bei jedem einzelnen Lager der kleine Ölprobierhahn geöffnet werden, damit man sich überzeugen kann, ob das Öl dem Lager unter Druck zufliefst.

Die Öltemperatur und der Ölstand in den Ölzirkulationstanks müssen während des Betriebes in bestimmten Zeitabschnitten gemessen werden. In das Peilrohr des vorderen Ölzirkulations-

tanks kann zum Messen der Temperatur ein Thermometer, an einer Schnur befestigt, eingeführt werden.

Aus den Öltanks mufs in angemessenen Zeitabschnitten das sich ansammelnde Wasser entfernt werden. Dieses Wasser ist der Niederschlag von Stopfbüchsendampf, der infolge kleiner Undichtigkeiten in die Ölräume der Lager eingetreten ist.

Sollte sich in den Öltanks Wasser in erheblichem Mafse zeigen, so kann dies nur von Undichtigkeiten der Lagerkühlräume herrühren und mufs sofort entsprechende Nachforschung gehalten und Abhilfe geschaffen werden.

Die Öltanks sind von Zeit zu Zeit zu reinigen.

9. Demontage der Turbinenzylinder. Für die Demontage der Turbinenzylinder und Spindeln sind besondere Hebevorrichtungen vorhanden. Nach Fortnehmen der Verschalung und Lösen der Verbindungsschrauben wird der Zylinderoberteil sorgfältig abgehoben. Um zu vermeiden, dafs hierbei die Schaufelkränze beschädigt werden, sind für jeden Zylinder vier Führungsbolzen, welche eine genaue Führung beim Abheben ermöglichen, vorhanden. Dieselben sind vorher anzubringen.

Beim Abheben des Deckels ist darauf zu achten, dafs er genau parallel (horizontal) gehoben wird. Sollte ein Berühren der Schaufeln vorkommen, so ist sofort nachzusehen, ob an irgend einer Stelle eine Beschädigung stattgefunden hat. Das Herausnehmen einer Spindel hat in der gleichen sorgfältigen Weise zu geschehen. Hierbei sind die vorhandenen Führungsstücke vorher anzuschrauben. Vor dem Schliefsen eines Zylinders sind die Flanschenflächen sauber zu reinigen und mit einer dünnen Schicht Graphit und Leinöl zu bestreichen.

Das Öffnen einer Turbine soll unter allen Umständen nur vorgenommen werden, wenn es durchaus erforderlich ist, in erster Linie bei Beschädigungen der Schaufeln.

Zeigt in einem solchen Falle der Schaufelapparat am Umfange Beschädigungen, so sind diese durch Richten der einzelnen Schaufeln, resp. durch Einsetzen von neuen Schaufeln zu beseitigen. Das Einsetzen hat nach besonderer Instruktion zu erfolgen.

Erlauben die Umstände eine sofortige Ausbesserung nicht, so können die beschädigten Reihen ganz herausgenommen und die Turbine alsdann wieder in Betrieb gesetzt werden. Ist dies zu weitläufig und zeitraubend, so ist der betreffende Zylinder ganz auszuschalten.

10. Entfernen der Lager. Die Turbinentraglager sind von Zeit zu Zeit auf Verschleifs zu kontrollieren. Ist ein mefsbarer Verschleifs eingetreten, so ist sofort das vorhandene Reservelager einzusetzen und für Ersatz zu sorgen.

Bei richtigem Betriebe ist ein mefsbarer Verschleifs jedoch ausgeschlossen.

d) Die **Turbine von Rateau** ist eine Aktionsturbine. Die Schaufelkränze sind auf Scheiben befestigt, welche auf einer durchgehenden Welle sitzen. Um geringe Spaltverluste zu erhalten, hat Rateau die Leitschaufelkränze in Scheiben gesetzt, welche nach innen bis zur Welle reichen, so dafs nur ein Ringspalt von kleinem Durchmesser um die Welle bleibt und jede Laufscheibe in einer besonderen Kammer läuft. Die Rateauturbine arbeitet ebenfalls

mit geringen Dampfgeschwindigkeiten, daher mit geringer Dampfreibung und geringer Schaufelabnützung sowie geringen Spaltverlusten, benötigt jedoch sehr viele Druckstufen.

e) Die **Curtisturbine** ist eine Aktionsturbine mit Geschwindigkeitsstufen; letztere bilden das wirksamste Mittel, um die Umdrehungszahlen zu verringern. Unter Anwendung eines ziemlich grofsen Druckgefälles wird dem Dampf in den Düsen eine sehr grofse Geschwindigkeit erteilt, welche im ersten Laufkranz nur zum Teil ausgenützt wird. Durch Anwendung von Umkehrschaufeln wird der Dampfstrahl, welcher noch eine sehr grofse Geschwindigkeit besitzt, wieder in die ursprüngliche Richtung abgelenkt und in einem zweiten Laufkranz ausgenützt (Fig. 194), ev. nach zweiter Umkehrung noch in einem dritten, bis die Anfangsgeschwindigkeit des Dampfes vollständig aufgebraucht ist. Um auf diese Weise das Druckgefälle zwischen Kessel und Kondensator auszunützen, sind selbst bei verhältnismäfsig geringen Tourenzahlen nur wenige Druckstufen nötig. Infolge der grofsen Dampfgeschwindigkeiten ist die Dampfreibung und die Abnützung an den Schaufeln gröfser als bei Parsons oder Rateau.

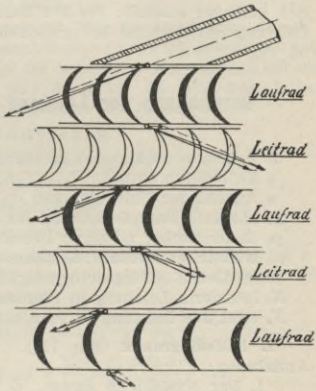


Fig. 194

Die **Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft,** Berlin, verwendet für ihre Schiffsturbinen eine Hintereinanderschaltung von Curtis- und Parsonsstufen: erstere für den Bereich der Hochdruckspannungen (von Kesselspannung bis auf ca. 1 Atm. abs.), letztere für die Niederdruckspannungen (von ca. 1 Atm. abs. bis auf Kondensatordruck). Diese Anordnung ergibt Turbinen von geringer Umdrehungszahl, kurzer Baulänge und guter Ökonomie.

f) Das **Umsteuern** und die Rückwärtsfahrt wird durch besondere Turbinen für den Rückwärtsgang bewirkt, welche hinter den Hauptturbinen angebracht sind und während des Vorwärtsganges im Vakuum mitlaufen. Beim Manövrieren wird das Zudampfventil für vorwärts geschlossen und das für rückwärts geöffnet. Mit Rücksicht auf die kürzere Dauer der Rückwärtsmanöver sind die Rückwärtsturbinen für geringere Leistung ($35 \div 50\%$ der Vorwärtsleistung) gebaut und deshalb kleiner und kürzer.

g) **Dampfausnützung in der Turbine.** Aus Fig. 190 läfst sich ersehen, auf welche Weise der Dampf im Gegensatz zur Kolbendampfmaschine in der vielstufigen Turbine ausgenützt wird. Während die Kolbenmaschine die Expansion des Dampfes nur bis zum Volumen des Niederdruckzylinders (ca. 15fache Expansion) gestattet, entsprechend der Fläche *ABCDF*, ist die Turbine imstande, die ganze

Fläche *ABCDE* auszunützen, entsprechend einer Expansion des Dampfes bis auf die Kondensatorspannung (120 bis 150fache Expansion). Das Vakuum im Kondensator ist daher bei Dampfturbinen von viel gröfserem Einflufs auf die Ökonomie als bei Kolbenmaschinen. Wenn sich bei gleichbleibendem Dampfverbrauch das Vakuum um 1% verbessert, dann erhöht sich die Turbinenleistung um ca. 1,4%.

Überhitzung des Kesseldampfes verbessert ebenfalls die Ökonomie einer Turbine, da überhitzter Dampf völlig frei ist von Wasserteilchen und der Betrag der Dampfreibung dadurch wesentlich geringer ausfällt. Pro 8° C Dampfüberhitzung erhöht sich die Leistung der Turbine bei gleichbleibendem Dampfverbrauch um ca. 1%.

Berechnung der Leistung von Kolbenmaschinen.

Bezeichnungen:

D Zylinderdurchmesser in cm;
s Kolbenhub in m;
n Anzahl der Umdrehungen in der Minute;
p_k absolute Dampfspannung im Kessel in kg pro qcm;
p_t theoretischer mittlerer Druck auf den Kolben in kg pro qcm;
p_m wirklicher mittlerer Druck auf den Kolben in kg pro qcm;
c mittlere Kolbengeschwindigkeit in m pro Sekunde $= s \cdot n : 30$;
N_i indizierte Leistung in Pferdestärken (PS_i);
N_e effektive Leistung in Pferdestärken (PS_e).

1. Hilfsdiagramm (Fig. 195). Für dasselbe gelten folgende Annahmen:

1. Der schädliche Raum, d. i. der Raum, welcher in der Totlage des Dampfkolbens hinter demselben im Zylinder und in den Einströmkanälen verbleibt ist Null.
2. Der Spannungsabfall während der Einströmung ist Null.
3. Der Dampf expandiert bis zum Hubende nach einer Hyperbel.
4. Die Ausströmung erfolgt während des ganzen Rückganges des Kolbens in das absolute Vakuum, d. h. der Gegendruck ist Null; Kompression ist nicht vorhanden.

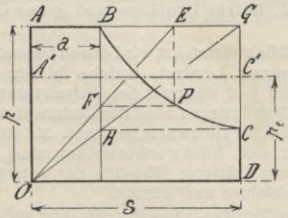


Fig. 195

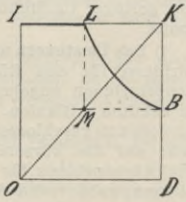


Fig. 196

Die Dampfvolumen sind durch Strecken ausgedrückt, entsprechend den jeweiligen Kolbenwegen. Ist OA = Anfangsspannung p; AB = Anfangsvolumen des Dampfes = Füllung des

Zylinders $= a$; OD Endvolumen des Dampfes = Volumen des Zylinders $= s$, so ziehe man OE beliebig durch O, EP parallel zu OA und FP parallel zu OD. Der Schnittpunkt P ist ein Punkt der gesuchten Hyperbel.

Um den Enddruck der Expansion zu erhalten, ziehe man die Diagonale OG und HC parallel zu OD. CD ist dann der gesuchte Enddruck.

Der Inhalt der Fläche $OABCD$ stellt dann die Arbeit dar, welche der Dampf auf einer Kolbenseite während eines Doppelhubes der Maschine theoretisch leisten kann.

Soll Dampf vom Volumen OD (Fig. 196) und dem Druck DB durch Kompression auf einen höheren Druck DK gebracht werden, so ziehe man die Diagonale OK und dann BM parallel OD sowie ML durch M parallel zu OI; dann ist IL das dem höheren Druck OI entsprechende Endvolumen der Kompression.

Ferner ist in Fig. 195:

$$\text{Füllungsgrad } \varepsilon = \frac{\text{Anfangsvolumen}}{\text{Endvolumen}} = \frac{AB}{OD} = \frac{a}{s}.$$

$$\text{Expansionsgrad } \frac{1}{\varepsilon} = \frac{\text{Endvolumen}}{\text{Anfangsvolumen}} = \frac{OD}{AB} = \frac{s}{a}.$$

Bei Maschinen mit Expansion in mehreren Zylindern ist ε der Gesamtfüllungsgrad = Füllungsvolumen im HD-Zylinder : Hubvolumen des ND-Zylinders oder

$$\varepsilon = \text{Füllungsgrad d. } HD\text{-Zyl. } \varepsilon_h \times \frac{\text{Vol. d. } HD\text{-Zyl.}}{\text{Vol. d. } ND\text{-Zyl.}} \quad \text{oder } \varepsilon = \frac{\varepsilon_h}{m}$$

wenn m das Zylinderverhältnis $= \frac{\text{Vol. d. } ND\text{-Zyl.}}{\text{Vol. d. } HD\text{-Zyl.}}$ ist.

Da die Hübe für alle Zylinder einer Maschine ausnahmslos gleich sind, so ist auch: $m = \frac{D^2_n}{D^2_h}$. (S. Tab. 23.)

Bei zwei ND-Zylinder ist für D^2_n im Zähler $2 \times D^2_n$ einzusetzen.

Tabelle No. 23. Zylinderverhältnis und Füllungsgrad.

Art der Maschine	Kesselspannung at absol.	Zylinderverhältnis $HD : MD : ND$ oder $D^2_h : D^2_m : D^2_n$	Gesamtfüllungsgrad	Gesamt-Expansionsgrad
			bei 70 % Füllung im HD-Zylinder.	
Compoundmaschine	7 bis 10	1 : 3 bis 1 : 4,5	0,23 bis 0,16	4,4 bis 6,5
Dreifach-Expansionsmaschine	10 bis 16	1 : 2,2 : 5 bis 1 : 3 : 7	0,14 bis 0,10	7 bis 10
Vierfach-Expansionsmaschine	14 bis 16	1 : 2 : 4 : 8 bis 1 : 2,2 : 4,4 : 9,2	0,09 bis 0,076	11 bis 13

2. Theoretischer mittlerer Druck. Darunter wird derjenige konstante Druck p_t verstanden, welcher während eines Doppelhubes dieselbe Arbeit wie der expandierende Dampf leistet.

$p_t \cdot s$ = Fläche $OA'C'D$ = Fläche $OABCD$ = Flächeninhalt des Hilfsdiagramms. (Fig. 195.)

Bezogen auf den Kesseldruck p_k ist:

theoretischer mittlerer Druck = Kesseldruck $\times$ k

oder: $$p_t = p_k \cdot k.$$

Der Koeffizient k des mittleren Druckes ist abhängig vom Füllungsgrad und ist folgender Tabelle No. 24 zu entnehmen.

Tabelle No. 24. Spannungskoeffizienten.

Füllungsgrad ε	k	Füllungsgrad ε	k	Füllungsgrad ε	k	Füllungsgrad ε	k
0,05	0,19	0,13	0,40	0,22	0,56	0,50	0,84
0,06	0,22	0,14	0,42	0,24	0,59	0,55	0,88
0,07	0,25	0,15	0,44	0,26	0,62	0,60	0,90
0,08	0,28	0,16	0,46	0,28	0,64	0,65	0,93
0,09	0,31	0,17	0,47	0,30	0,67	0,70	0,95
0,10	0,33	0,18	0,49	0,35	0,72	0,75	0,96
0,11	0,35	0,19	0,51	0,40	0,77	—	—
0,12	0,37	0,20	0,52	0,45	0,81	—	—

Für zwischenliegende Werte von ε genügt es, die zugehörigen Werte von k durch Interpolation zu ermitteln, z. B.: Es sei $\varepsilon = 0{,}43$.

Dann ist $k = 0{,}77 + \frac{3}{5} \times (0{,}81 - 0{,}77) = 0{,}79$.

3. Wirklicher mittlerer Druck; Völligkeitsgrad. In Wirklichkeit ist die Arbeitsleistung des Dampfes geringer, als das Hilfsdiagramm angibt, wegen:

1. Spannungsabfall während der Füllungsperiode.
2. Kondensation des Dampfes an den Zylinderwandungen.
3. Vorausströmung und Gegendruck während der Ausströmung.
4. Kompression.
5. Undichtigkeiten in Kolben- und Schieberdichtungen.

   Dazu kommt bei Maschinen mit Expansion in mehreren Zylindern:

6. Spannungsabfall in den Überströmrohren (Receivern).

Das wirkliche Dampfdiagramm hat deshalb auch einen bedeutend kleineren Flächeninhalt wie das Hilfsdiagramm. Das Verhältnis beider Flächeninhalte nennt man Völligkeitsgrad.

$$\text{Völligkeitsgrad } \alpha = \frac{\text{Fläche des Dampfdiagramms}}{\text{Fläche des Hilfsdiagramms}}.$$

oder auch:

$$\alpha = \frac{\text{Wirklicher mittlerer Druck}}{\text{theoretischer mittlerer Druck}} = \frac{p_m}{p_t}$$

oder: $$p_m = \alpha \times p_t.$$

Tabelle No. 25. Völligkeitsgrade.

Art der Maschine (mit Kondensation)	Umdrehungen pro Minute	Völligkeitsgrad α
Einzylinder- und Zwillingsmaschine	bis 100 100 bis 400	0,70 bis 0,75 0,65 bis 0,70
Compoundmaschine	bis 100 100 bis 250	0,60 bis 0,65 0,55 bis 0,60
Dreifach-Expansionsmaschine	bis 100 100 bis 250	0,54 bis 0,58 0,50 bis 0,54
Vierfach-Expansionsmaschine	bis 100	0,50 bis 0,53

Bei Auspuffmaschinen hat der aus dem Zylinder austretende Dampf den Gegendruck der atmosphärischen Luft = 1 at zu überwinden.

Wirklicher mittlerer Druck $p_m = \alpha \cdot k \cdot p - 1$.

4. Indizierte Maschinenleistung:

$$N_i = \frac{\text{Kolbenfl.} \times \text{mittl. Druck} \times \text{mittl. Kolbengeschwind.}}{75}$$

oder:

$$N_i = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p_m \times \frac{s \cdot n}{30 \cdot 75} \; PS_i.$$

Bei Mehrfach-Expansionsmaschinen ist $\frac{\pi}{4} D^2$ die Fläche des Niederdruckkolbens; sind 2 *ND*-Zylinder vorhanden, so ist die Summe beider Kolbenflächen zu nehmen. Für die Berechnung von p_t ist der Gesamtfüllungsgrad zu verwenden. (S. S. 125.)

Beispiel. Berechnung der indizierten Leistung einer Dreifach-Expansionsmaschine.

Zylinderdurchmesser: $HD = 101{,}6$ cm; $MD = 149{,}8$ cm;
$ND = 223{,}5$ cm;
Gemeinsamer Kolbenhub: 1,295 m;
Umdrehungen per Minute: 100;
Absolute Dampfspannung im Kessel: 12 at;
Füllungsgrad im *HD*-Zylinder: $\varepsilon_h = 0{,}68$.

$$\text{Zylinderverhältnis } m = \frac{ND}{HD} = \left(\frac{2235}{1016}\right)^2 = 4{,}84, \text{ daher}$$

$$\text{der Gesamtfüllungsgrad: } \varepsilon = \frac{\varepsilon_h}{m} = \frac{0{,}68}{4{,}84} = 0{,}14.$$

Nach Tabelle No. 24 ist für $\varepsilon = 0{,}14$ der Koeffizient des mittleren Druckes $k = 0{,}42$, daher:
theoretischer mittl. Druck $p_t = k \times p = 0{,}42 \times 12 = 5{,}04 \doteq 5$ at.

Ferner ergibt Tabelle No. 25 einen Völligkeitsgrad $\alpha = 0{,}54$, folglich ist der mittl. indizierte Druck: $p_m = 0{,}54 \times 5{,}0 = 2{,}70$ at,

$$\text{daher: } N_i = \frac{\pi}{4} \cdot 223{,}5^2 \cdot 2{,}70 \cdot \frac{1{,}295 \cdot 100}{30 \cdot 75} \doteq \mathbf{6100} \; PSi.$$

Beispiel. Welche Hauptdimensionen erhält eine Dreifach-Expansionsmaschine, welche bei 140 Umdrehungen pro Minute 400 *PSi* leisten soll. Der Kolbenhub soll 550 mm, der Kesseldruck 12,0 kg Überdruck betragen.

Es wird gewählt:

Gesamtfüllungsgrad $\varepsilon = 0{,}12$ und Völligkeitsgrad $\alpha = 0{,}53$, dann ist: $k = 0{,}37$ und

$$p_m = 0{,}37 \times (12 + 1) \times 0{,}53 \mathrel{\hat{=}} 2{,}55 \text{ kg},$$

ferner die Kolbenfläche des *ND*-Zylinders:

$$\frac{\pi}{4} D^2 = Ni \times \frac{30 \cdot 75}{s \cdot n \cdot p_m} = \frac{400 \cdot 30 \cdot 75}{0{,}55 \cdot 140 \cdot 2{,}55} = 4580 \text{ qcm}$$

oder $D \mathrel{\hat{=}}$ **765 mm.**

Wird das Zylinderverhältnis $HD : MD : ND = 1 : 2{,}5 : 6{,}0$ angenommen, dann ergeben sich daraus:

HD-Kolbenfl. $= 4580 : 6 = 763{,}3$ qcm oder $\mathrel{\hat{=}}$ **312 mm** ϕ

MD-Kolbenfl. $= 763{,}3 \times 2{,}5 = 1908$ qcm oder $\mathrel{\hat{=}}$ **493 mm** ϕ

Die Füllung im *HD*-Zylinder mufs sein:

$$\varepsilon_h = \varepsilon \cdot 6{,}0 = 0{,}12 \cdot 6 = 0{,}72$$

5. Ermittlung der Maschinenleistung mit dem Indikator. Die Ermittlung der Maschinenleistung erfolgt auf dem Wege des praktischen Versuchs mit Hilfe des Indikators, welcher den Verlauf der Dampfspannungen im Zylinder während eines Doppelhubes selbsttätig aufzeichnet. Die erhaltene Figur heifst Indikatordiagramm. Aus den Diagrammen wird der mittlere Druck während eines Doppelhubes berechnet.

Jedes Diagramm mufs folgende Anmerkungen enthalten:

1. Laufende Nummer des Diagrammes,
2. Datum des Versuches, Angabe von Tageszeit und Stunde.
3. Name oder Nummer des Schiffes und nähere Angabe der Maschine, ob B.-B. oder St.-B. etc.
4. Angabe, ob HD-, MD- oder ND-Zylinder, ob Boden- oder Deckelseite.
5. Angabe der Umdrehungszahl der Maschine, des Füllungsgrades, der Dampfspannung im Kessel und am Manövrierventil, in den Receivern und im Kondensator.
6. Federmafsstab.

Nach dem Auswerten werden noch der mittlere indizierte Druck und die indizierten Pferdestärken eingetragen.

Der Federmafsstab, der auf jeder Feder vermerkt ist, gibt denAusschlag des Schreibstiftes pro 1 kg/qcm Dampfspannung an; daneben ist auch die höchste Spannung angegeben, für welche die Feder noch verwendet werden darf. Eichung der Feder s. S. 239.

Auswerten der Diagramme:

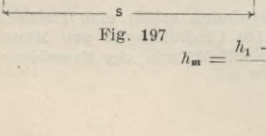


Fig. 197

1. Man ziehe durch die äufsersten Punkte des Diagrammes (Fig. 197) die beiden Tangenten *AB* und *CD* senkrecht zur atmosphärischen Linie *AC* und zerlege das Diagramm durch Parallele in 10 Teile von gleicher Breite, deren mittlere Längen man addiert. Die mittlere Höhe h_m des Diagrammes ist dann:

$$h_m = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \ldots\ldots + h_{10}}{10} \text{ mm.}$$

Bei einem Federmafsstab von 1 kg/qcm $= f$ mm ist dann der mittlere indizierte Druck:

$$p_m = \frac{h_m}{f} \text{ kg/qcm.}$$

2. Nach der Trapezregel. Man teilt auch hier das Diagramm in 10 gleich breite Streifen. Mit Bezug auf Fig. 198 ist dann:

$$p_m = \frac{1}{10 f}\left(\frac{h_0 + h_{10}}{2} + h_1 + h_2 + \ldots\ldots h_9\right) \text{ kg/qcm.}$$

3. Nach der Simpsonschen Regel. Man bilde mit Bezug auf Fig. 198:

$H_1 = h_0 + h_{10}$
$H_2 = h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9$
$H_3 = h_2 + h_4 + h_6 + h_8,$

dann ist

$$p_m = \frac{H_1 + 4 H_2 + 2 H_3}{30 \times f} \text{ kg/qcm.}$$

Fig. 198

4. Mit dem Planimeter. (Beschreibung s. S. 240). Wenn der Fahrarm auf die Länge des Diagrammes eingestellt wird, ist:

$p_m = \frac{a \cdot c}{f}$ beim Umfahren eines Diagrammes und $p_m = \frac{a \cdot c}{2 f}$ beim Umfahren beider Diagramme aus Boden- und Deckelseite hintereinander.

Hierin bedeuten:

a die Differenz der Ablesungen an der Zählrolle in Tausendsteln des Umfanges vor und nach dem Umfahren des Diagrammes,

c eine Konstante (siehe S. 240).

Die Leistung eines Zylinders berechnet sich sodann:

$$N_i = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p_m \cdot \frac{s \cdot n}{30 \cdot 75} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 \cdot s}{2250} \cdot p_m \cdot n = C \cdot p_m \cdot n \ PS_i$$

$C = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 \cdot s}{2250}$ heifst Zylinderkonstante, weil sie für den betreffenden Zylinder unabhängig von Tourenzahl und Dampfdruck ist, und von vornherein bestimmt werden kann.

Beispiel. Zylinderdurchmesser $D = 930$ mm; Kolbenhub $s = 1850$ mm; Umdrehungen per Minute: $n = 80$; Federmafsstab: $f = 3{,}5$ mm. Dann ist:

$$C = \frac{\frac{\pi}{4}\, 93^2 \cdot 1{,}85}{2250} = 5{,}58.$$

Es sei ferner ermittelt worden.

Mittlere Diagrammhöhe auf der Deckelseite $h_d = 18{,}4$ mm.
» » » » Bodenseite $h_b = 17{,}0$ »

Daher ist der Mittelwert zwischen Boden- und Deckelseite:

$$h_m = \frac{h_d + h_b}{2} = 17{,}7 \text{ mm.}$$

Mittlerer indizierter Druck: $p_m = \frac{h_m}{f} = \frac{17{,}7}{3{,}5} = 5{,}06$ kg/qcm.

Indizierte Leistung: $N_i = C \cdot p_m \cdot n = 5{,}58 \cdot 5{,}06 \cdot 80 = 2260$ PS_i.

6. Das Zusammenlegen (Rankinisieren) von Diagrammen einer Schiffsmaschine in ein einziges unter Verwendung gleicher Druck- und Volumenmafsstäbe für *HD*-, *MD*- und *ND*-Zylinder geschieht, um einen gleichzeitigen Überblick über die Druck- und Leistungsverteilung auf die einzelnen Zylinder zu erhalten. Man nimmt für die Aufzeichnung mittlere Diagramme aus Boden- und Deckelseite. Ihre Längen verhalten sich im zusammengelegten Diagramm wie die Zylindervolumen von *HD*-, *MD*- und *ND*-Zylinder.

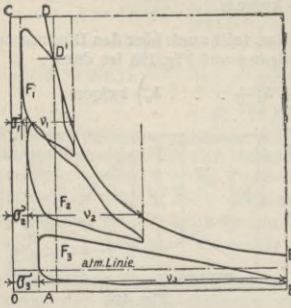


Fig. 199

Ist also in Fig. 199: $AB = v_3 =$ Länge des *ND*-Diagrammes, dann ist:

Länge des *HD*-Diagramms $v_1 = AB \times \frac{HD\text{-Kolbenfläche}}{ND\text{-Kolbenfläche}}$

Länge des *MD*- » $v_2 = AB \times \frac{MD\text{-Kolbenfläche}}{ND\text{-Kolbenfläche}}$

Länge des *ND*- » $v_3 = AB.$

Die schädlichen Räume der einzelnen Zylinder sind durch σ_1, σ_2 und σ_3 dargestellt, welche im Verhältnis zu den Längen der betreffenden Diagramme horizontal von *OC* aus abgetragen werden.

Die drei mit dem Indikator abgenommenen und auf gleichen Federmafsstab und entsprechende Länge umgezeichneten Diagramme F_1, F_2 und F_3 werden von dem Hilfsdiagramm *OCDEB* umschlossen, welches mit einem Anfangsdruck gleich der Kesselspannung und mit einer Füllung *CD* zu konstruieren ist. Der Anfangspunkt *D* der Hyperbel wird so bestimmt, dafs dieselbe durch *D'*, den Anfangspunkt der Expansion im *HD*-Zylinder geht. (Konstruktion der Hyperbel: s. S. 124.) Dann ist:

$$\frac{\text{Summe der Diagrammflächen}}{\text{Fläche des Hilfsdiagramms}} = \frac{\text{wirklich erreichte Leistung}}{\text{theoretisch erreichbare Leistung}} =$$

$$= \frac{F_1 + F_2 + F_3}{OCDEB} = \text{Völligkeitsgrad } \alpha.$$

7. Angenäherte Bestimmung der Maschinenleistung.

1. Unter der Voraussetzung, dafs die Schraube ganz eingetaucht ist, ist die indizierte Leistung der Maschine:

$$N_i = \frac{D^2 \cdot S^3 \cdot n^3}{C^2}.$$

Hierin bedeutet:

D den Durchmesser der Schraube in *m*,
S die Steigung derselben in *m*,
n die Umdrehungszahl der Maschine pro Minute, und
C einen Koeffizienten aus folgender Tabelle:

Für völlige Schiffe (Frachtdampfer etc.) $C = 800$ bis 900,
» Post- und Passagierdampfer mit feinen Linien . . . . . $C = 900$ bis 1000,
» Postdampfer mit sehr feinen Linien (Schnelldampfer etc.) . . . . . $C = 1000$ bis 1200,
» Kriegsschiffe mit feinen Linien . . . $C = 1100$ bis 1200,
» Torpedoboote und ähnliche Schiffe . $C = 1200$ bis 1380.

Beispiel: Es sei $D = 4{,}0$ m, $S = 4{,}2$ m, $n = 90$ und C für das betreffende Schiff $= 950$; dann ist:

$$N = \frac{D^2 \cdot S^3 n^3}{C^2} = \frac{4^2 \cdot 4{,}2^3 \cdot 90^3}{950^2} = \frac{16 \cdot 74{,}1 \cdot 729000}{902500} = \backsim 960\ PS_i.$$

2. Sind die Schiffsdimensionen und die Geschwindigkeit bekannt, dann ist die indizierte Leistung der Maschine:

$$N_i = \frac{L\,(B + 2\,T)\,V^3}{C}.$$

Hierin ist:

L die Länge des Schiffes in m
B die Breite » » » »
T der Tiefgang » » » »
V die Geschwindigkeit des Schiffes in Knoten pro Stunde, und
C ein Koeffizient; derselbe beträgt:
für völlige Schiffe (Frachtdampfer, Schlepper etc.), je nach der Gröfse und Geschwindigkeit ca. 1500 bis 2200,
für scharfe Schiffe (Personendampfer, Schnelldampfer etc.) ca. . . . . 2200 bis 2650.

Beispiel: Es sei $L = 103$ m, $B = 13{,}3$ m, $T = 6{,}0$ m, $V = 11{,}5$ Knoten und $C = 2200$, dann ist:

$$N_i = \frac{103\,(13{,}3 + 2 \times 6{,}0) \cdot 11{,}5^3}{2200} = \frac{103 \cdot 25{,}3 \cdot 1521}{2200} \cong 1800\ PS_i.$$

8. Änderung der Maschinenleistung. Die Leistung einer Schiffsmaschine kann verändert werden durch:

1. Änderung des Kesseldruckes. Ist die indizierte Leistung einer Maschine bei dem absoluten Kesseldruck p und der Umdrehungszahl n gleich N, dann ist die indizierte Leistung bei einem anderen Kesseldruck p_1 sehr angenähert:

$$N_1 = N \sqrt{\left(\frac{p_1}{p}\right)^3}.$$

Die Umdrehungszahl der Maschine ist dann:

$$n_1 = n \sqrt{\frac{p_1}{p}}.$$

Dasselbe läfst sich auch durch Drosseln des Dampfes mit dem Manöverierventil erreichen.

2. Änderungen der Füllung des HD-Zylinders. Ist bei einem bestimmten Kesseldruck die Füllung des HD-Zylinders $= \varepsilon_H$, die Leistung $= N$ und die Umdrehungszahl $= n$, dann ist die Leistung der Maschine bei einer anderen Füllung ε_{H_1} des HD-Zylinders:

$$N_1 = \sqrt{\left(\frac{k_1}{k}\right)^2}.$$

Hierin bedeuten k und k_1 die Spannungskoeffizienten nach Tabelle 24, S. 126, wobei der Gesamtfüllungsgrad

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_H}{m} \text{ bzw. } \varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_{H_1}}{m} \text{ ist.}$$

Die Umdrehungszahl bei der *HD*-Füllung ε_{H_1} ist dann

$$n_1 = n \sqrt{\frac{k_1}{k}}.$$

Bemerkung: Ist man gezwungen, den Dampfverbrauch der Maschine aus irgend einem Grunde (z. B. Feuerreinigen, Kohlenmangel usw.) zu verringern, dann ist es vorteilhafter, die Füllung des Hochdruckzylinders zu verkleinern, anstatt den Dampf mit dem Manöverierventil zu drosseln.

3. Änderung des Kesseldruckes und der *HD*-Zylinderfüllung. Ist bei dem absoluten Kesseldruck p, der *HD*-Füllung ε_H und der Umdrehungszahl n die indizierte Leistung der Maschine $= N$, dann ist die Leistung bei dem absoluten Kesseldruck p_1 und der *HD*-Füllung ε_{H_1}:

$$N_1 = N \sqrt{\left(\frac{k_1\, p_1}{k\, p}\right)^3}$$

und die Umdrehungszahl

$$n_1 = n \sqrt{\frac{k_1\, p_1}{k\, p}}$$

Bemerkung: Bei vorstehenden Berechnungen ist vorausgesetzt, dafs das Wetter günstig und der Tiefgang des Schiffes in jedem Falle unverändert bleibt.

Anstatt der absoluten Kesselspannung kann auch (bei gedrosseltem Dampf) der absolute Druck im *HD*-Schieberkasten genommen werden, jedoch läfst sich dieser nur sehr schwer richtig feststellen.

9. Änderung der Leistung der einzelnen Zylinder einer Maschine. Bleibt die Füllung des *HD*-Zylinders unverändert, dann kann durch Veränderung der Füllungen bei den anderen Zylindern die Leistung der einzelnen Zylinder in gewissen Grenzen verändert werden, während die Gesamtleistung der Maschine nahezu unverändert bleibt.

Wird z. B. beim *MD*-Zylinder die Füllung verkleinert, dann wird hierdurch bei diesem Zylinder die Leistung vergröfsert, während gleichzeitig die Leistung des vorhergehenden, also des *HD*-Zylinders, verkleinert wird, dagegen die Leistung des folgenden Zylinders, also des *ND*-Zylinders, unverändert bleibt.

Die Begründung dieses Vorganges ergibt sich aus dem theoretischen Diagramm $O_1 CDEB$, Fig. 200. Darin entspricht:

H dem Volumen des *HD*-Zylinders
M » » » *MD*- »
N » » » *ND*- »

ferner: $\frac{CD}{H}$ = Füllung des *HD*-Zylinders

$\frac{C_1 D_1}{M}$ = » » *MD*- »

$\frac{C_4 D_4}{N}$ = » » *ND*- »

Die schraffierten Flächen entsprechen den Leistungen der einzelnen Zylinder.

Wird die Füllung des MD-Zylinders von $C_1 D_1$ auf $C_2 D_2$ verkleinert, dann rückt die obere Begrenzungslinie $C_1 D_1$ des MD-Diagrammes um die Strecke x nach oben, wodurch das Diagramm des MD-Zylinders um die Fläche $C_1 D_1 D_2 C_2$ vergröfsert und gleichzeitig diejenige des HD-Diagrammes um ungefähr dieselbe Fläche verkleinert wird.

Das Höherrücken der oberen Begrenzungslinie $C_1 D_1$ nach $C_2 D_2$ bedingt ferner eine Vergröfserung des Anfangsdruckes im MD-Zylinder um x, bzw. eine Vergröfserung des Gegendruckes im HD-Zylinder um dieselbe Gröfse.

Wird die Füllung des MD-Zylinders von $C_1 D_1$ auf $C_3 D_3$ vergröfsert, dann sinkt der Anfangsdruck im MD-Zylinder und der Gegendruck im HD-Zylinder um die Gröfse y, wodurch die Leistung des MD-Zylinders um die der Fläche $C_3 D_3 D_1 C_1$ entsprechende Arbeit verkleinert und gleichzeitig jene des HD-Zylinders um ungefähr ebensoviel vergröfsert wird.

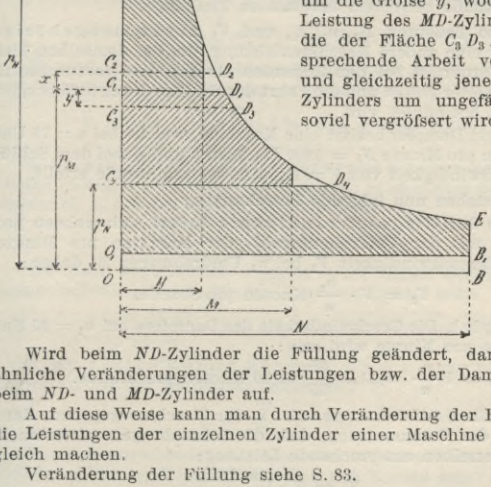


Fig. 200

Wird beim ND-Zylinder die Füllung geändert, dann treten ähnliche Veränderungen der Leistungen bzw. der Dampfdrücke beim ND- und MD-Zylinder auf.

Auf diese Weise kann man durch Veränderung der Füllungen die Leistungen der einzelnen Zylinder einer Maschine einander gleich machen.

Veränderung der Füllung siehe S. 83.

10. Effektive Maschinenleistung, Wirkungsgrad. Die effektive Leistung N_e ist diejenige, welche von der Wellenleitung auf den Schraubenpropeller übertragen wird.

$N_e = N_i$ — Reibungsverlust in der Maschine und Wellenleitung.

Der Wirkungsgrad η ist das Verhältnis von effektiver zu indizierter Maschinenleistung.

$\eta = N_e : N_i$ und beträgt für

$N_i =$	bis 100	IHP	$\eta =$	0,55	bis	0,63
$N_i =$	100 » 500	»	$\eta =$	0,61	»	0,71
$N_i =$	500 » 1000	»	$\eta =$	0,69	»	0,77
$N_i =$	1000 » 5000	»	$\eta =$	0,75	»	0,92
$N_i =$	gröfser als 5000	»	$\eta =$	0,90	und	mehr.

11. Beziehungen zwischen Maschinenleistung, Umdrehungen, Kohlenverbrauch, Schiffsgeschwindigkeit und zurückgelegtem Weg.

Bemerkung: In den folgenden Rechnungen ist angenommen, dafs der Kohlenverbrauch pro PS_i und Stunde bei verschiedenen Leistungen der Maschine gleich grofs ist. In Wirklichkeit nimmt der Kohlenverbrauch pro PS_i und Stunde bei verringerter Maschinenleistung etwas zu.

Bei den nachstehend vorkommenden Bezeichnungen stellen diejenigen ohne Zeiger bekannte, zusammengehörige Werte für ein bestimmtes Schiff dar und zwar:

N die indizierte Leistung der Maschine in PS_i,
n die Umdrehungszahl pro Minute bei dieser Leistung,
q den Kohlenverbrauch pro PS_i und Stunde bei einer bestimmten Kohlensorte,
k den Kohlenverbrauch in Tons pro Stunde bei obiger Maschinenleistung und bei derselben Kohlensorte,
V die mit obiger Leistung erzielte Geschwindigkeit in Knoten pro Stunde bei einem bestimmten Tiefgange.

Ebenso bedeuten N_1, n_1, k_1, und V_1 zusammengehörige Werte für eine andere Maschinenleistung etc. bei demselben Tiefgange. Ferner ist bei den folgenden Rechnungen vorausgesetzt, dafs das Wetter gut ist und die Fahrt des Schiffes durch Strömungen etc. nicht beeinflufst wird.

Z. B. ein Dampfer besitzt eine Maschine, welche bei $n = 75$ Umdrehungen pro Minute $N_i = 1800\ PS_i$ leistet und dabei dem Schiffe eine Geschwindigkeit von $V = 11{,}5$ Knoten pro Stunde erteilt.

Es bestehen nun folgende Beziehungen:

1. Die Schiffsgeschwindigkeit ändert sich nahezu proportional mit der Umdrehungszahl der Maschine pro Minute. Die Schiffsgeschwindigkeit V_1 bei n_1 Umdrehungen ist daher:

$$V_1 = V \cdot \frac{n_1}{n} \text{ Knoten pro Stunde.}$$

Beispiel. Die Geschwindigkeit des Dampfers bei $n_1 = 65$ Umdrehungen pro Minute wird sein:

$$V_1 = V \frac{n_1}{n} = 11{,}5\ \frac{65}{75} = 10 \text{ Knoten pro Stunde.}$$

2. Ist die Umdrehungszahl n_1 der Maschine gegeben, dann ist unter der Voraussetzung, dafs die Schraube ganz eingetaucht ist, die derselben entsprechende Leistung:

$$N_1 = N \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^3.$$

Z. B. Welche Leistung entwickelt die Maschine des oben angeführten Dampfers bei 65 Umdrehungen pro Minute?

$$N_1 = N \cdot \left(\frac{65}{75}\right)^3 = 1800 \cdot 0{,}65 = 1170\ PS_i.$$

3. Der Kohlenverbrauch q pro PS_i und Stunde beträgt einschliefslich Hilfsmaschinen bei Zylinder-Kesseln mit natürlichem Zug:

bei kleinen Compoundmaschin.	(bis ca. 300 PS_i):	$q = 1{,}1$	bis 1,2	kg,
» gröfseren » »	(bis ca. 600 PS_i):	$q = 0{,}9$	» 1,0	»
» Dreif.-Expans.-Maschin. f.	Handelsdampfer	$q = 0{,}75$	» 0,8	»
» Vierf.-Expans.-Maschin. f.	»	$q = 0{,}65$	» 0,75	»

Bei Dreif.-Expans.-Maschinen auf Kriegsschiffen mit Wasserrohr- oder Zylinderkesseln und mäfsig forciertem Zug ist: $q = 0{,}9$ bis 1,05 kg.

Vorausgesetzt ist hierbei gute Steinkohle, welche imstande ist, bei vollkommener Verbrennung pro kg ca. 7000 Kalorien zu entwickeln.

Der Kohlenverbrauch ist bei der Maschinenleistung N:

$$k = \frac{q \cdot N}{1000} \text{ Tons pro Stunde.}$$

Bei obigem Dampfer beträgt daher der stündliche Kohlenverbrauch bei einer Maschinenleistung von $N = 1800$ PS_i und unter der Voraussetzung, dafs für diese Maschine $q = 0{,}75$ kg ist:

$$k = \frac{0{,}75 \cdot 1800}{1000} = 1{,}35 \text{ Tons pro Stunde.}$$

4. Der stündliche Kohlenverbrauch der Maschine ändert sich mit der dritten Potenz der Umdrehungszahl; daher ist der Kohlenverbrauch k_1 bei n_1 Umdrehungen pro Minute:

$$k_1 = k \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^3 = k \cdot \frac{N_1}{N} \text{ Tons pro Stunde.}$$

Es wird also z. B. bei obigem Dampfer der stündliche Kohlenverbrauch bei 65 Umdrehungen pro Minute sein:

$$k_1 = 1{,}35 \cdot \left(\frac{65}{75}\right)^3 = 1{,}35 \cdot 0{,}65 \doteq 0{,}88 \text{ Tons.}$$

5. Der stündliche Kohlenverbrauch ändert sich mit der dritten Potenz der Schiffsgeschwindigkeit; es ist mithin der Kohlenverbrauch k_1 bei der Schiffsgeschwindigkeit V_1:

$$k_1 = k \left(\frac{V_1}{V}\right)^3 \text{ Tons pro Stunde.}$$

Bei dem angeführten Dampfer wird daher der stündliche Kohlenverbrauch bei 11 Knoten Geschwindigkeit sein:

$$k_1 = 1{,}35 \left(\frac{11}{11{,}5}\right)^3 = 1{,}35 \cdot 0{,}87 = 1{,}18 \text{ Tons pro Stunde.}$$

6. Die nötige Kohlenmenge K für eine Reise von W Seemeilen ist bei der Schiffsgeschwindigkeit V:

$$K = \frac{W}{V} \cdot k \text{ Tons.}$$

Der Kohlenverbrauch des Dampfers auf einer Reise von $W = 2000$ Seemeilen wird folglich bei $V = 11{,}5$ Knoten sein:

$$K = \frac{2000}{11{,}5} \cdot 1{,}35 = 235 \text{ Tons.}$$

7. Soll eine Reise von W Seemeilen mit der Geschwindigkeit V_1 Knoten pro Stunde zurückgelegt werden, dann ist der gesamte Kohlenverbrauch auf dieser Reise:

$$K_1 = W \cdot k \cdot \frac{V_1^2}{V^3}.$$

Soll z. B. der Dampfer eine Reise von 2600 Seemeilen mit der Geschwindigkeit von 9,5 Knoten zurücklegen, dann ist die nötige Kohlenmenge:

$$K_1 = 2600 \cdot 1{,}35 \frac{9{,}5^2}{11{,}5^3} = 2600 \cdot 1{,}35 \frac{90{,}25}{1521} \doteq 208 \text{ Tons.}$$

8. Ist der gesamte Kohlenverbrauch für eine bestimmte Reise mit der Geschwindigkeit von V Knoten pro Stunde bekannt und gleich K, dann ist der Kohlenverbrauch für dieselbe Reise, wenn sie mit der Geschwindigkeit von V_1 Knoten pro Stunde zurückgelegt werden soll:

$$K_1 = K\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 \text{ Tons.}$$

Brauchte also z. B. der Dampfer auf irgend einer Reise, die mit $V = 11{,}5$ Knoten Geschwindigkeit zurückgelegt wurde, $K = 300$ Tons Kohlen, dann wird er für dieselbe Reise, wenn sie mit 10 Knoten Geschwindigkeit zurückgelegt wird:

$$K_1 = 300 \cdot \left(\frac{10}{11{,}5}\right)^2 = 300 \cdot 0{,}758 \doteq 227 \text{ Tons brauchen.}$$

9. Mit dem Kohlenvorrat K_v Tons in den Bunkern kann ein Dampfer noch einen Weg von W Seemeilen zurücklegen, wenn er höchstens mit einer Geschwindigkeit V_1 von:

$$V_1 = \sqrt{\frac{K_v\, V^3}{W \cdot k}} \text{ Knoten pro Stunde fährt}$$

oder mit der entsprechenden Umdrehungszahl von

$$n_1 = n\,\frac{V_1}{V} \text{ pro Minute.}$$

Hat z. B. der gegebene Dampfer nur noch einen Kohlenvorrat von $K_v = 140$ Tons an Bord und soll damit noch einen Weg von 1500 Seemeilen zurücklegen, dann darf er höchstens mit einer Geschwindigkeit von

$$V_1 = \sqrt{\frac{140 \cdot 11{,}5^3}{1500 \cdot 1{,}35}} \doteq 10{,}25 \text{ Knoten pro Stunde}$$

fahren. Die entsprechende Umdrehungszahl n_1 der Maschine ist:

$$n_1 = 75 \cdot \frac{10{,}25}{11{,}5} \doteq 67 \text{ pro Minute.}$$

12. Massenwirkungen. Die auf- und niedergehenden Gestängeteile: Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf, Luftpumpengestänge und die oberen Teile der Pleuelstange, welche sich in den Totpunktlagen der Kurbel in Ruhe befinden, müssen während der ersten Hälfte eines jeden Hubes beschleunigt, während der zweiten Hubhälfte dagegen verzögert werden.

Ist r der Radius des Kurbelkreises und $W = 0{,}105 \cdot n \cdot r$ die Umfangsgeschwindigkeit im Kurbelkreis, G das Gewicht der auf- und niedergehenden Massen, dann ist (bei sehr langer Pleuelstange) der Beschleunigungsdruck (Massendruck) im Totpunkt:

$$P_1 = \frac{G}{g} \cdot \frac{W^2}{r}.$$

Während die auf den Zylinderdeckel wirkende Kraft P (Fig. 201) das Maschinengestell zu heben sucht, drückt die Kraft $P_2 = P - P_1$, welche durch das Gestänge auf die Grundplatte übertragen wird, nach unten. Die Differenz beider Kräfte ist in jeder Stellung der Kurbel gleich dem Massendruck der Gestänge, welcher durch das Maschinenfundament auf den Schiffskörper übertragen wird und die Ursache von Vibrationen des Schiffskörpers bildet.

Die überhängenden Teile der Kurbeln mit den Pleuelstangenköpfen bringen durch ihre Zentrifugalkraft ebenfalls Massen-

wirkungen hervor, welche sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung wirken.

Maschinen, deren Massen nach dem Schlickschen Verfahren ausgeglichen sind, rufen keine Schwingungen des Schiffskörpers hervor, müssen jedoch mindestens vier Kurbeln besitzen und ihre Gestänge aufserdem folgenden Bedingungen genügen:

1. Die auf- und niedergehenden sowie die rotierenden Massen der Maschine müssen so verteilt sein, dafs die nach aufwärts gerichteten Massendrücke den gleichzeitig nach abwärts gerichteten in jedem Moment gleich sind.

2. Die Massendrücke dürfen kein Drehmoment um eine querschiffsliegende Achse hervorrufen.

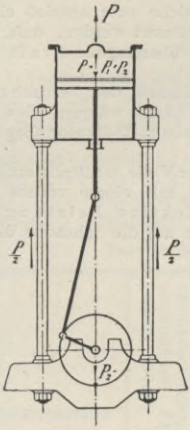


Fig. 201

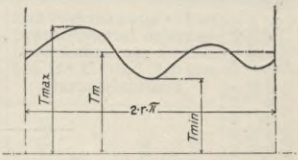


Fig. 202

13. Das Tangentialkraftsdiagramm (Fig. 202) stellt den Verlauf der Drehkraft dar, welche während einer Umdrehung von der Maschine auf die Wellenleitung übertragen wird. In demselben bedeuten die horizontalen Abmessungen die vom Anfangspunkt zurückgelegten Kurbelwege, die vertikalen Abmessungen die Drehkräfte, welche je nach Art der Maschine während einer Umdrehung mehr oder weniger verschiedene Werte annehmen können, und deren gröfster Wert T_{max}, deren kleinster T_{min} ist; gewöhnlich ist: $\frac{T_{max}}{T_{min}} = 1{,}3$ bis $1{,}6$

Ist T_m die mittlere Drehkraft in kg am Kurbelradius r (cm), so ist das mittlere Drehmoment:

$$T_m \cdot r = 71620 \cdot \frac{N_e}{n}.$$

Die Beanspruchung der Wellenleitung ist in Wirklichkeit wesentlich gröfser, als sie sich aus der Tangentialkraftskurve ergibt, da infolge der Torsionselastizität der Welle Eigenschwingungen auftreten, welche erhebliche Abweichungen der auftretenden Kräfte nach oben und unten von dem in der Tangentialkraftskurve gegebenen Verlauf hervorrufen.

Die Winkelgeschwindigkeit der Wellenleitung ist während einer Umdrehung ebenfalls ungleichförmig, am stärksten an den Kurbeln, in geringerem Grade am Propeller. Besonders auffällig tritt dies zutage bei Maschinen mit verhältnismäfsig langen und dünnen

Wellenleitungen. Die Ursachen dieser Erscheinung sind ebenfalls die Ungleichförmigkeit des Drehmoments und die Elastizität der Welle.

Leistung einer Dampfturbine.

Die Leistung einer Dampfturbine, welche zum Antrieb einer Schraube dient, kann nur dadurch bestimmt werden, dafs die von der Turbine auf die Schraubenwelle übertragene Kraft bestimmt wird.

Gewöhnlich geschieht dies durch Messen der Verdrehung, welche ein Wellenstück von bestimmter Länge während des Betriebes erfährt, welches durch das Torsions-Indikator (System Föttinger usw.) geschehen kann.

Die damit festgestellte Verdrehung der Welle multipliziert mit ihrer Umdrehungszahl pro Minute und mit einem vorher bestimmten Koeffizienten ergibt die effektive Leistung in Pferdestärken, welche von den Turbinen auf die Schraube übertragen wird.

IV. Teil.

Dampfkessel.

1. Verbrennung. Die zur Dampferzeugung benötigte Wärme wird durch Verbrennung erzielt. Verbrennung ist die chemische Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff unter Entwicklung von Licht und Wärme. Die von 1 Kilogramm Brennmaterial bei vollkommener Verbrennung entwickelte Wärmemenge heifst Heizwert oder Wärmeleistung. Die Angabe desselben erfolgt in Wärmeeinheiten (WE) (s. S. 48) und ist nach Güte und Art der Brennmaterialien verschieden.

Tabelle No. 26. Brennmaterialien.

Brennmaterial	Gewicht von 1 cbm Brennmaterial in kg (geschichtet einschl. der Zwischenräume)	Wärmeleistung in Wärmeeinheiten pro 1 kg bei vollkommener Verbrennung	Zur Verbrennung v. 1 kg Brennmaterial erforderliche Luftmenge in cbm bei 16° C. und 760 mm Barometerstand		Theoretisch erzeugte Dampfmenge in kg pro 1 kg Brennmaterial für Speisewasser von 0° C und Dampf von 100° C.
			Theoretische Verbrennung	Verbrennung mit 100% Luftüberschufs	
Lufttrockenes Holz	weich 250 bis 300 hart 350 bis 450	2900	3,5	7,0	4,5
Beste Braunkohlen	700	5500	6,0	12,0	8,6
Steinkohlen u. Anthrazite	750 bis 800	6800 bis 7500	7,5 bis 8,5	15 bis 17	10,7 bis 11,8
Koks	400 bis 460	6800 bis 7500	7,5	15	—
Masut, Braunkohlenteeröl	840	10000	8,0	16	15,7

Die im Dampfkesselbetrieb praktisch erreichbare höchste Temperatur beträgt bei Steinkohlen und Masut bis ca. 1400°, bei Braunkohlen und Holz bis ca. 1100° C.

Bei vollkommener theoretischer Verbrennung bestehen die durch den Schornstein abziehenden Gase in der Hauptsache aus Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, während sie bei mehr oder weniger unvollkommener Verbrennung aufser den bereits genannten Gasen noch Kohlenoxyd, Sauerstoff, Kohlenstoff in Form von Rufs und Kohlenstoffverbindungen enthalten. Die Temperatur der abziehenden Gase beträgt bei gewöhnlichen Feuerungsanlagen ca. 300°—500° C, bei Feuerungen mit Luftvorwärmung (s. S. 143) ca. 150°—250° C und hängt von dem Grade der Forcierung der Feuerung ab. Der Verlust von der im Brennstoff enthaltenen Wärmemenge, welcher durch die abziehenden Heizgase entsteht, beträgt je nach der Menge der auf 1 kg Brennstoff zugeführten Luft und der Temperatur der durch den Schornstein abziehenden Gase ca. 25÷40% ohne, bzw. 15÷25% bei Luftvorwärmung. Infolge dieser und anderer Verluste sind von der auf dem Rost entwickelten Wärmemenge nur ca. 60 bis höchstens 75% in dem erzeugten Dampf enthalten. Diese Zahl nennt man den Wirkungsgrad des Kessels. Die unverbrannten Rückstände: Schlacke, Asche, Flugasche und Rufs betragen je nach Güte der Kohlen 3,5 bis 15%.

2. Rostfläche. Unter Rostfläche versteht man die von den Roststäben gebildete Fläche, auf welcher die Verbrennung vor sich geht. Die Summe sämtlicher zwischen den Roststäben verbleibenden Spaltflächen heifst die freie Rostfläche. — Das auf 1 qm Rostfläche in der Stunde verbrannte Gewicht Kohlen nennt man die Beanspruchung der Rostfläche.

Die Ausnutzung der auf dem Rost entwickelten Wärmemenge durch den Kessel ist um so geringer, je höher die Forcierung der Feuerung getrieben wird, da in diesem Fall die Verbrennungsgase mit einer wesentlich höheren Temperatur aus dem Schornstein entweichen als bei mäfsiger Beanspruchung.

3. Heizfläche. Die Fläche, durch welche hindurch die Wärmeübertragung stattfindet, heifst Heizfläche. Sie wird einerseits von den Verbrennungsgasen, anderseits vom Wasser berührt; man unterscheidet hiernach wasserberührte und feuerberührte Heizfläche.

Bei Zylinderkesseln ergibt die wasserberührte, bei Wasserrohrkesseln die feuerberührte Heizfläche den gröfseren Wert.

4. Verdampfungsziffer. Die Anzahl der Kilogramme Dampf, welche durch jedes auf dem Rost verbrannte Kilogramm Kohle erzeugt werden, nennt man Verdampfungsziffer. Der Einheitlichkeit halber bezieht man dieselbe stets auf Speisewasser von 0° C. und trockenen gesättigten Dampf von 100° C. (siehe Tabelle No. 27, Seite 142).

Die durch einen Versuch festgestellte Verdampfungsziffer mufs, um für einen Vergleich Bedeutung zu haben, auf obige Verhältnisse umgerechnet werden.

Beispiel: In einem Kessel werden mit 1 kg Kohle 8 kg Dampf von 15 at. absoluter Spannung erzeugt. Die Temperatur des Speisewassers beträgt 90° C. Man berechne die Verdampfungsziffer D für Speisewasser von 0° C und Dampf von 100° C.

Wärmeverbrauch zur Verwandlung von 1 kg Speisewasser von 90° C. in Dampf von 15 at. Spannung:

$$666{,}6 - 90 = 576{,}6 \text{ Kalorien}$$

Wärmeverbrauch zur Verwandlung von 1 kg Speisewasser von 0° C in Dampf von 100° C = 637 Kalorien

$$\text{daher: Verdampfungsziffer } D = 8 \times \frac{576{,}6}{637} \triangleq 7{,}25 \text{ kg.}$$

Die einem Kessel zugeführte Speisewassermenge kann bei genauen Messungen nicht ohne weiteres zur Feststellung der Verdampfungsziffer benutzt werden, da der dem Kessel entnommene Dampf niemals vollständig trocken gesättigt ist, sondern stets mechanisch mitgerissenes Wasser enthält (nasser Dampf). Bei Wasserrohrkesseln ist dies in höherem Grade der Fall als bei Zylinderkesseln.

5. Berechnung der Kesselleistung. Um zu ermitteln, welche Dampfmenge ein Kessel produzieren kann, müssen gegeben sein: die Rostfläche in qm und die Beanspruchung des Rostes pro 1 qm und Stunde. Die Heizfläche mufs für richtig gebaute Kessel nach Tabelle No. 27 diesen beiden Daten entsprechen.

Beispiel. Wie grofs ist die stündliche Dampfleistung eines Zylinderkessels von 40 qm Heizfläche und 1,3 qm Rostfläche: Temperatur des Speisewassers 68° C. Natürlicher Zug. Beanspruchung des Rostes 75 kg. Dampfspannung 12 kg/qcm absolut. Stündliches Kohlenquantum $1{,}3 \times 75 = 97{,}5$ kg. Verdampfungsziffer nach der Tabelle = 8,5. Verdampfungsziffer bei Berücksichtigung der Speisewassertemperatur 68° C. und der Dampfspannung 12 kg/qcm absolut:

$$D = 8{,}5 \times \frac{637}{663{,}5 - 68} \triangleq 9{,}1 \text{ kg.}$$

Gesamte stündliche Dampfmenge:

$$97{,}5 \times 9{,}1 \triangleq 887 \text{ kg.}$$

Diese Kesselanlage würde für eine Maschinenleistung von $887 : 10 \triangleq 88$ PS_i genügend grofs sein, wenn angenommen wird, dafs die Maschine pro Stunde und 1 PS_i 10 kg Dampf verbraucht.

Anzahl der PS_i pro qm Rostfläche: $88 : 1{,}3 \triangleq 68$ PS_i.

Anzahl der PS_i pro qm Heizfläche: $88 : 40 \triangleq 2{,}2$ PS_i.

Die Gröfse eines Kessels für eine bestimmte Leistung berechnet man gewöhnlich aus dem Verhältnis:

$$\frac{\text{Indizierte Pferdestärken}}{\text{Rostfläche}} \text{ (siehe Tabelle No. 27).}$$

6. Luftüberdruck und Zugsysteme. Zur Herbeischaffung der für die Verbrennung auf dem Rost nötigen Luftmenge mufs im Aschfall ein gröfserer Luftdruck als im Verbrennungsraum herrschen, damit die bestehende Druckdifferenz die Verbrennungsluft mit einer gewissen Geschwindigkeit durch die Rostspalten und durch die auf dem Roste befindliche glühende Kohlenschicht hindurchtreiben kann. Mit der Beanspruchung des Rostes wächst auch die benötigte Luftmenge; deshalb ist für forcierte Feuerungsanlagen ein gröfserer Luftüberdruck erforderlich (siehe Tabelle No. 27). Der in der Tabelle angegebene Luftüberdruck ist die Differenz der Luftpressungen unterhalb und oberhalb des Rostes in Millimeter Wassersäule. (Luftdruckmesser siehe S. 241.)

Tabelle No. 27. Luftdruck und Zugsysteme.

Art des Luftzuges	Natürlicher Zug	Mäßig forcierter Zug Induced draught Howdens forced draught	Stark forcierter Zug
Kesselsystem	Zylinderkessel	Zylinderkessel oder Wasserrohrkessel	Wasserrohrkessel oder Lokomotivkessel
Luftüberdruck in mm Wassersäule	5 bis 15	10 bis 20	20 bis 70
Beanspruchung der Rostfläche	70 bis 110	110 bis 180	180 bis 300
Indizierte Pferdest. pr. 1 m² Rostfläche	70 bis 130	120 bis 180	200 bis 300
Verdampfungsziffer	8,0 bis 9,0	7,0 bis 8,0	6,5 bis 7,5
$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} =$	25 bis 35	35 bis 50	45 bis 60

Bei natürlichem Zug und induced draught entsteht diese Druckdifferenz durch Verdünnung der Verbrennungsluft oberhalb der Kohlenschicht bzw. im Saugkanal des Flügelradventilators. Bei forciertem Zug wird der Überdruck der Luft meist im Heizraum oder in den Druckkanälen des Ventilators erzeugt und der Überdruck gegenüber der Atmosphäre angegeben.

Der natürliche Zug wird durch die Gewichtsdifferenz zwischen Außenluft und der Luft in der Feuerungsanlage hervorgerufen und kann annähernd bestimmt werden mit Hilfe der Formel:

$$h = \frac{H}{0{,}8} \cdot \left(1 - \frac{t_1 + 273^0}{t_2 + 273^0}\right) - 3.$$

Hierin bedeuten:

h die Druckdifferenz in mm Wässersäule.
H die Höhe der Schornsteinoberkante über dem Rost in m.
t_1 die Temperatur der Außenluft in Graden Celsius.
t_2 die mittlere Temperatur der Schornsteingase. ($t_2 = 300^0$ C bis 500^0 C.)

Die in Abzug kommenden 3 mm Wassersäule entsprechen den Widerständen der Rauchgase in den Rauchkanälen.

Beispiel. $H = 21$ m, $t_1 = 20^0$; $t_2 = 350^0$.

$$h = \frac{21}{0{,}8} \cdot \left(1 - \frac{20 + 273}{350 + 273}\right) - 3 = 11 \text{ mm Wassersäule.}$$

Induced draught nennt man die in Fig. 203 u. 204 dargestellte Luftzugeinrichtung, bei welcher die Rauchgase aus dem Rauchfang *A* mittels eines Flügelradventilators *G*, welcher über den Kesseln *K* aufgestellt ist, abgesaugt werden.

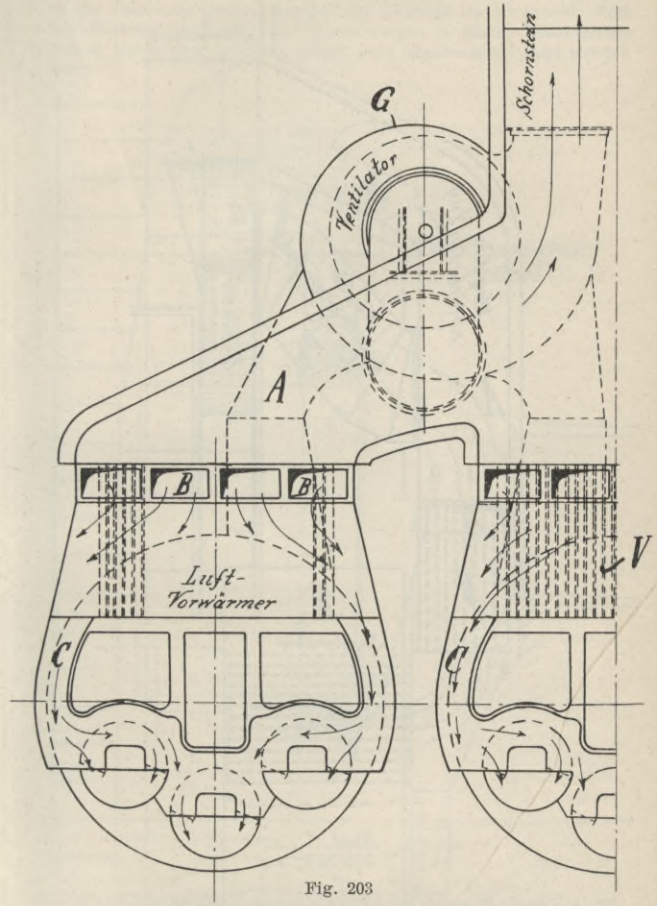


Fig. 203

Durch die Wirkung des Ventilators entsteht oberhalb des Rostes eine Luftverdünnung, welche die Verbrennungsluft veranlafst, durch die Kohlenschicht hindurchzuströmen.

Um die Wärme der abziehenden Heizgase auszunützen und die Flügelräder vor Verbrennung durch dieselben zu schützen, ist

in den Rauchfang ein Vorwärmer *V* für die Verbrennungsluft eingebaut. Derselbe besteht aus einem Rohrsystem, welches von den Heizgasen durchflossen und von der Verbrennungsluft umspült wird. Die Verbrennungsluft tritt durch die Öffnungen *B* in das

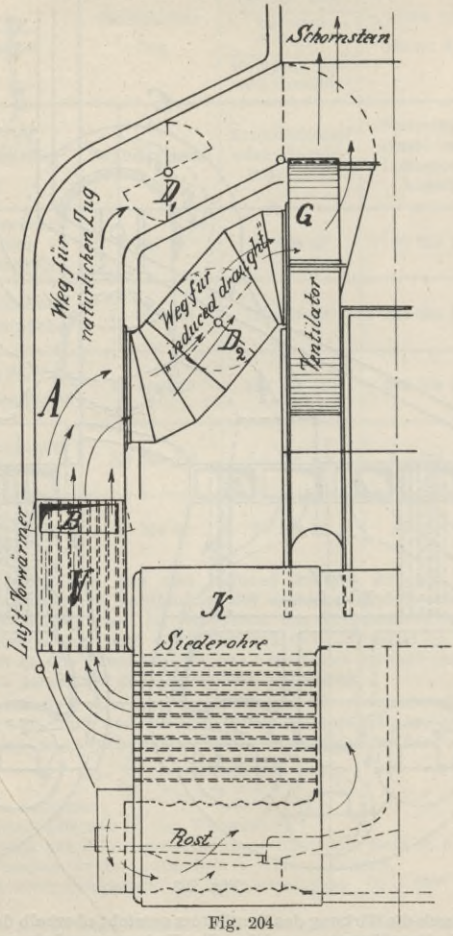


Fig. 204

Rohrsystem ein und gelangt durch die Kanäle *C* in die Feuerung. Auf diese Weise erzielt man eine Vorwärmung der Verbrennungsluft bis ca. 150° C.

Um jederzeit den künstlichen Zug in natürlichen Zug verwandeln zu können, sind Klappen D_1 und D_2 vorgesehen, durch welche das Flügelrad ausgeschaltet werden kann. Um zu verhindern, dafs beim Reinigen der Feuer grofse Mengen kalter Luft in die Feuerung treten, werden die Rauchfänge so geteilt, dafs die Verbrennungsgase von jedem Feuer in einem gesonderten Kanal aufsteigen, welcher durch eine Klappe abgesperrt werden kann.

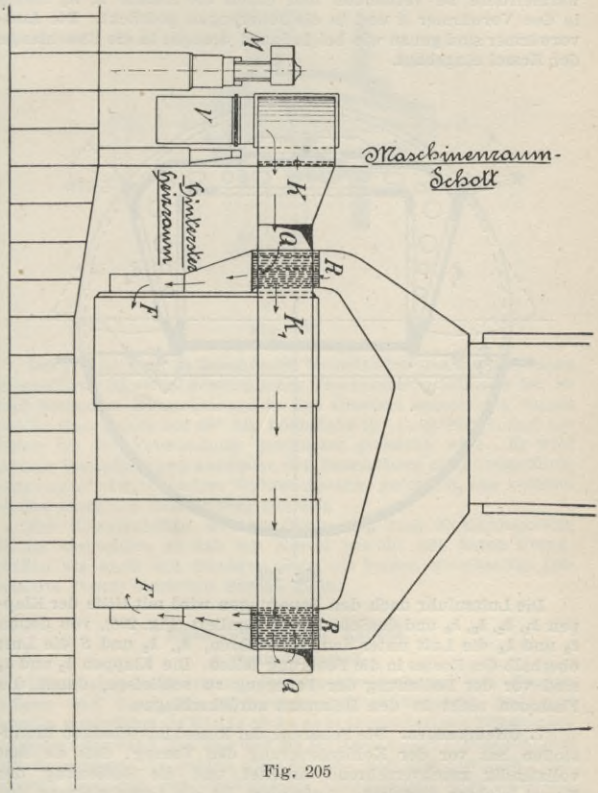


Fig. 205

Forcierter Zug: a) bei geschlossenem Heizraum. Die Luft wird mit Hilfe von Flügelradventilatoren in den luftdicht abgeschlossenen Heizraum hineingedrückt.

Die Niedergänge zu den geschlossenen Heizräumen werden mit doppelten Türen versehen. Der Raum zwischen beiden Türen heifst „Luftschleuse“.

b) Bei geschlossenem Aschfall. Die Druckluft wird dem Aschfall durch Druckkanäle zugeführt, die unter den Flurplatten des Heizraums entlang zum Aschfall gehen. Die Feuertüren sind hierbei so eingerichtet, dafs sie erst nach Abstellen der Druckluft geöffnet werden können.

c) Bei Howdens forced draught (Fig. 205) wird die Verbrennungsluft mit Hilfe eines Ventilators V von Deck oder aus dem Maschinenraum angesaugt, um ein Verschmutzen der Vorwärmerrohre zu vermeiden und durch die Kanäle K, K_1 und Q in den Vorwärmer R und in die Feuerungen gedrückt. Die Luftvorwärmer sind genau wie bei Induced draught in die Rauchfänge der Kessel eingebaut.

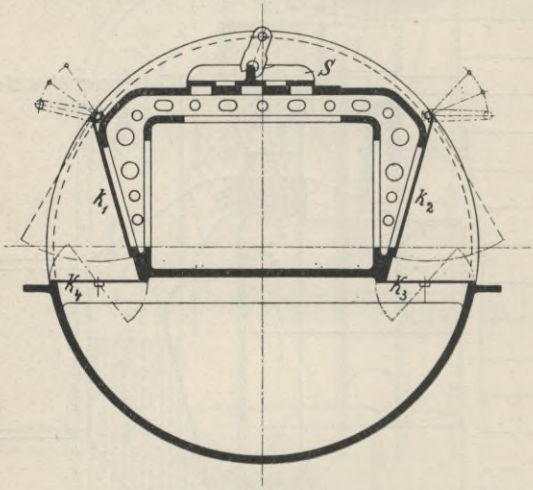


Fig. 206

Die Luftzufuhr nach den Feuerungen wird mit Hilfe der Klappen k_1, k_2, k_3, k_4 und desSchiebers S reguliert (Fig. 206), von denen k_3 und k_4 die Luft unter den Rost führen, k_1, k_2 und S die Luft oberhalb des Rostes in die Feuerung leiten. Die Klappen k_3 und k_4 sind vor der Bedienung der Feuerung zu schliefsen, damit die Flammen nicht in den Heizraum zurückschlagen.

7. Ölfeuerungen. Die Feuerung der Kessel mit flüssigen Brennstoffen hat vor der Kohlenfeuerung den Vorzug, dafs sie fast vollständig rauchverzehrend arbeitet und die Bedienung der Kessel leichter gestaltet. Aufserdem ist die Unterbringung des hochwertigen flüssigen Brennstoffes leichter als die der gleichwertigen Menge Kohlen. Das Öl wird je nach Kesselgröfse mit Hilfe von einem oder mehreren Zerstäubern in den Feuerungsraum eingeführt. Bei Zylinderkesseln werden die inneren Wandungen der Flammrohre im vorderen Teil mit einer Schamottebekleidung versehen.

Beim Dampfstrahlzerstäuber sind je eine Dampf- und eine Heizöldüse konzentrisch (Fig. 207) oder unmittelbarer nebeneinander angeordnet. Der Dampfstrahl reifst das austretende Heizöl an sich und befördert es in den Feuerungsraum, indem er gleichzeitig eine Zerstäubung des Heizöles nach allen Richtungen bewirkt.

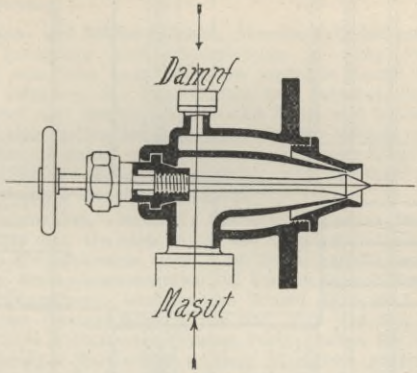


Fig. 207

Das Heizöl wird in besonderen Heizölzellen des Doppelbodens mitgeführt. Da es bei gewöhnlicher Temperatur dickflüssig ist, so sind besondere Heizschlangen in den Ölzellen angeordnet, durch welche das Heizöl auf 40° bis höchstens 60° C. erwärmt und dadurch für die Verwendung geeigneter gemacht wird. Es wird mittels Dampfpumpen entweder den Zerstäubern direkt zugeführt, oder zunächst in besondere Verbrauchstanks gefördert, aus welchen es den einzelnen Zerstäubern zufliefst.

Bei Kriegsschiffen werden Ölfeuerung und Kohlenfeuerung häufig verbunden, so dafs ein Kessel sowohl mit festen Brennstoffen als auch mit flüssigen oder mit beiden gleichzeitig (gemischte Feuer) betrieben werden kann.

Konstruktion der Kessel.

A. Zylinderkessel.

Diese sind zylindrische Grofswasserraumkessel mit Flammrohren und durch die Siederohre zurückkehrendem Zug und werden ausgeführt als Einfachkessel (Einender) mit Feuerungen an einer Stirnwand (Fig. 212) und als Doppelkessel (Doppelender) mit Feuerungen an beiden Stirnwänden (Fig. 208). Letzterer entspricht zwei mit den Rückwänden verbundenen Einfachkesseln.

1. Die **Kesselhülle** wird aus Siemens-Martin-Stahlblechen hergestellt. Die Längsnähte der Mantelbleche werden stumpf zusammengestofsen, innen und aufsen durch Laschen verbunden und mindestens zweireihig genietet, die Umfangsnähte werden mindestens zweireihig überlappt genietet. Bei maschinell genieteten Kesseln ist die Krempe einer Bodenseite nach aufsen gekehrt.

Fig. 208

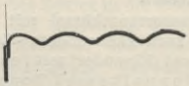


Fig. 209

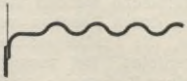


Fig. 210

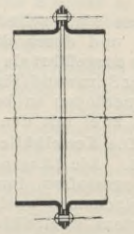


Fig. 211

Bei kleinen Kesseln findet man Dampfdome, welche bei unzureichendem Dampfraum des Kessels die Entnahme von trockenem Kesseldampf ermöglichen. Sie sind zylindrisch und stehen entweder senkrecht auf dem Kessel oder liegen parallel über demselben und sind dann durch einen Rohrstutzen von genügender Weite mit ihm verbunden.

2. **Mann- und Schlammlöcher.** Normale Zylinderkessel müssen zwecks Reinigung und Untersuchung in allen Teilen zugänglich sein, und zwar besonders zwischen Mantel und Rohrbündel; zwischen den Rohrbündeln und zwischen den Flammrohren und dem Mantel. Hierzu sind Mann- und Schlammlöcher an geeigneten Stellen der Stirnwände oder des Mantels vorgesehen. Mannlöcher im Mantel werden durch aufgenietete Ringe verstärkt.

Zwischen den Rohrgruppen findet man mitunter mit Scharnieren befestigte losnehmbare Anker.

3. **Flammrohre.** Material: Flufseisen. Lichter Durchmesser 700 bis 1200 mm. Je nach Gröfse der Kessel sind 1 bis 4 Flammrohre bei Einfachkesseln, 4 bis 8 bei Doppelkesseln vorhanden.

Glatte Flammrohre erhalten bei Längen über 1200 mm 1 oder 2 Verstärkungsringe (Adamsonsche Ringe). (Fig. 211.) Gewellte Flammrohre (System Morison [Fig. 209], Fox [Fig. 210], Deighton) und gerippte Flammrohre (System Purve) haben bei verhältnismäfsig geringer Wandstärke gröfsere Steifigkeit gegen äufseren Druck und gröfsere Heizfläche als glatte Flammrohre.

Häufig ist die Konstruktion derartig, dafs sich das Flammrohr behufs Reparatur oder Erneuerung durch die Kesselstirnwand herausnehmen läfst. (Ausziehbare Flammrohre.)

4. Die **Siederohre** sind entweder nahtlos gezogene flufseiserne oder überlappt geschweifste schweifseiserne Rohre von folgenden gebräuchlichen Abmessungen:

63 mm	äufserer	Durchmesser	und	ca. 3	mm	Wandstärke
73 »	»	»	»	ca. 3,5	»	»
83 »	»	»	»	ca. 4	»	»

Die Länge zwischen den Rohrwänden beträgt meist nicht über 2400 mm.

Die Befestigung der Siederohre in den Rohrwänden erfolgt durch Einwalzen derEnden in die glatten Bohrungen. Wegen des leichteren Einziehens ist der Durchmesser der Rohre in der äufseren Rohrwand um ca. 3 mm gröfser als in der inneren. Die inneren aus der Rohrwand vorstehenden Enden werden häufig umgebörtelt und verstemmt.

Die Siederohre werden so gesetzt, dafs zwischen benachbarten Rohren eine Wasserschicht von 18 bis 25 mm verbleibt.

Eingelegte Spiralen aus Bandeisen (Retarder) verhindern, dafs sich Flugasche in den Siederohren ablagert, und erhöhen dadurch die Wirksamkeit der Siederohre.

5. Die **Feuerbüchse** (Verbrennungskammer) verbindet das Flammrohr mit dem darüber liegenden Siederohrbündel und ist aus flachen Wänden gebildet. Für je 2 sich gegenüberliegende Flammrohre ist in der Regel eine gemeinsame Feuerbüchse vorhanden, die manchmal durch eine Wand aus feuerfestem Material geteilt ist, z. B. bei Howdens forced draught. Seltener findet man für sich gegenüberliegende Flammrohre 2 getrennte Feuerbüchsen.

Man findet folgende Anordnungen: a) Sämtliche Flammrohre haben eine gemeinsame Feuerbüchse; b) je zwei Flammrohre haben eine gemeinsame Feuerbüchse, z. B. die beiden mittleren eines Kessels mit vier Flammrohren; c) oder jedes Flammrohr hat eine Feuerbüchse. Da beim Beschicken oder Reinigen eines Feuers die eindringende kalte Luft sich nur über eine Rohrgruppe

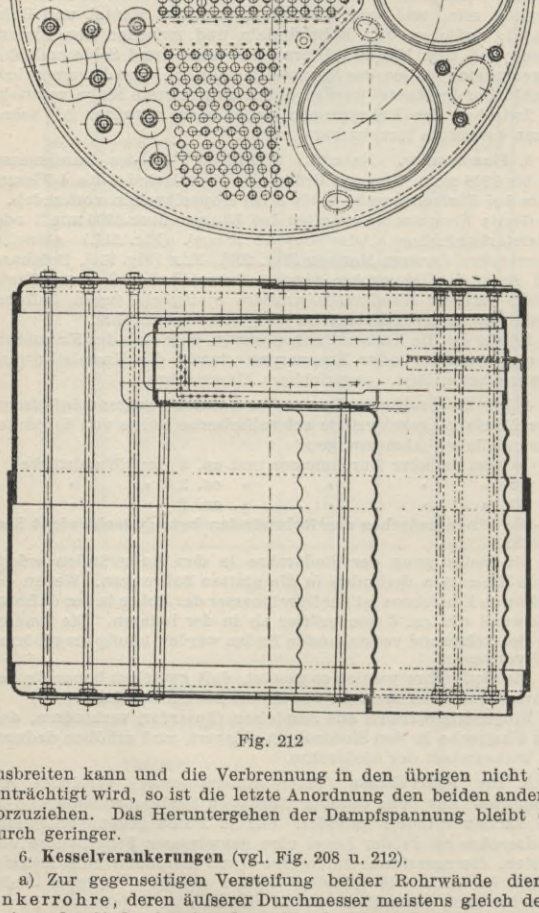


Fig. 212

ausbreiten kann und die Verbrennung in den übrigen nicht beeinträchtigt wird, so ist die letzte Anordnung den beiden anderen vorzuziehen. Das Heruntergehen der Dampfspannung bleibt dadurch geringer.

6. **Kesselverankerungen** (vgl. Fig. 208 u. 212).

a) Zur gegenseitigen Versteifung beider Rohrwände dienen Ankerrohre, deren äußerer Durchmesser meistens gleich demjenigen der Siederohre ist, deren Wandstärke jedoch 5 bis 10 mm

beträgt. Die Enden erhalten feines Gewinde und werden damit in beide Rohrwände eingeschraubt, aufgewalzt und bisweilen umgebörtelt. Die Ankerrohre sind über die Rohrbündel gleichmäfsig verteilt. Bei Kesseln für hohe Dampfspannung sind häufig die äufseren Rohrreihen zu beiden Seiten der Rohrbündel nur aus Ankerrohren gebildet.

b) Die Stirnwandanker (Stahl) dienen zur gegenseitigen Verankerung der Kesselböden und werden zu diesem Zweck an den Enden verstärkt und mit feinem Gewinde versehen, mit welchem sie in die mit aufgenieteten Verstärkungen versehenen Stirnwände eingeschraubt und aufsen, eventuell auch innen, mit Mutter, Scheibe und Packung abgedichtet werden.

c) Stehbolzen aus Stahl dienen zur Verankerung von flachen Wänden mit geringem gegenseitigen Abstand (z. B. zwischen den Wandungen der Feuerbüchsen). Sie werden mit Gewinde in die flachen Wandungen eingeschraubt, und die vorstehenden Enden vernietet oder mit Muttern, Unterschlagscheiben und Packung gedichtet.

d) Deckenanker versteifen die flachen Decken der Feuerbüchsen gegen den Kesselmantel und sind an beiden Enden scharnierartig befestigt (Fig. 208).

e) Zu demselben Zweck werden auch Bügelanker oder Feuerbüchsdeckenträger aus hochkant gestellten Blechträgern angewendet, die mit den Enden auf der hinteren Rohrwand bzw. auf der hinteren Feuerbüchswand aufliegen und durch mehrere Stehbolzen mit der Decke verbunden sind (Fig. 212).

7. **Die Feuerungsanlage.** Der Rost besteht aus ein oder zwei Lagen von Roststäben, welche vorn auf der Schürplatte, hinten auf dem Feuerbrückenträger aufliegen. Bei Anwendung zweier Lagen befindet sich in der Mitte ein Rostbalken.

Die obere Stärke der Roststäbe beträgt 15 bis 24 mm, die Weite der Rostspalten 8 bis 12 mm. Die Roststäbe müssen sowohl in der Länge als auch in der Breite genügend Spiel haben, um sich bei der Erwärmung frei ausdehnen zu können. Material der Roststäbe für Handelsschiffe Gufseisen, für Kriegsschiffe Walzeisen (Roststabeisen).

Bei Wellrohren liegen zu beiden Seiten des Rostes sogenannte Seitenroststäbe, welche in die Wellen der Flammrohre hineinpassen müssen.

Nach hinten wird der Rost von der Feuerbrücke begrenzt, welche etwa 120 bis 200 mm über der Rostfläche hoch ist und aus Schamotteziegeln (gebrannter, feuerfester Ton) und Schamottemasse (Schamottemehl) auf dem gufseisernen Feuerbrückenträger aufgemauert wird (vgl. Fig. 213 u. 214).

Feuerzarge und Feuertür werden aus Eisenblech oder Gufseisen mit auswechselbaren inneren Schutzblechen hergestellt. Die Feuertüren klappen nach der Seite oder nach oben auf (nach innen oder aufsen) und sind im letzteren Fall mit Gegengewichten so ausbalanciert, dafs sie die Türöffnung von selbst geöffnet oder verschlossen halten (Fig. 213 u. 214).

Unterhalb der Feuertür wird der Aschfall durch einen Dämpfer abgeschlossen, welcher mit Ösen an der Feuerzarge drehbar aufgehängt ist und sich beim Herausziehen der Asche leicht fortnehmen läfst. Er dient bei natürlichem Zug zur Regulierung des Luftzutritts nach der Feuerung.

Bei Wellrohren bedeckt man häufig zur Erleichterung des Ascheziehens die Wellen im Aschfall mit einem eingelegten glatten Blech. Zur leichteren Handhabung der schweren Schürgeräte ist quer vor der Mündung des Aschfalls der Schürstock angebracht.

Die Rauchkammer schliefst sich vor der Kesselstirnwand an die Rohrbündel an. Sie wird doppelwandig aus Blechen mit zwischengesetzten Distanzrohren hergestellt. An ihrer vorderen

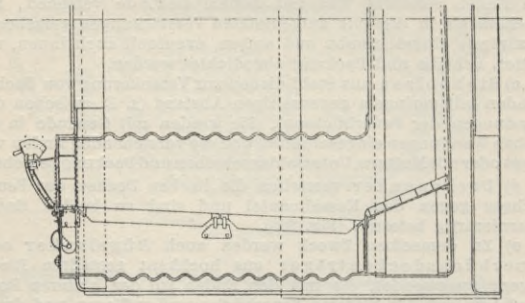


Fig. 213

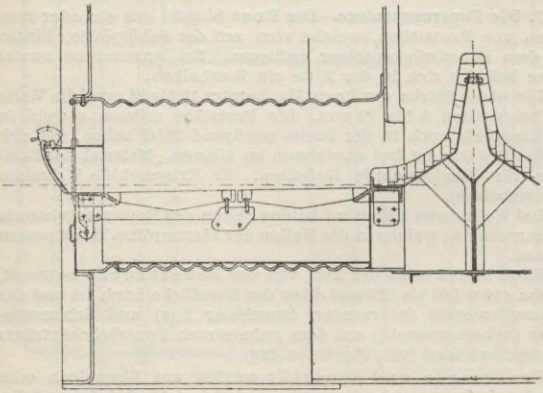


Fig. 214

Seite befinden sich doppelwandige mit inneren Schutzblechen versehene Rauchkammertüren, welche in kräftigen Scharnieren hängen und mit Vorreibern verschlossen werden. Bei Anlagen mit Howdens Zug können die Vorreiber noch durch eine vorgesetzte Mutter festgezogen werden, damit die Türen ganz dicht schließen. Wird die Kesselstirnwand oberhalb des niedrigsten Wassertandes von Heizgasen bestrichen, so mufs sie entweder besonders verstärkt oder durch ein Schutzblech abgedeckt werden. Die Züge

der einzelnen Rohrgruppen werden in der Rauchkammer durch Leitbleche getrennt und können häufig durch Klappen einzeln abgesperrt werden, um zu vermeiden, dafs beim Reinigen der Roste kalte Luft in die Feuerungen tritt.

Rauchfang und Schornstein. Der Schornstein schliefst sich an den Rauchfang an. Besitzen mehrere Kessel einen gemeinsamen Schornstein, dann werden ihre Rauchfänge schräg nach oben zusammengeführt. Die Züge der einzelnen Kessel werden häufig (derjenige des Hilfskessels immer) voneinander getrennt bis Oberkante Schornstein geführt, damit die Zugverhältnisse der einzelnen Kessel voneinander unabhängig sind. Jede Abteilung erhält eine Klappe, welche vom Heizraum aus reguliert werden kann. Rauchfang und Schornstein werden nach oben bis zum Deckskasten doppelwandig ausgeführt, bei Kriegsschiffen wird der Rauchfangmantel meist noch mit Asbestmatten bekleidet.

Der Schornstein wird mit oder ohne Mantel ausgeführt und der Mantel zur Ventilation des Kesselraumschachtes benützt. Der Schornstein mufs sich in seinem Mantel frei nach oben bewegen können, ohne den durch die Stagen festgehaltenen Mantel mitzuschieben. Ist der Mantel mit dem Schornstein fest verbunden, dann dürfen die Schornsteinstangen erst angezogen werden, wenn der Schornsteim warm ist.

Das Loch in der Kesselschachtdecke, durch welches der Schornsteinmantel nach aufsen tritt, wird dann, um Regen abzuhalten, von einer Regenkrone überdacht.

Zugquerschnitte für normale Zylinderkessel, bezogen auf 1 qm Rostfläche.

Zugquerschnitt	der Rostspalten (freie Rostfläche):	ca. 0,35 qm
»	über der Feuerbrücke	0,16 bis 0,25 »
»	in den Siederohren	0,16 » 0,20 »
»	im Schornstein	0,125 » 0,175 »

8. **Kesselbekleidung.** Zum Schutze gegen Abkühlung und zur Vermeidung warmer Heizräume wird der Mantel der Zylinderkessel oberhalb der Böcke mit Isoliermasse bekleidet, und zwar mit Filz bei niedriger (bis etwa 8 atm., da er sonst verbrennt) und mit Kieselgur oder Asbestmatten bei hoher Spannung. Zum Schutz gegen Verletzungen der Isolierung wird über dieselbe ein Mantel aus verzinktem Eisenblech oder Drahtgase gelegt. Vor dem Bekleiden werden die Mantelbleche mit einem sorgfältigen Menniganstrich versehen. Das untere Drittel des Kessels zwischen den Böcken wird mit losnehmbaren Korksteinplatten oder dergleichen bekleidet.

9. **Kesselfundament.** Die Zylinderkessel werden auf Böcken aus Winkeln und Blechen gelagert, jedoch so, dafs Nietnähte und Stehbolzen von denselben nicht bedeckt werden. Die Lagerböcke werden häufig zweiteilig hergestellt; der untere Teil wird dann auf den Bodenstücken bzw. dem Doppelboden festgenietet. Die obere Hälfte wird bei Montage eingeschoben und aufgeschraubt, wenn sich der Kessel in richtiger Lage befindet. Die Verschiebung der Kessel längsschiffs wird durch Knaggen verhindert.

Am oberen Teil des Kesselmantels werden 2 bis 4 Ösen angenietet, welche durch Anker mit den nächstliegenden Decksbalken oder den Ösen des Nachbarkessels verbunden sind.

B. Wasserrohrkessel.

1. **Dürr-Kessel** (Fig. 215 u. 216). Ein meistens querliegender zylindrischer Oberkessel ist an seiner unteren Seite mit einer Wasserkammer verbunden, welche ohne Nietnaht, nur durch

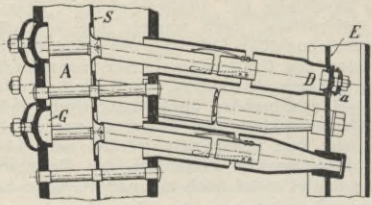


Fig. 215

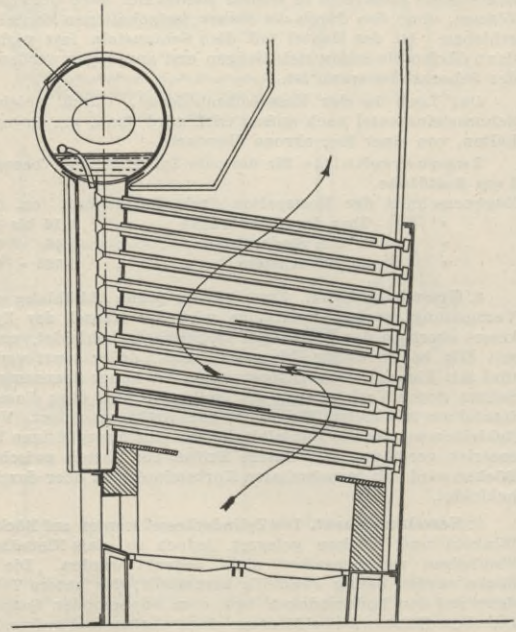


Fig. 216

Schweifsung hergestellt ist. Eine Scheidewand *S* (Fig. 215) teilt die Wasserkammer in einen vorderen Raum *A* und einen hinteren Raum.

Die Wasserrohre sind in die hintere Wasserkammerwand konisch eingesetzt und wegen der Wasserzirkulation stark nach hinten geneigt. Ihr äufserer Durchmesser beträgt 70 bis 90 mm bei einer Wandstärke von 3 bis 5 mm. Die freien Rohrenden *D* lagern lose in einer schmiedeisernen Gitterwand *E*. Die Einsteckrohre (Zirkulationsrohre) sitzen mit trichterförmigen Mündungen in der Trennungswand der Wasserkammer und reichen bis nahe an das hintere Ende der Wasserrohre.

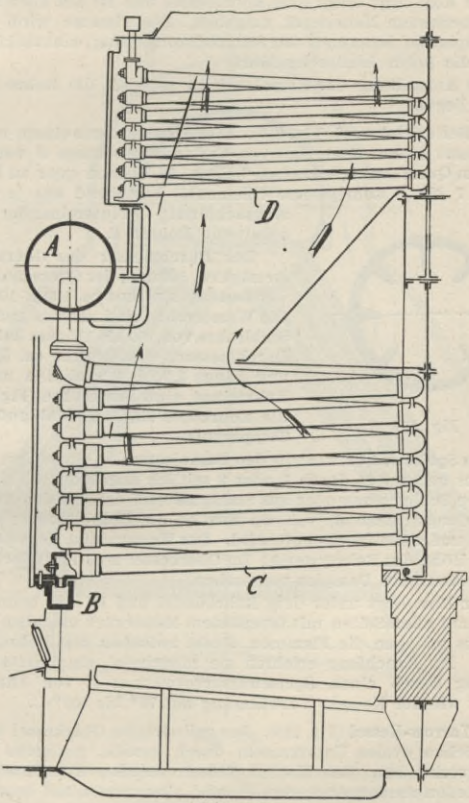


Fig. 217

Die Reinigungsöffnungen *G* in der vorderen Wasserkammerwand werden mit konischen, innen dichtenden Deckeln verschlossen. Die hinteren Rohrenden werden entweder gleichfalls durch konische Pfropfen (nach *a*) von innen, oder auch mit aufgeschraubten Kapselmuttern gedichtet (wie im unteren Rohr dargestellt).

Das Speisewasser wird in den Oberkessel eingeführt, sinkt im vorderen Teil *A* der Wasserkammer nach abwärts und gelangt durch die Einsteckrohre in das hintere Ende der Wasserrohre. Das entstandene Gemisch von Dampfblasen und Wasser steigt im hinteren Teil der Wasserkammer hoch. Das Wasser wird im Oberkessel durch Prallbleche abgeschieden. Häufig geht der Dampf noch durch einen im Rauchfang liegenden Dampftrockner von ähnlicher Konstruktion wie die Wasserrohre.

Der Rost liegt unter dem Rohrbündel und ist auf allen Seiten von feuerfestem Mauerwerk umgeben. Die Flamme wird durch Abdeckplatten (eventuell mit Schüttelvorrichtung) zickzackförmig durch die Rohre hindurchgeführt.

Die Aufstellung der Kessel erfolgt so, dafs die Rohre längsschiffs liegen.

2. **Bellevillekessel** (Fig. 217). Dieser besteht aus einem runden Oberkessel *A* und einem unteren Verbindungsstutzen *B* von viereckigem Querschnitt; zwischen beiden, in Ebenen quer zu ihnen, liegen 7 bis 8 Rohrsysteme (Elemente) bestehend aus je ca. 14 zickzackförmig hintereinander geschalteten Rohren *C*.

Fig. 218

Der Durchmesser des Oberkessels beträgt ca. 500 mm, der Querschnitt des Verbindungsstutzens ca. 100 × 100 mm. Die Wasserrohre sind nahtlos gezogene Stahlrohre von 100 bis 115 mm äufserem Durchmesser. Wandstärke ca. 5,5 mm und Länge 2,0 bis 2,2 m. Die unteren Rohrreihen sind Serverohre (Fig. 218); die Rohrköpfe sind aus Stahlgufs oder Tempergufs.

Das Speisewasser wird in den Dampfsammler eingeführt. Von hier aus gelangt es durch 1 oder 2 seitlich angeordnete Fallrohre in einen Schlammsammler aus Stahlgufs und dann in den unteren Verbindungsstutzen *B*, von wo aus es die Rohrelemente durchströmt und dabei verdampft wird. Der Wasserstand liegt etwa in halber Höhe des Rohrsystems. Im Oberkessel sind Prallbleche zur Abscheidung des Dampfes vorgesehen.

Der Rost liegt unter dem Rohrbündel und ist wie beim Dürrkessel auf allen Seiten mit feuerfestem Mauerwerk umgeben. Von hier aus schlagen die Flammen direkt zwischen den Rohren hindurch. Im Rauchfang erfahren sie manchmal eine weitere Abkühlung durch einen Speisewasservorwärmer *D* von ähnlicher Bauart wie der Kessel. Vorwärmung auf 70° bis 100° C.

3. **Yarrow-Kessel** (Fig. 219). Der zylindrische Oberkessel ist mit 2 seitlichen ovalen Unterkesseln durch gerade, gezogene Stahlrohre verbunden. Bei kleinen Kesseln werden die Unterkessel aus 2 Teilen zusammengeschraubt und sind dann nicht befahrbar, bei gröfseren sind sie einteilig und mit Mannlöchern versehen.

Die Wasserrohre erhalten einen äufseren Durchmesser von 25 bis 42 mm bei ca. 3 mm Wandstärke.

Der Rost liegt zwischen beiden Unterkesseln, die Flammen schlagen direkt nach den Seiten durch die Rohre und treten auf der ganzen Breite und Höhe des Rohrbündels aus.

Gespeist wird in den Oberkessel; von hier aus fällt das Wasser durch die äufseren, weniger erhitzten Rohre der beiden Bündel in die Unterkessel und steigt durch die inneren Siederohre wieder in die Höhe, indem es verdampft. Mitgerissenes Wasser wird durch Prallbleche abgeschieden.

Neuerdings kombiniert man manchmal zur Verbesserung der Ökonomie Yarrow-Kessel mit Howdens forced draught.

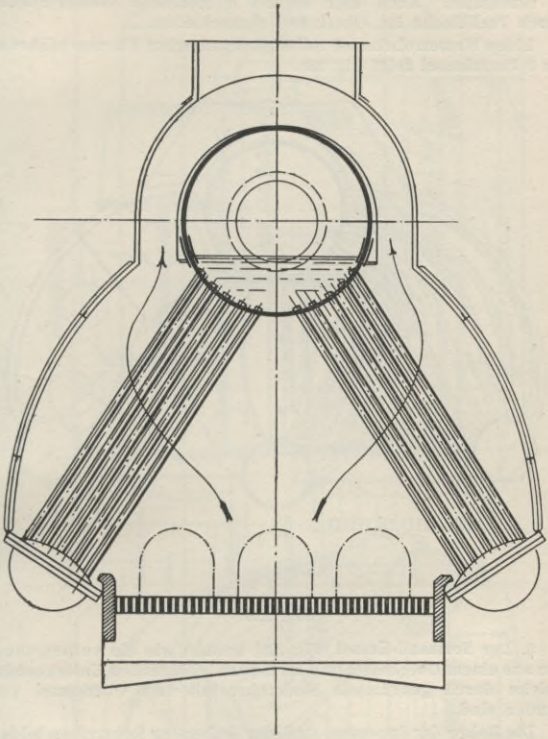


Fig. 219

4. **Thornycroft-, Schulz- und ähnliche Kesseltypen.** Die Gesamtanordnung des Oberkessels, der 2 oder 3 Unterkessel und der Rohre ist der vorigen ähnlich, jedoch sind die Rohre gekrümmt und die Unterkessel rund. Die Flamme tritt auf der ganzen Länge des Unterkessels in das Rohrbündel ein und auf der ganzen Länge des Oberkessels aus dem Rohrbündel aus.

Fallrohre, entweder aufserhalb des Kesselgehäuses oder innerhalb und vor Einwirkung der Flammen durch dichte, aus Wasser-

röhren gebildete Wände geschützt, verbinden gleichfalls Ober- und Unterkessel.

Äufserer Durchmesser der Rohre ca. 30 bis 36 mm; äufserer Durchmesser der Fallrohre ca. 90 bis 170 mm.

Die Speisung erfolgt in den Oberkessel. Von hier aus fällt das Wasser durch die Fallrohre gleichmäfsig in die Unterkessel und steigt durch die Siederohre zurück in den Oberkessel, indem es verdampft. Auch hier werden mitgerissene Wasserteilchen durch Prallbleche im Oberkessel abgeschieden.

Einen Wasserrohrkessel mit sog. Schulzscher Flammenführung für 3 Unterkessel zeigt Fig. 220.

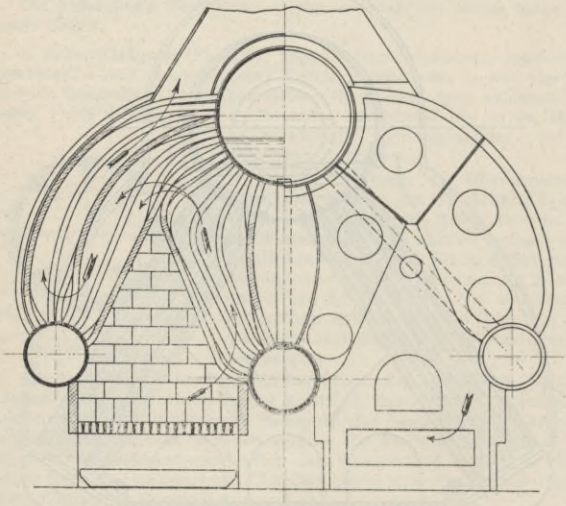


Fig. 220

5. Der **Normand-Kessel** (Fig. 221) besteht wie die vorhergehenden aus einem Oberkessel und zwei parallelliegenden Unterkesseln, welche durch gekrümmte Siederohre mit dem Oberkessel verbunden sind.

Die Rohre der innersten und der äufsersten Rohrreihen bilden zwei vollkommen dichte Rohrwände, zwischen denen hindurch die Flammen in Längsrichtung des Kessels geführt werden. Der Eintritt der Flamme in das Rohrbündel erfolgt meist nahe an der Vorderwand längs der ganzen Höhe einiger Siederohre und der Austritt durch eine Öffnung in den äufseren Rohrreihen oben, unterhalb des Schornsteins.

Ober- und Unterkessel sowie auch die Unterkessel sind gegenseitig verankert. Zwischen Ober- und Unterkessel sind meist Fallrohre an einem und Anker am anderen Ende vorgesehen. Die Anker sind ihrer Länge nach durchbohrt und durch Kesselwasser gekühlt.

Der äufsere Durchmesser der Rohre beträgt ca. 36 mm bis 42 mm bei ca. 3 mm Wandstärke.

Die Speisung und der Kreislauf des Kesselwassers erfolgen wie beim Thornycroft-Kessel; der Rost liegt zwischen den Unterkesseln.

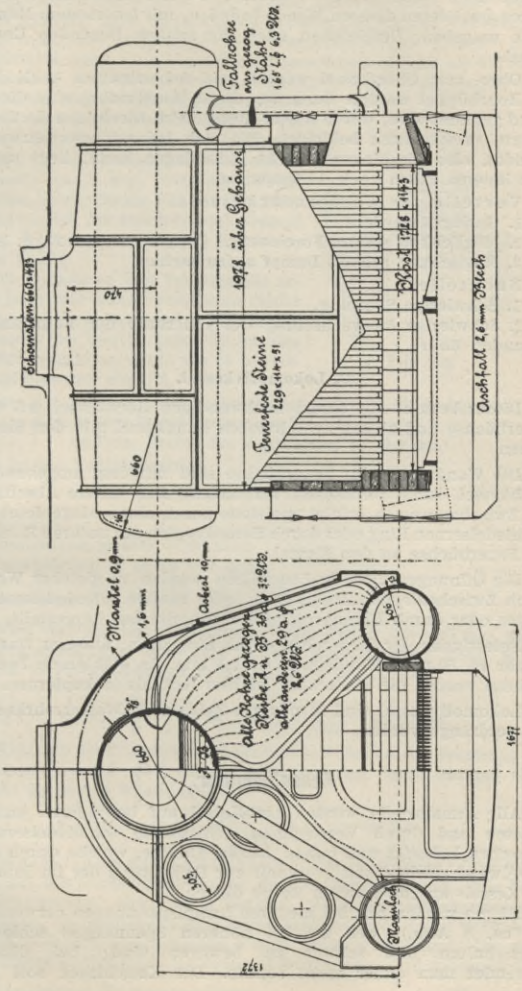


Fig. 221

6. Allgemeines über Wasserrohrkessel. Die Befestigung der nahtlos gezogenen Stahlrohre im Ober- und Unterkessel geschieht bei den engrohrigen Wasserrohrkesseln meist durch Einwalzen in die mit halbrunden Gewindegängen versehenen Bohrungen.

Der Verbrennungsraum wird — zum Schutze des den Kessel umgebenden Blechmantels — überall, wo sich keine aus Wasserrohren gebildeten dichten Wände befinden, mit feuerfestem Mauerwerk umgeben. Desgleichen auch die seitlich liegenden Unterkessel.

Ober- und Unterkessel werden mit Asbestmatten bekleidet; die Rohrbündel werden dort, wo durch Wasserrohre eine dichte Wand gebildet wird, durch Blech, Luftschicht, Blech und darübergelegte Asbestmatten bekleidet. Wo sich keine Wasserrohrwand befindet, also die Flamme direkt hinschlagen kann, liegt unter dem inneren Blech noch Asbestpappe.

Vorteile der Wasserrohrkessel:

1. Geringes Gewicht.
2. Möglichkeit starker Forcierung. (Vergl. Tab. No. 27, S. 142.)
3. Möglichkeit schnell Dampf aufzumachen.

Nachteile:

1. Schwierige Speisung.
2. Schwierige Auswechselung der innerhalb der Rohrbündel liegenden Rohre.

C. Lokomotivkessel.

Dieser besteht aus einem flachwandigen Hochkessel mit der Feuerbüchse und einem zylindrischen Langkessel mit den Siederohren.

Die Wandungen der Feuerbüchse sind mit dem umgebenden Hochkessel durch Stehbolzen verbunden. Der untere Abschlufs des Zwischenraumes erfolgt meistens durch einen eingenieteten, schmiedeisernen Ring oder durch Herankröpfen des unteren Randes der Feuerbüchse an den Mantel.

Die Öffnungen für die Feuertüren werden in gleicher Weise durch Zwischenlegen eines ovalen oder runden schmiedeisernen Ringes oder durch Herankröpfen der Feuerbüchse hergestellt.

Befestigung der Siederohre durch Einwalzen; äufserer Durchmesser ca. 50 mm; Wandstärke ca. 2,5 mm. In stählernen Feuerbüchsen werden die Siederohre leichter leck als in kupfernen.

Lokomotivkessel sind in neuerer Zeit durch Wasserrohrkessel fast verdrängt worden.

Kesselarmatur.

Alle Armaturteile werden am Kessel auf besonderen aufgenieteten und durch Verstemmen gedichteten schmiedeisernen Flanschen befestigt und haben häufig Ansätze, welche durch die Kesselwand reichen und eventuell zur Befestigung der im Innern des Kessels anschliefsenden Rohre dienen.

Hähne werden nur bei niederen Dampfspannungen verwendet (bis ca. 8 Atm.), weil sie bei höheren Spannungen schlecht dicht halten und schwer zu bewegen sind; bei diesen verwendet man daher meist Ventile. Der Kesseldruck soll ge-

wöhnlich unter dem Ventilkegel stehen. Als Material verwendet man: für Gehäuse und Deckel der Ventile (bis ca. 12 Atm.) Gufseisen; für höhere Drücke Bronze oder Stahlgufs. Ventilkegel, -sitz und -spindel macht man in fast allen Fällen aus Bronze.

1. Das Sicherheitsventil.

Der Gesamtquerschnitt der Ventile mufs so grofs sein, dafs bei 15 Minuten lang anhaltendem Heizen des Kessels der Druck nicht mehr als 10% über den konzessionierten steigt. Der lichte Durchmesser des Ventils wird gewöhlich kleiner als 100 mm genommen, weil bei gröfserem Durchmesser die Belastungsfeder sowie die übrigen Konstruktionsteile zu schwer werden würden; deshalb ist die Anzahl der Ventile bei gröfseren Kesseln 3 bis 6 (Vorschrift mindestens 2). Sitzbreite ca. 2 mm. Sitz und Kegel erhalten hohlgedrehte Ränder (Fig. 222), an denen sich der ausströmende Dampf stöfst, wodurch das Ventil länger geöffnet bleibt.

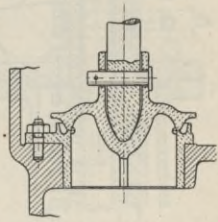


Fig. 222

Die Belastung des Ventilkegels erfolgt jetzt fast immer durch eine direkt wirkende Schraubenfeder, wodurch das Abblasen des Ventils beim Rollen des Schiffes vermieden wird, wie es bei Gewichtsbelastung eintritt.

Ist: p = höchster festgesetzter Dampfüberdruck in kg/qcm,
d = lichter Durchmesser des Ventils in cm,
und die Breite des Ventilsitzes ca. 0,2 cm,

dann ist die Federbelastung:

$$P = (d + 0{,}2)^2 \times \frac{\pi}{4} \times p.$$

Beispiel:

Ventildurchmesser = 80 mm,
Dampfdruck = 15 kg per qcm,

$$\text{Belastung } P = 15 \cdot \frac{(8{,}0 + 0{,}2)^2 \cdot \pi}{4} = 793 \text{ kg}.$$

Wird der mittlere Durchmesser der Feder $D = 102$ mm und die Beanspruchung $k_1 = 1650$ kg/qcm angenommen, dann wird nach S. 59 für quadratischen Querschnitt der Feder:

$$a = 1{,}3 \sqrt[3]{\frac{D \cdot P}{k_1}} = 1{,}3 \cdot \sqrt[3]{\frac{10{,}2 \cdot 793}{1650}} \doteq 2{,}2 \text{ cm}.$$

Wird nun die Zusammendrückung der Feder bei der Belastung P zu $f \doteq 0{,}3\, d = 0{,}3 \cdot 80 = 24$ mm angenommen, dann beträgt die Anzahl der freien Windungen:

$$n = \frac{1400}{P} \cdot f \cdot \frac{a^4}{D^3} = \frac{1400}{793} \cdot 24 \cdot \frac{22^4}{102^3} \doteq 9{,}5.$$

Einstellung der Ventilfeder: Die Ventilfeder f (Fig. 223) wird mit der Stellschraube a so weit niedergeschraubt, dafs das Sicherheitsventil abzublasen beginnt, wenn die Dampfspannung im Kessel die konzessionierte Höhe erreicht hat. Dann wird das Mafs h zwischen Stellschraube a und Mutter b bestimmt. Um ein unbefugtes Nachstellen der Feder zu verhindern, wird zwischen die

Stellschraube *a* und die Mutter *b* ein Unterlegring *d* von der Höhe *h* eingeschoben und die Stellschraube *a* festgezogen. Die darüber geschobene Hülse *c* hat den Zweck, die Ventilspindel unzugänglich zu machen und ist mit ihr durch einen Querkeil *e* so verbunden, dafs sie sich bei feststehender Hülse *c* frei heben kann. (Nachspannen der Feder auf See siehe Seite 282, § 8.)

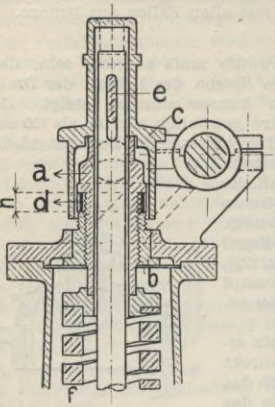


Fig. 223

Zum Anlüften des Sicherheitsventiles von Hand besitzt die Hülse *c* einen Rand, unter welchen zwei Hebedaumen greifen, welche die Spindel durch den Querkeil *e* anheben.

Die Ventilspindel mufs überall dort, wo sie durch Deckel oder Führungen hindurchgeht, Luft haben. Diese Stellen müssen auch besonders rein gehalten werden.

Die Ventilgehäuse erhalten oberhalb der Sitze Entwässerung.

2. Das Hauptabsperrventil (für den Anschlufs des Kessels an die Hauptdampfleitung) ist ein gewöhnliches Winkel- oder Durchgangsventil aus Gufseisen, Bronze oder Stahlgufs. Die Bewegung erfolgt durch ein Handrad auf der Ventilspindel und aufserdem häufig durch eine Bewegungsvorrichtung vom Heizraum bzw. von Deck aus.

Bei Kesseln ohne Dom liegt innerhalb des Kessels möglichst hoch über dem Wasserspiegel ein besonderes Dampfentnahmerohr, welches an das Hauptabsperrventil angeschlossen ist. Dieses meist eiserne Rohr besitzt nur an seiner Oberseite Löcher oder Schlitze.

In derselben Weise wird die Hilfsdampfleitung an den Kessel angeschlossen, nur erhält dieselbe doppelte Absperrung oder ein Rückschlagventil, damit beim Befahren eines Kessels Unglücksfälle ausgeschlossen sind.

3. Das Speiseventil (Fig. 224) ist ein gewöhnliches Rückschlagventil (mit oder ohne Regulierspindel). Zwischen dem Rückschlagventil und dem Kessel befindet sich meist noch ein besonderes Absperrventil. Die Regelung des Speisewassereintritts erfolgt nun entweder durch Einstellen des Rückschlagventils oder des Absperrventils. Jeder Kessel hat gewöhnlich zwei voneinander unabhängige Speiseventile für die Haupt- bzw. Hilfsspeiseleitung.

An das Speiseventil schliefst sich im Kessel ein Rohr aus Gufseisen, Schmiedeisen oder Kupfer an, welches bis in die Höhe des niedrigsten Wasserstandes reicht und mit seitlichen Austrittsöffnungen versehen ist.

Bei Wasserrohrkesseln (Yarrow, Schulz-Thornycroft, Normann) wird zur automatischen Regelung der Speisewasserzufuhr ein Speisewasserregler angeordnet. Er besteht aus einem im Ober-

kessel befindlichen, durch ein Gegengewicht ausbalancierten Schwimmer, der mittels Gestänge ein vollkommén entlastetes Doppelsitzventil betätigt, welches zwischen Speiseventil und Kessel eingeschaltet ist. Bei normalem Wasserstand hält der Schwimmer das Doppelsitzentil nur wenig geöffnet; steigt der Wasserspiegel, dann wird es geschlossen, sinkt der Wasserspiegel, dann wird es weiter geöffnet. Das Speisewasser kann aufserdem durch ein Umlaufventil direkt in den Kessel gespeist werden.

Bei Belleville-Kesseln ist der Speisewasserregler mit Schwimmer in einem besonderen Gehäuse aufserhalb des Kessels angeordnet und in die Speiseleitung eingeschaltet.

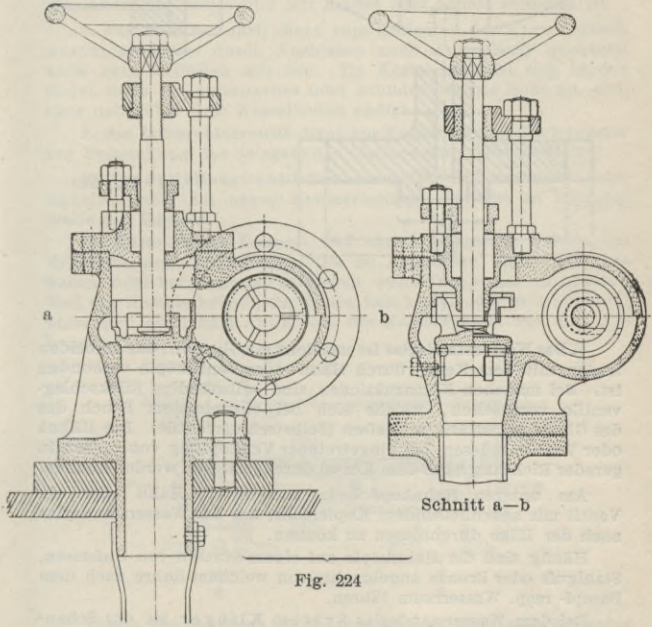


Fig. 224

4. Das Manometer. Der Anschlufs des Manometers erfolgt mittels Hahn oder Ventil ungefähr an der höchsten Stelle des Kessels.

Die Erwärmung des Manometers wird meist durch einen unter demselben angeordneten Wassersack vermieden. Unmittelbar unter dem Manometergehäuse befindet sich ein Dreiweghahn, mit welchem das Manometer mit dem Kessel oder mit der Atmosphäre verbunden werden kann. In letzterem Fall mufs dann der Zeiger auf Null einspielen. Die Umstellung des Hahnes ist zur Kontrolle des Manometers von Zeit zu Zeit vorzunehmen. An geeigneter Stelle

des Kessels befindet sich ein Hahn mit Kontrollflansch, Fig. 225, für das amtliche Manometer; häufig befindet sich der Kontrollflansch an dem oben erwähnten Dreiweghahn des Kesselmanometers.

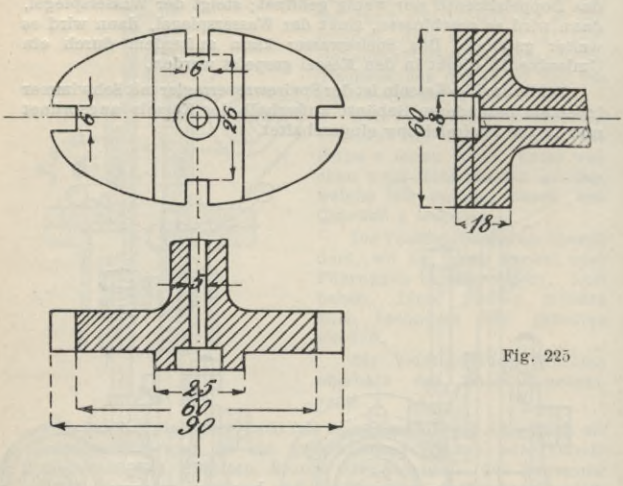


Fig. 225

5. Das Wasserstandsglas ist meistens ein Glasrohr, das an beiden Enden mit dem Kessel durch Hahn- oder Ventilköpfe verbunden ist. Bei manchen Konstruktionen sind selbständige Rückschlagventile vorgesehen, welche sich bei eintretendem Bruch des des Glases selbsttätig schliefsen (Selbstschlufsventile). Die Hähne oder Ventile müssen bei eingetretener Verstopfung von aufsen in gerader Richtung nach dem Kessel durchgestofsen werden können.

Am unteren Hahnkopf befindet sich ein Hahn oder ein Ventil mit anschliefsendem Kupferrohr, um das Wasserstandsglas nach der Bilge durchblasen zu können.

Häufig sind die Hahnköpfe auf einem Stutzen von Gufseisen, Stahlgufs oder Bronze angebracht, von welchem Rohre nach dem Dampf- resp. Wasserraum führen.

Bei dem Wasserstandsglas System Klinger ist das Schauglas flach, sehr stark und an der hinteren Seite geriffelt. Infolge der Riffelung erscheint der vom Wasser berührte Teil schwarz.

Bei dem Wasserstandsglas System Maas sitzt das Glasrohr mit seinen beiden Verschraubungen in einem herausnehmbaren Rahmen, welcher zwischen den beiden Wasserstandsköpfen sitzt und durch konische Flächen gedichtet ist.

Der niedrigste Wasserstand liegt meist ca. 70 mm über der niedergeschraubten unteren Stopfbüchsmutter des Wasserstandsglases und ist durch Zeiger und Schild mit der Aufschrift »Niedrigster Wasserstand« bezeichnet. Ist das untere Ende des

Wasserstandstutzens durch ein längeres Rohr mit dem Wasserraum des Kessels verbunden, so steht das Wasser im Glase meist etwas niedriger als im Kessel, weil das Wasser im Rohr eine niedrigere Temperatur als das im Kessel hat.

6. Probierhähne oder -ventile werden benutzt, wenn das Wasserstandsglas unbrauchbar ist. Ihre Anzahl beträgt 2 bis 3; davon sitzt der unterste in Höhe des niedrigsten Wasserstandes, mufs also beim Öffnen immer Wasser geben. Die Probierhähne oder Probierventile müssen in gerader Linie durchstofsbar sein.

7. Das Abschaumventil dient zum Abblasen der auf dem Kesselwasser schwimmenden Unreinigkeiten. An das Ventil schliefst sich im Kessel ein Rohr an, welches in der Höhe des niedrigsten Wasserstandes endigt und mit Brause oder Schale versehen ist.

8. Das Ausblaseventil dient zum Entleeren des Kessels durch Auspumpen oder durch Ausblasen nach Aufsenbord eventuell auch zum Auffüllen aus See. Im Kessel schliefst sich in der Regel noch ein gufseisernes oder schmiedeisernes Rohr an, welches nahe über dem Kesselboden endigt.

9. Das Salzprobierventil dient zur Entnahme von Kesselwasser zur Feststellung des Salzgehaltes (Salinometer siehe Seite 239).

10. Das Entlüftungsventil dient zur Entlüftung des Kessels beim Anheizen oder bei nasser Konservierung. Es sitzt an höchster Stelle des Kessels.

11. Kesselwasser-Umlauf- und -Anwärmapparate werden bei Zylinderkesseln angewendet, um zu vermeiden, dafs beim Anheizen oder bei längerem Stilliegen unter Dampf das im unteren Teil des Kessels befindliche Wasser kalt bleibt oder sich abkühlt; aufserdem auch zum Anwärmen des Kesselwassers vor dem Anheizen.

Fig. 226

Hierzu dient vielfach ein im unteren Teil des Kessels liegender Düsenapparat (Hydrokineter), welcher das kalte Wasser durch ein an der Unterseite gelochtes Rohr ansaugt und unter gleichzeitiger Erwärmung durch ein anderes Rohr nach oben drückt. Der Dampf wird der Hilfsdampfleitung entnommen, welche mittels eines Rückschlagventils an den Kessel bzw. an den Düsenapparat angeschlossen ist.

Der Craigsche Apparat (Fig. 226) ist ein Düsenapparat und zwischen Speiseventil und Kessel eingeschaltet. Beim Anwärmen des Kesselwassers tritt aus der Hilfsdampfleitung bei *c* Dampf in die Düse *f*, wodurch das kältere Wasser vom Boden des Kessels

durch ein Rohr, welches bei *b* an den Apparat angeschlossen ist, abgesaugt und unter gleichzeitiger Erwärmung durch *d* in die oberen Wasserschichten gedrückt wird. Während des Betriebes wird der Hilfsdampf abgestellt, und die Wasserzirkulation von dem bei *a* eintretenden Kesselspeisewasser hervorgerufen.

Der Howaldtsche Temperaturausgleicher besteht aus kupfernen Heizschlangen, die im untersten Teil des Kessels liegen. Während des Anwärmens vor dem Anheizen wird der Heizdampf für dieselben einem unter Dampf befindlichen Kessel entnommen; während des Betriebes liefert der Kessel selbst den Heizdampf. Das sich in den Heizschlangen bildende Kondenswasser wird nach dem Kondensator oder einem Speisewasservorwärmer abgeleitet.

Ohne eine besondere Vorrichtung kann man den Umlauf des Kesselwassers dadurch hervorrufen, dafs man dasselbe mittels der Dampfspeisepumpe durch das Ausblaseventil ansaugt und durch die Speiseleitung wieder in den Kessel drückt.

Bei Wasserrohrkesseln werden Kesselwasser-Anwärmapparate nicht angewendet.

Reinigung und Konservierung der Kessel.

Die innere Reinigung der Zylinderkessel von Kesselstein ist bei normalem Betrieb nach ca. 600—1000 Betriebsstunden vorzunehmen. Dabei ist besonders Rücksicht darauf zu nehmen, dafs sich der Kesselstein insbesondere auf den Flammrohren und Feuerbüchsen sowie an den hinteren Rohrwänden ablagert. Die Reinigung der zugänglichen Stellen geschieht durch Abklopfen der Wandungen mittels leichter, nicht zu scharfer Pickhämmer, während die schwerer zugänglichen Stellen mit Hilfe eines Stangenmeifsels von Kesselstein befreit werden.

Von gelösten schädlicheu Bestandteilen wird das Speisewasser auf chemischem Wege gereinigt, indem man ihm während des Betriebes Soda, Zinkara (Zinkoxyd und Natron) oder Karbozink (kohlensaures Zinkoxyd) zusetzt.

Durch Öl und Fett verunreinigte Kessel sind mit Soda auszukochen, wodurch das Fett verseift wird und sich im Wasser auflöst, worauf der Kessel leergepumpt und ausgespült wird.

Die Konserviérung der Kessel bezweckt, die Kesselwandungen möglichst frei von Rost zu erhalten. Während des Betriebes werden zu diesem Zweck für das Kesselinnere Zinkschutzplatten in den verschiedenen Teilen des Wasserraumes so untergebracht, dafs sich ihre Wirkung möglichst gleichmäfsig über die wasserberührte Heizfläche erstreckt. Es soll durch die Zinkschutzplatten vermieden werden, dafs das Eisen der Kesselwandungen infolge galvanischer Ströme zerstört wird; man läfst daher an Stelle des Eisens die Zinkschutzplatten zerstören. Letztere sind zu erneuern, sobald sie etwa auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Gröfse abgenommen haben.

Kesselkonservierung während der Betriebspausen:

1. Die nasse Konservierung ist nur zu verwenden, wenn der Kessel durch Einfrieren nicht geschädigt werden kann.

a) Luftfrei bei normalem Wasserstand für kleinere Betriebspausen, wenn der Kessel immer betriebsklar sein soll. Man bringt hierbei den normal gefüllten Kessel bei gelüfteten Sicherheitsventilen zum Kochen. Nachdem man annehmen kann, dafs die

im Kesselwasser befindliche Luft entfernt ist, schliefst man sämtliche Ventile und Öffnungen.

b) Luftfrei bei ganz gefülltem Kessel. Man füllt den Kessel gleichfalls vollständig und setzt ihn nach dem Auskochen gleichfalls dicht.

2. Die trockene Methode. Hierbei werden durch die geöffneten Mannlöcher Schalen mit glühenden Holzkohlen bzw. Chlorkalzium in das Kesselinnere gebracht, und der Kessel danach abgedichtet. Erstere verbrauchen zu ihrer Verbrennung den im Kessel vorhandenen Sauerstoff, während das Chlorkalzium die vorhandene oder sich entwickelnde Feuchtigkeit absorbiert.

V. Teil.

Pumpen und Apparate.

A. Pumpen.

Einfach wirkende Pumpen saugen während des einen und drücken während des zweiten Kolbenhubes.

Doppelt wirkende Pumpen saugen bei jedem Hub auf der einen und drücken gleichzeitig auf der anderen Kolbenseite.

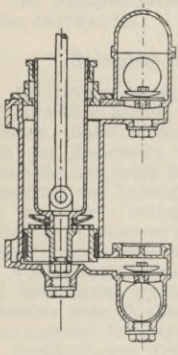


Fig. 227

Differentialkolbenpumpen (Fig. 227) saugen während eines Doppelhubes einmal, drücken jedoch zweimal. Beim Aufgang des Kolbens wird ein Wasserquantum entsprechend dem Kolbenhub und dem Kolbendurchmesser angesaugt, während gleichzeitig das oberhalb des Kolbens zwischen Pumpenzylinder und Trunk befindliche Wasser in die Druckleitung gefördert wird. Beim Niedergang des Kolbens tritt das vorher angesaugte Wasser über den Kolben. Ein Teil desselben, entsprechend dem Volumen des Trunks, wird gleichzeitig in die Druckleitung gedrückt. Meist wird der Querschnitt des Trunks halb so groſs wie der Querschnitt des Pumpenzylinders gemacht, so daſs die Pumpe bei jedem Hub gleichviel fördert.

Es bezeichnet:

D den Durchmesser des Pumpenkolbens in dm

f den Kolbenquerschnitt in qdm $= \frac{\pi}{4} \cdot D^2$;

s den Kolbenhub in dm;

n die Anzahl der Doppelhübe pro Minute;

H die Förderhöhe in m;

Q das Förderquantum in Liter pro Minute.

a) Die **Förderhöhe** ist die Summe aus der Saughöhe (vom Saugwasserspiegel bis zur Pumpe) und der Druckhöhe. Speist die Pumpe einen Raum, in welchem der Überdruck p kg/qcm herrscht, dann hat die Pumpe eine Druckhöhe von $10 \times p$ m zu überwinden. Die Saughöhe kann theoretisch 10 m betragen, tatsächlich jedoch nur 6 bis 8 m bei kaltem Wasser, bei warmem Wasser richtet sich die zulässige Saughöhe nach der Temperatur des Wassers. Soll eine Pumpe heiſses Wasser von über 50° C fördern, so muſs das Wasser der Pumpe zufliefsen. Daher ordnet man bei Speisepumpen, welche vorgewärmtes Wasser saugen, den Vorwärmer über der Pumpe an.

b) **Höchster erreichbarer Wasserdruck bei Dampfpumpen.**

Ist D_d Durchmesser des Dampfzylinders in cm,
D_p Durchmesser des Pumpenzylinders in cm,
p_d der Dampfdruck im Schieberkasten in kg pro qcm,
dann ist der theoretisch erreichbare Wasserdruck:

$$p_w = p_d \times \left(\frac{D_d}{D_p}\right)^2.$$

Im Betriebe wird dieser Druck p_w infolge von Reibungswiderständen und Gegendruck im Dampfzylinder nicht ganz erreicht.

c) **Förderquantum.** Infolge der Undichtigkeiten des Kolbens und der Ventile sowie des nicht rechtzeitigen Schliefsens derselben ist die praktisch geförderte Wassermenge nur ca. 0,80 (0,80 = volumetrischer Wirkungsgrad) von der aus Hubvolumen und Tourenzahl berechneten und beträgt nach folgender Tabelle:

Art der Pumpe	Förderquantum in Liter pro Minute
Einfach wirkende Pumpe	$0{,}8 \times f \times s \times n$
Differentialkolbenpumpe	$0{,}8 \times f \times s \times n$
Doppelt wirkende Pumpe	$2 \times 0{,}8 \times f \times s \times n = 1{,}6 \times f \times s \times n$
Duplexpumpe	$4 \times 0{,}8 \times f \times s \times n = 3{,}2 \times f \times s \times n$

d) **Windkessel,** welche in die Saug- und Druckleitungen von Kolbenpumpen eingebaut sind, haben den Zweck, eine gleichmäfsige Bewegung der Wassersäule in den Rohrleitungen herbeizuführen, um dadurch Wasserstöfse zu vermeiden. Sie werden meist direkt an den Ventilkasten der Pumpen angebracht.

e) **Pumpenventile.** Ventilsitze, Spindeln und Ventilfänger sind fast immer aus Bronze. Für Drücke bis ca. 4 Atm. und Wassertemperaturen bis 50° C sind die Ventilteller häufig Gummiklappen von 12 bis 20 mm Stärke, die in der Mitte mit etwas Spiel festgehalten sind und an den Rändern 15 bis 20 mm Hub besitzen.

Beldamsche Ventile (Fig. 228), ebenfalls nur für niedere Drücke, haben Teller aus gewelltem Kupfer- oder Messingblech von ca. 2 mm Stärke. Der dem Ventilteller gleichgeformte Klappenfänger gestattet 3 bis 8 mm Hub.

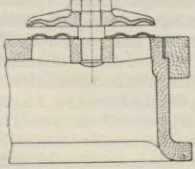


Fig. 228

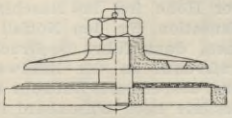


Fig. 229

Kinghornsche Ventile (Fig. 229). Der Ventilteller besteht aus drei lose aufeinander gelegten Scheiben aus Kupfer- oder Messingblech, welche je nach dem Druck der Pumpe 1 bis 4 mm

stark sind. Die beiden unteren haben auf verschiedenen Durchmessern mehrere gegeneinander versetzte Bohrungen, so dafs sich zwischen den einzelnen Scheiben stets Wasserschichten befinden und dieselben infolgedessen ruhig arbeiten. Ventilhub 3 bis 8 mm. Aufser den Kinghornschen Ventilen verwendet man für hohe Drücke insbesondere bei schnelllaufenden Pumpen Kegelventile mit oder ohne Federbelastung und mit ebenem oder schwach konischem Sitz. Bei Kegelventilen mit Federbelastung stellt sich unter Einflufs der Federkraft der Ventilhub selbsttätig ein; auch erfolgt der Ventilschlufs unter dem Einflufs der Feder schneller. Damit der Ventilhub nicht gröfser als 8 bis 10 mm sein mufs, macht man die Durchmesser der Kegelventile nicht gröfser als ca. 60 mm und ordnet dann bei grofsen Pumpen manchmal sechs und mehr Ventile auf einer gemeinschaftlichen Sitzfläche an.

f) **Pumpenkolben** für hohe Drücke sind aus Bronze und erhalten häufig feste Dichtungsringe aus Weifsmetall mit eingedrehten Wasserrillen (Fig. 230) oder auch Ledermanschetten nach Fig. 231. Kolben für niedere Drücke, z. B. für Luftpumpen, sind aus Bronze oder Gufseisen und erhalten vielfach weiche Packungen (Hanf- oder Baumwollpackungen) oder auch selbstspannende Ringe aus Bronze oder Hartgummi.

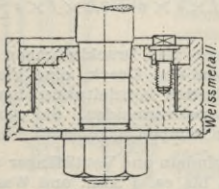


Fig. 230

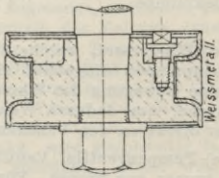


Fig. 231

1. Luftpumpen. Bei den Luftpumpen unterscheidet man Nafsluftpumpen und Trockenluftpumpen. Erstere saugen aus dem Kondensator gleichzeitig Luft und Kondensationswasser, während letztere nur die Luft entfernen, weshalb in diesem Falle noch eine besondere Kondensatpumpe vorgesehen werden mufs. Nafsluftpumpen bzw. Kondensatpumpen drücken das Kondensationswasser nach einem Speisewassertank, Vorwärmer oder Reiniger. Arbeitet die Maschinenanlage nur mit Oberflächenkondensation, dann endigt das Luftrohr der Luftpumpe häufig in einiger Höhe frei im Maschinenraum. Ist aufser Oberflächenkondensation für den Notfall auch Einspritzkondensation vorgesehen, dann führt die Druckleitung der Luftpumpe zu einem Ausgufsventil an der Bordwand. Vor demselben zweigt ein kleines, absperrbares Luftrohr ab, welches entweder oberhalb der Wasserlinie nach aufsenbord führt oder offen im Maschinenraum endigt.

Da infolge des Vakuums im Kondensationsraum die Pumpe nur geringe Saugwirkung ausüben kann, so müssen die Fufsventile derselben so tief liegen, dafs ihnen das Kondensationswasser leicht zufliefsen kann.

a) An die Hauptmaschine angehängte Luftpumpen (Fig. 232) sind in der Regel einfach wirkend und mit Fuſs-, Kolben- und Kopfventilen versehen. Der Antrieb erfolgt durch einen zweiarmigen Hebel von einem Kreuzkopf der Hauptmaschine aus. Groſse Ma-

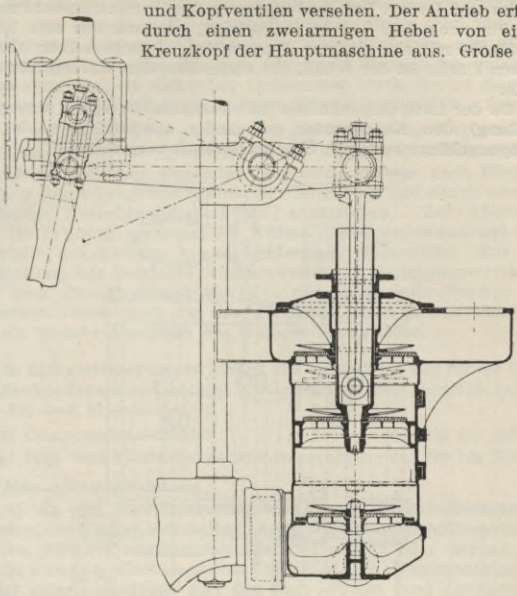


Fig. 232

schinen erhalten an Stelle einer Luftpumpe bisweilen zwei kleinere, die dann von verschiedenen Kreuzköpfen aus angetrieben werden.

Die Pumpenventile sollen, damit sie gut dicht halten, stets von Wasser bedeckt sein. Kolben- und Fuſsventile können durch ein rundes Mannloch im Pumpenzylinder leicht nachgesehen werden. Der Deckel desselben muſs ohne Packung eingesetzt werden, damit die Lauffläche im Arbeitszylinder erhalten bleibt.

Die Luftpumpe System Edward (Fig. 233) besitzt nur Druckventile. Der niedergehende Pumpenkolben erzeugt oberhalb desselben ein Vakuum, gibt in seiner tiefsten Stellung die im Zylinder vorhandenen Aussparungen frei und wirft gleichzeitig das Kondensat, welches

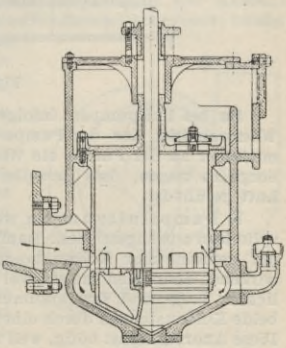


Fig. 233

sich unten im Pumpengehäuse angesammelt hat, durch dieselben in den Zylinder. Beim Aufwärtsgang verschliefst er die Öffnungen wieder und fördert Luft und Wasser in den Druckraum der Pumpe. Der Pumpenkolben hat keine Packung, sondern nur eine breite Lauffläche mit eingedrehten Wasserrillen. Infolge seiner glatten oberen Fläche ist der schädliche Raum über dem Kolben nur sehr klein.

Da der Luftpumpenkolben (mit Ausnahme in seiner untersten Stellung) den Kondensator vollständig abschliefst, so ist am Pumpengehäuse stets ein Überdruckventil vorgesehen.

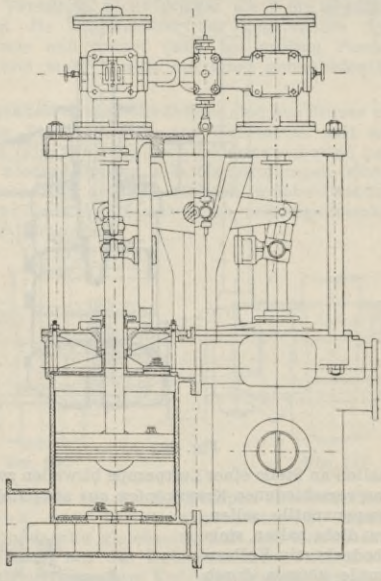


Fig. 234

Da bei Luftpumpen infolge der geringen Wasserfüllung der Wasseraustritt aus der Pumpe stofsweise erfolgt, ist immer unmittelbar an der Pumpe ein Windkessel vorgesehen und ist dafür Sorge zu tragen, dafs derselbe während des Betriebes stets mit Luft gefüllt ist.

b) Dampfluftpumpen werden von einem oder zwei Dampfzylindern aus angetrieben. Dampfkolben und Pumpenkolben sitzen auf gemeinsamer Kolbenstange. Sind die Luftpumpen einfach wirkend, dann sind meist zwei Pumpenzylinder mit gemeinschaftlichen Saug- und Druckräumen nebeneinander angeordnet und beide Kolbenstangen durch einen Balancier miteinander gekuppelt. Diese Anordnung ist nötig, weil nur der Aufwärtsgang des Pumpenkolbens Arbeitsleistung erfordert, beim Abwärtsgang der Kolben

von selbst fällt. Dampf- und Pumpenzylinder sind durch stählerne Säulen oder gufseiserne Zwischenstücke verbunden, in welchen die Drehzapfen des Balanciers und der Steuerungsorgane gelagert sind. Die einzelnen Konstruktionen Weir, Blake (Fig. 234) und Worthington unterscheiden sich in der Hauptsache nur in der Dampfsteuerung. Bei den von der Blake Pumpen Co. gebauten stehenden, doppelt wirkenden Luftpumpen nach System Edward, ist nur je ein Dampf- bezw. Pumpenzylinder vorhanden.

c) Trockenluftpumpen saugen die Luft tunlichst an der kältesten Stelle des Kondensators ab, weil sie dort das kleinste spezifische Volumen einnimmt. Sie sind meistens nach Edwards Prinzip (ohne Saug- und Kolbenventile) gebaut und durch schnelllaufende Kurbeldampfmaschinen angetrieben. Zur Ableitung der im Zylinder entstehenden Wärme (Kompressionswärme) wird oberhalb des Kolbens etwas Kühlwasser eingespritzt. Zur Vereinfachung des Betriebes wird bisweilen der Luftpumpenzylinder auf dem Dampfzylinder der Zentrifugalzirkulationspumpe angeordnet. Wesentlich für das Erreichen eines hohen Vakuums ist ein dichter Abschlufs des Kolbens im Zylinder.

2. Zirkulationspumpen dienen zur Beschaffung der für die Oberflächenkondensatoren nötigen Kühlwassermenge. Dieselbe beträgt pro PS_i und Stunde:

bei Compoundmaschinen . . . . . ca. 250 bis 300 l,
bei Drei- und Vierfachexpansionsmaschinen: ca. 200 bis 250 l.

Man unterscheidet:

a) An die Hauptmaschine **angehängte Zirkulationspumpen** werden der Einfachheit halber häufig für Handelsschiffsmaschinen bis ca. 2000 PS_i angewendet. Es sind einfach oder doppelt wirkende Pumpen, die von einem Kreuzkopf der Hauptmaschine aus meist gemeinschaftlich mit den Luft-, Speise- und Lenzpumpen angetrieben werden. Das gufseiserne Pumpengehäuse erhält einen bronzenen Arbeitszylinder, der Kolben ist gleichfalls aus Bronze und erhält bei einfach wirkenden Pumpen meist Baumwollpackung, bei doppelt wirkenden nur einige Wasserrillen. Die Ventile sind fast immer Gummiklappen. In die Druckleitung der Kolbenzirkulationspumpen werden meistens Windkessel eingebaut; häufig werden auch noch die Deckel des Kondensatorgehäuses als Windkessel ausgeführt.

b) **Zentrifugalpumpen.** Bei diesen rotiert ein Flügelrad in einem geschlossenen Gehäuse (Fig. 235), in welches das Saugrohr zentrisch einmündet. Durch die Rotation des Flügelrades wird das zwischen den Flügeln befindliche Wasser ebenfalls in Umdrehung versetzt und durch die auftretende Zentrifugalkraft nach aufsen gedrückt und in das Druckrohr befördert. Letzteres ist tangential zum Umfang des Flügelrades weggeführt.

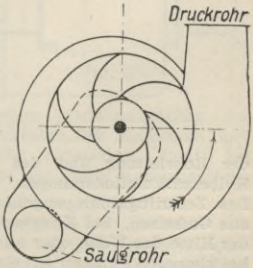


Fig. 235

Die Fördermenge läfst sich bei Zentrifugalpumpen nicht ohne weiteres angeben, für ein- und dieselbe Anlage ist sie abhängig:

1. von den Widerständen in Saug- und Druckleitung,
2. von der Umfangsgeschwindigkeit des Flügelrades.

Der erzeugte Druck wird aufgebraucht: einerseits zur Überwindung der erforderlichen Druckhöhe und der Widerstände in Saug- und Druckleitung, andererseits um dem Wasser eine gewisse Geschwindigkeit in den Rohrleitungen zu erteilen.

Zentrifugalpumpen liefern einen gleichmäfsigen Wasserstrom, infolgedessen die Beanspruchung des Pumpengehäuses,

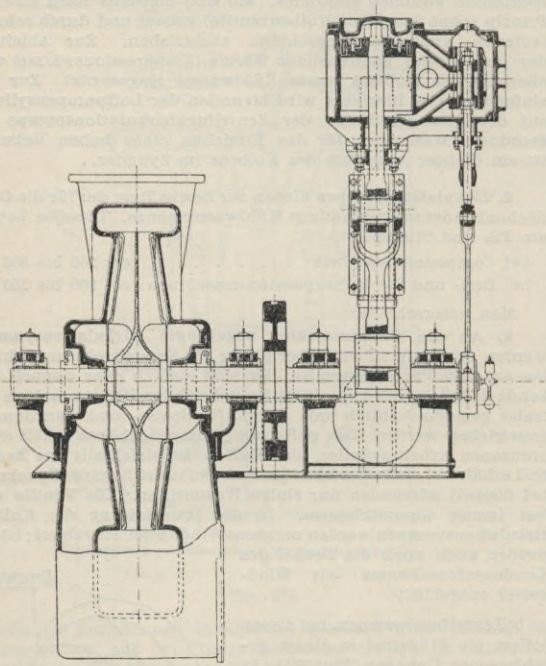


Fig. 236

der Rohrleitung und des Kondensators geringer wird als bei Kolbenzirkulationspumpen. Windkessel sind deshalb nicht nötig. Das Zentrifugalpumpengehäuse (Fig. 236) ist bei Handelsschiffen aus Gufseisen, bei Kriegsschiffen aus Bronze und horizontal in der Mitte der Welle oder auch in der Querebene zur Welle geteilt; bei kleineren Pumpen mit einseitigem Wassereintritt ist es einteilig und mit seitlichem Deckel versehen. Das Flügelrad ist aus Bronze und mit Feder und Mutter auf der Welle befestigt. Zwischen den

seitlichen Schildern des Flügelrades und dem Gehäuse ist, um die Wasserverluste möglichst zu vermindern, nur sehr wenig Spielraum (0,75 bis 1 mm auf jeder Seite).

Die Flügelradwelle ist gewöhnlich aus geschmiedeter Bronze und durch einen Flansch mit der Welle der Antriebsmaschine gekuppelt. Stählerne Flügelradwellen erhalten bronzene Überzüge, die in die Nabe des Flügelrades eingreifen und dort abgedichtet sind, um die Welle vor Anfressungen durch Seewasser zu schützen. Die zweiteiligen Stopfbüchsen sind mitunter besonders in das Gehäuse eingesetzt und erhalten bronzene, gleichfalls zweiteilige Brillen. Die Flügelradwelle läuft bei kleineren Pumpen in Pockholz- oder Weifsmetallbüchsen, welche im Innern des Gehäuses liegen, bei gröfseren Pumpen hingegen in aufsen angebrachten gewöhnlichen Lagern. Vom Druckraum der Zirkulationspumpe führen häufig Kühlwasserrohre nach den Lagerstellen.

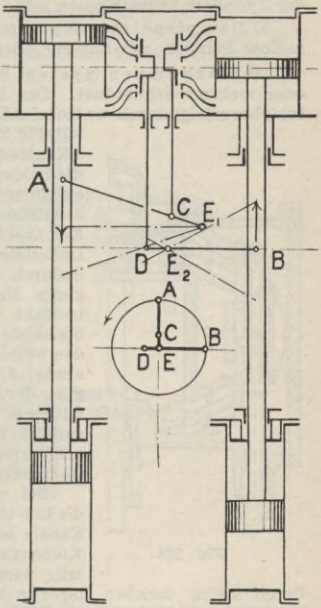


Fig. 237

Der Antrieb der Zirkulationspumpe erfolgt durch eine Einzylinder- oder Compounddampfmaschine. Auf dem Kupplungsflansch zwischen Kurbel- und Flügelradwelle oder an einer anderen geeigneten Stelle sitzt gewöhnlich ein Drehvorrichtungsrad, welches gleichzeitig als Schwungrad dient.

Damit man im Notfall mit der Zirkulationspumpe lenzen kann, zweigt vom Saugrohr derselben ein Rohr, welches mit einem Rückschlagventil versehen ist, nach der Maschinenbilge ab. Bei Kriegsschiffen führt dieses Rohr nach dem Hauptlenzrohr. Im Notfall ist dann nur das Seeventil zu schliefsen und das Bilgeventil zu öffnen.

Für jeden Kondensator wird eine Zentrifugalzirkulationspumpe vorgesehen, bei sehr grofsen Anlagen manchmal zwei an einer Antriebsmaschine. Bei zwei Hauptmaschinen sind die Druckrohre der Backbord- und Steuerbord-Zirkulationspumpen häufig verbunden, damit bei Havarie der einen Pumpe die andere für beide Kondensatoren das Kühlwasser schaffen kann.

3. Speisepumpen.

a) Angehängte Speisepumpen werden meistens paarweise zu beiden Seiten der Maschinenluftpumpe angebracht und mit derselben durch eine gemeinschaftliche Traverse angetrieben. Bei kleinen, schnelllaufenden Maschinen (Dampfbeibote etc.) mit

über 200 Umdrehungen i. d. Min. erfolgt der Antrieb vermittelst Schnecke und Schneckenrad von der Kurbelwelle aus. An der Saug- und Druckseite sind meist Absperrventile vorgesehen, um die Ventile während des Betriebes einzeln nachsehen zu können. Um Brüche zu vermeiden, sind die Zylinder mit einem federbelasteten Sicherheitsventil versehen. Die Federspannung entspricht etwa dem 1,3- bis 1,5-fachen Kesseldruck. Die meistens einfach wirkende Pumpe besitzt einen Plungerkolben aus Bronze oder Stahl, welcher nur sehr wenig Spiel im Zylinder hat. Ist dagegen zwischen dem Pumpenkolben und der Zylinderwandung Spielraum, dann mufs, um Luftsäcke zu vermeiden, der Ventilkasten am oberen Ende des Zylinders angeschlossen sein.

b) Dampfspeisepumpen werden jetzt immer als schwungradlose Pumpen mit Duplex- oder Simplexsteuerung ausgeführt.

Duplexpumpen (System Worthington), werden liegend oder stehend angeordnet. Der Antrieb der einfachen Muschelschieber erfolgt durch die Hebel AE_1 und BD von den Kolbenstangen aus (Fig. 237). Für die Dampfverteilung sind 5 Kanäle (Fig. 238) vorgesehen, von denen die beiden äufseren *aa* nur für die Dampfeinströmung, die Kanäle *bb* nur für die Ausströmung nach dem Exhaust *c* dienen. Ein Anschlagen der Dampfkolben gegen Deckel und Boden der Dampfzylinder wird dadurch verhindert, dafs die Kanäle *bb* gegen Hubende von den Kolbenringen bedeckt werden und der im Zylinder bleibende Dampf komprimiert wird. Von den beiden Steuerungshebeln ist AE_1 einarmig, BD zweiarmig, so dafs die Bewegung der Kolben einer Schwungradpumpe mit zwei um 90° versetzten Kurbeln entspricht. Da die Dampfzylinder volle Füllung erhalten müssen, sind die äufseren Überdeckungen sehr gering.

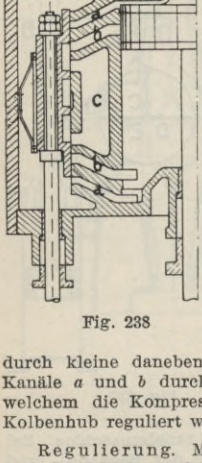


Fig. 238

Bei neueren Duplexpumpen erfolgt die Ein- und Ausströmung durch dieselben Kanäle *bb*, welche am Hubende von den Kolbenringen bedeckt werden. Der Dampf tritt dann bei Beginn des Kolbenhubes durch kleine daneben liegende Hilfskanäle *aa*. Häufig sind die Kanäle *a* und *b* durch ein kleines Kegelventil verbunden, mit welchem die Kompression im Dampfzylinder und dadurch der Kolbenhub reguliert werden kann.

Regulierung. Man stelle beide Dampfkolben auf Hubmitte und die Schieber auf Deckung und gebe in dieser Stellung den Mitnehmern zwischen den Anschlagmuttern so viel Lose, dafs in beiden Todlagen des einen Kolbens der von ihm bewegte Schieber die Zudampfkanäle des andern Zylinders ganz aufmacht. Stöfst dann beim Betrieb der Pumpe ein Kolben oben oder unten an, dann schliefse man zunächst das Kompressionsventil der betreffenden Zylinderseite. Genügt dieses nicht, dann schraubt man auf der zugehörigen Schieberstange diejenige Anschlagmutter nach einwärts, welche entgegengesetzt der Zylinderseite liegt, auf

welcher der Kolben anstöfst. Hebt der Kolben nicht aus, dann gebe man der betreffenden Schieberstange mehr Spielraum.

Simplexpumpen. a) System Blake. Bei diesen Pumpen erfolgt die Dampfverteilung durch einen Flachschieber *d* (Fig. 239), auf dessen zylindrisch ausgespartem Rücken der Hilfsschieber *h* drehbar liegt. Die Enden desselben sind zu Dampfkolben ausgebildet, welche sich in horizontalen Bohrungen *m* des Schiebergehäuses bewegen. Gegen Hubende des Dampfkolbens bewirkt die Schieberstange *O* durch den Hebel *n* zunächst nur eine Drehung des Hilfsschiebers *h*; hierbei verbinden die Aussparungen *ee* im Hilfsschieber *h* auf der einen Schieberseite den Zudampfkanal *i*, auf der anderen Schieberseite den Abdampfkanal *l* mit den Hilfsdampfzylindern *m*. Der Hilfsschieber *h* wird dadurch auf die andere Seite geschoben und nimmt dabei den Hauptschieber *d* mit.

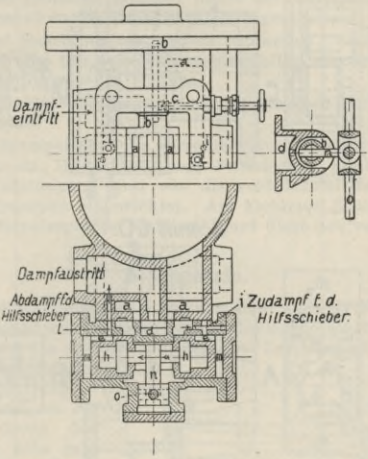


Fig. 239

Gleichzeitig werden gegen Hubende die Hauptkanäle *a* von den Kolbenringen bedeckt, und der im Zylinder bleibende Dampf wird wie bei den Duplexpumpen komprimiert. Die Dampfeinströmung bei Beginn eines Kolbenhubes erfolgt durch die Hilfskanäle *b*, die mit den Hauptdampfkanälen durch Kompressionsventile *c* verbunden sind.

Regulierung. Man lasse die Pumpe langsam gegen Druck arbeiten und schraube die Anschlagmuttern auf der Schieberstange zunächst so weit auseinander, bis der Dampfkolben an Boden und Deckel des Zylinders anstöfst. Diese Stellungen zeichne man durch Marken an den Säulen der Pumpe an. Dann schraubt man beide Anschlagmuttern wieder so weit zusammen, dafs der Zeiger an der Kolbenstange ca. 5 bis 10 mm von den Marken entfernt bleibt.

b) System Weir. Der halbzylindrische Hauptschieber d (Fig. 240) ist an beiden Seiten mit zylindrischen Enden m_1 und m_2 versehen, welche sich in horizontalen Hilfsdampfzylindern h_1 und h_2 des Schiebergehäuses bewegen. In der trapezförmigen Aussparung auf dem Rücken des Hauptschiebers bewegt sich quer zum Hauptschieber ein Hilfsschieber c (Flachschieber), der seinen Antrieb durch einen einarmigen Hebel von der Kolbenstange erhält. Von den Dampfkanälen führt a_1 zur Bodenseite, a_2 zur Deckelseite des Dampfzylinders. In der gezeichneten Stellung erhält die Bodenseite Frischdampf, während die Deckelseite mit dem Exhaust b verbunden ist; der Dampfkolben bewegt sich also bei der gezeichneten Schieberstellung aufwärts. Erst nachdem er ca. 0,75 des Kolbenhubes zurückgelegt hat, wird der Hilfsschieber c mit-

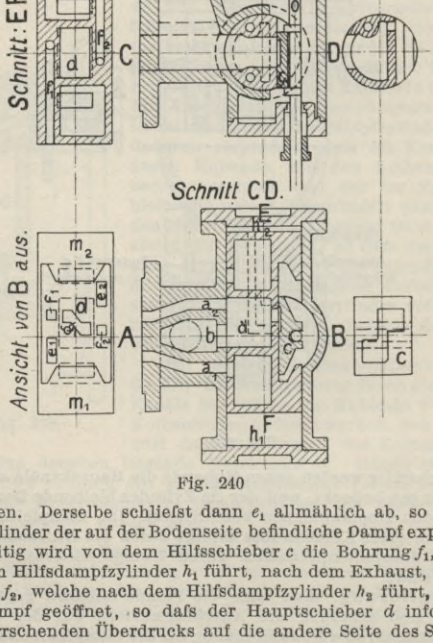


Fig. 240

genommen. Derselbe schliefst dann e_1 allmählich ab, so dafs im Dampfzylinder der auf der Bodenseite befindliche Dampf expandiert. Gleichzeitig wird von dem Hilfsschieber c die Bohrung f_1, welche nach dem Hilfsdampfzylinder h_1 führt, nach dem Exhaust, und die Bohrung f_2, welche nach dem Hilfsdampfzylinder h_2 führt, für den Frischdampf geöffnet, so dafs der Hauptschieber d infolge des in h_2 herrschenden Überdrucks auf die andere Seite des Schiebergehäuses geworfen wird. Dadurch wird a_2 für den Frischdampf geöffnet und a_1 mit dem Exhaust verbunden, der Dampfkolben erhält auf der Deckelseite Dampf und bewegt sich nach abwärts.

Damit der Hauptschieber d bei seiner Verschiebung nicht an den Deckel des Hilfsdampfzylinders h anstöfst, kommt bei der-

selben der Kanal f_1 wieder auf Deckung und der in h_1 befindliche Dampf wird komprimiert.

Die Regulierung der Weirpumpen erfolgt wie bei den Blakepumpen während des Betriebes durch Verstellen der Anschlagmuttern auf der Schieberstange.

4. Angehängte Lenzpumpen sind gewöhnlich Plungerpumpen von ähnlicher Bauart und ähnlichen Abmessungen wie die Maschinenspeisepumpen. Der Antrieb derselben erfolgt von der Luftpumpentraverse aus, manchmal auch von einem exzentrischen Zapfen am vorderen, freien Stirnende oder auch von einem Exzenter auf der Kurbelwelle. Die häufig nebeneinander liegenden Saug- und Druckventile sind meistens metallene Kegelventile oder Gummiklappen und so eingerichtet, dafs sie während des Betriebes jederzeit leicht nachgesehen werden können. Damit beim Aufnehmen der Ventile das im Druckrohr stehende Wasser nicht zurückfliefsen kann, ist auf gröfseren Schiffen meist auf dem Windkessel ein Rückschlagventil in die Druckleitung eingeschaltet.

Sind zwei Maschinenlenzpumpen vorhanden, dann saugt gewöhnlich die eine nur aus der Maschinenbilge, die andere jedoch aus allen Abteilungen des Schiffes.

5. Angehängte Spülpumpen sind von gleicher Einrichtung wie die Lenzpumpen.

6. Dampfpumpen, welche verschiedenen Zwecken dienen, wie die Lenzpumpen, Hilfsluftpumpen, Feuerlösch-, Spülwasser- und Asche-Ejektorpumpen, sind wie die vorbeschriebenen Simplex- oder Duplexpumpen eingerichtet. Auf kleineren Schiffen, welche nur eine Hilfsspeisepumpe besitzen, dient diese den verschiedenen Zwecken.

B. Apparate.

1. Dampfstrahlapparate. Der aus einer Düse *D* (Fig. 241) austretende Dampfstrahl überträgt, während er kondensiert, seine lebendige Kraft auf das zu fördernde Wasser. Letzteres wird durch ein bei *S* anschliefsendes Rohr angesaugt und erhält beim Passieren der Mischdüse durch den Dampfstrahl eine sehr hohe Geschwindigkeit, welche nach dem Druckrohr *R* hin in demselben Verhältnis abnimmt, in welchem die Düsenquerschnitte zunehmen. Die Geschwindigkeit des geförderten Wassers setzt sich dabei in Druck um. Unter Umständen kann derselbe gröfser sein als die Spannung des Betriebsdampfes. Das geförderte Wasser wird gleichzeitig infolge Kondensation des Betriebsdampfes angewärmt.

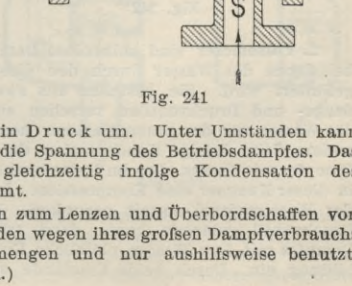


Fig. 241

a) Ejectoren dienen zum Lenzen und Überbordschaffen von Bilgewasser etc., sie werden wegen ihres grofsen Dampfverbrauchs nur für geringe Wassermengen und nur aushilfsweise benutzt. (Einrichtung wie Fig. 241.)

b) Injektoren dienen ausschliefslich zur Speisung von Dampfkesseln und sind einfache und wirtschaftliche Speisevorrichtungen, weil der im Injektor verbrauchte Betriebsdampf das Kesselspeisewasser vorwärmt.

Beim Anstellen des Injektors (Fig. 242) mufs das Ventil *D* zunächst nur wenig geöffnet werden, bis Wasser angesaugt wird. Anfangs fliefst das angesaugte Wasser durch die seitlichen Öffnungen *O* in der Mischdüse und das Schlabberventil *S* ab. Hierauf wird das Dampfventil *D* soweit geöffnet, bis kein Schlabberwasser mehr abfliefst. Alles angesaugte Wasser tritt dann durch das Rückschlagventil *R* in die Speiseleitung ein.

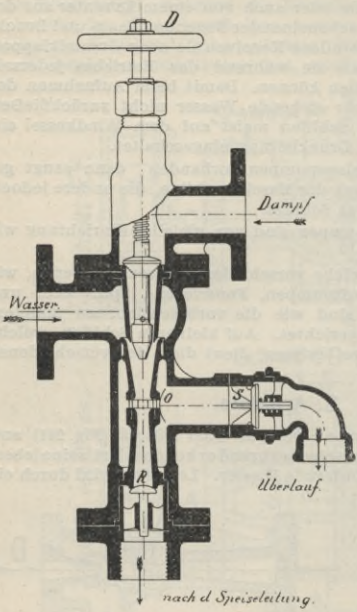


Fig. 242

Die Saughöhe der Injektoren, welche bei kaltem Wasser ca. 6 m beträgt, nimmt mit zunehmender Temperatur des anzusaugenden Wassers ab; heifses Wasser mufs dem Injektor zufliefsen. Die Temperaturerhöhung des Speisewassers durch den Injektor beträgt je nach dem zu überwindenden Druck bis ca. 50° C.

c) Restartinginjektoren (Fig. 243) saugen selbsttätig wieder an, wenn der Injektor während des Betriebes durch Eintreten von Luft in die Saugeleitung aussetzt, weil dieselbe durch den Ringspalt *S* der Mischdüse u. die Klappe *K* sofort wieder entweichen kann.

2. Pulsometer sind kolbenlose Dampfdruckpumpen (Fig. 244), bei denen das Wasser durch den direkten Druck des Dampfes gefördert wird. Sie bestehen aus zwei Kammern, welche mit Sauge- und Druckventilen versehen sind. Während der Dampf das Wasser aus der einen Kammer herausdrückt, füllt sich die andere Seite infolge Kondensation des noch darin befindlichen Dampfes mit Wasser. Das im Halse hochschiefsende Wasser erzeugt in dieser Kammer eine Kompression. Ist in der ersteren Kammer der Wasserspiegel soweit gesunken, dafs der Dampf bis zum Druckventil gelangen kann, dann tritt infolge Mischung des Dampfes mit dem Wasser plötzliche Kondensation und Vakuumbildung ein. Durch beide Umstände wird das Steuerorgan um-

gesteuert. — Es wird dann durch die Brause Wasser eingespritzt, welches die weitere Kondensation in der leeren Kammer herbeiführt, wodurch sie sich wieder mit Wasser füllt. Das Steuerorgan wird sehr verschieden ausgeführt, entweder als freibewegliche Kugel, als eine Zunge, welche auf einer Schneide balanciert, oder als Klappe. Durch dasselbe wird stets eine Kammer vom Dampf abgesperrt (Saugperiode) und die andere für den Dampf geöffnet (Druckperiode).

Pulsometer werden meist nur zum Lenzen verwendet.

3. Frischwassererzeuger. (Evaporatoren.) Der Verlust an Speisewasser während der Fahrt beläuft sich auf ca. 2 bis 3% des Dampfverbrauchs der Hauptmaschine, oder auf ungefähr 3,5 bis 5 t pro 1000 PS_i und 24 Stunden. Ersetzt wird dasselbe jetzt ausschliefslich durch salzfreies Wasser, welches entweder im Doppelboden mitgeführt oder in Frischwassererzeugern hergestellt wird. Letztere sind meistens stehende, zylindrische Gefäfse aus Bronze oder Gufseisen, und zum Schutze gegen Wärmeverluste mit einem isolierenden Mantel versehen. In ihrem unteren Teil befindet sich ein System von kupfernen Heizschlangen, deren Enden in zwei voneinander getrennte Kammern einmünden. Der Heizdampf wird der einen Kammer durch ein Ventil zugeführt, strömt dann durch die Heizrohre und kondensiert in denselben. Das Heizdampfkondensat sammelt sich in der anderen Kammer und wird von dort abgeblasen. Aufser dem Zudampf- und dem Entwässerungsventil für

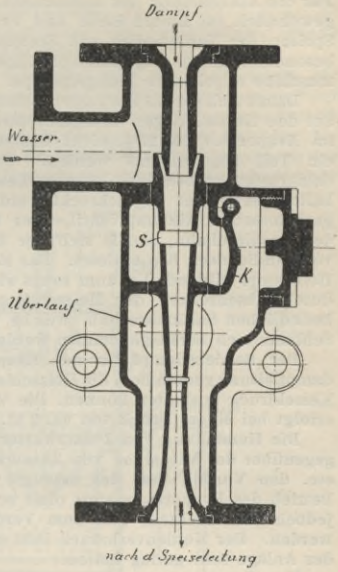


Fig. 243

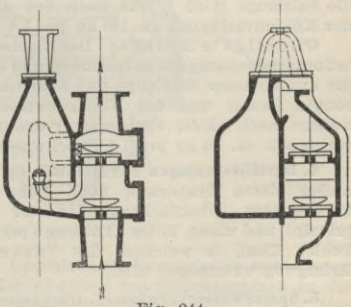


Fig. 244

die Heizschlangen befinden sich am Wasserraum eine Wasserstandsvorrichtung, ein Abschaum- und ein Ausblasehahn, und am Dampfraum ein Abdampfventil, ein Sicherheitsventil und ein Manometer. Für die Abscheidung des mechanisch mitgerissenen Wassers sind gewöhnlich im Innern Siebe und Prallbleche angebracht. Zum Speisen des Verdampfers mit Seewasser dient gewöhnlich eine besondere, kleine Duplexdampfpumpe oder eine an die Hauptmaschine angehängte Plungerpumpe.

Damit sich die im Seewasser befindlichen Salze nicht zu stark auf den Heizschlangen ablagern, darf der Salzgehalt des Wassers im Evaporator ca. 12% nicht übersteigen, es mufs also stets ein Teil abgeschäumt werden. Um die Heizschlangen von Salzkrusten zu befreien, können dieselben von Zeit zu Zeit mit kaltem Seewasser abgeschreckt werden. Hierzu öffnet man bei geschlossenem Abdampfventil, aber bei angestelltem Heizdampf den Ausblasehahn, sodafs sich der Evaporator durch denselben vollständig nach See entleert. Das sich hierauf bei abgestelltem Heizdampf bildende Vakuum saugt wieder Seewasser ein, und löst durch Abschrecken der Heizschlangen die sich auf denselben befindlichen Salzkrusten ab, welche von Zeit zu Zeit durch ein Schlammloch herausgenommen werden müssen.

Der Betriebsdampf für den Evaporator wird aus der Hilfsdampfleitung genommen, die Heizschlangen müssen also den vollen Kesseldruck aushalten können. Die Verdampfung des Seewassers erfolgt bei einem Druck von ca. 2 at.

Die Herstellung von Zusatzwasser durch Evaporatoren besitzt gegenüber der Mitnahme von Zusatzwasser in Doppelbodenzellen etc. den Vorteil, dafs das erzeugte Frischwasser bei richtigem Betrieb des Evaporators stets ohne schädliche Beimengungen ist, jedoch den Nachteil, dafs zum Verdampfen Kohlen verbraucht werden. Der Kohlenverbrauch läfst sich jedoch bei entsprechender Anlage sehr gering halten.

Ungünstigste Anlage: Der erzeugte Dampf und das Kondenswasser aus der Heizschlange gehen in den Kondensator, die Salzlauge wird direkt nach See abgeblasen. Dann beträgt der Kohlenverbrauch ca. 150 kg pro 1 t Frischwasser.

Günstigste Anlage: Das Speisewasser wird dem Zirkulationspumpenausgufs entnommen und in einem Vorwärmer durch die ausgeblasene Salzlauge des Evaporators vorgewärmt. Der erzeugte Dampf und das Kondenswasser aus der Heizschlange werden nach einem Speisewasservorwärmer abgeleitet. Kohlenverbrauch ca. 15 kg pro 1 t Frischwasser.

4. Destillieranlagen zur Herstellung von Trinkwasser, besitzen aufser einem Evaporator noch einen besonderen Trinkwasserkondensator (Oberflächenkondensator nach dem Gegenstromprinzip) und einen Filter (Füllung: präparierte Kohle, Knochenkohle, Kies), in welchem das Trinkwasser einer nochmaligen Reinigung unterzogen wird.

5. Speisewasservorwärmer. Die Speisewasservorwärmer sind entweder Mischvorwärmer oder Oberflächenvorwärmer. Sie bezwecken:

1. Schonung der Dampfkesselanlage.
   a) Durch Speisung der Kessel mit heifsem Speisewasser werden ungleichmäfsige Ausdehnungen und Leckagen der Kesselwandungen vermieden.

b) Durch die mit der Vorwärmung gleichzeitig erfolgende Entlüftung des Speisewassers wird die Rostbildung an den Kesselwandungen vermindert.

2. Erhöhung der Dampfproduktion.

3. Hauptsächlich die Ausnutzung von Dampfwärme, welche sonst im Kondensator verloren gehen würde.

In den meisten Fällen verwendet man zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers nur den Abdampf der Hilfsmaschinen und der Frischwassererzeuger. In diesem Fall geht fast die gesamte Dampfwärme des von den Hilfsmaschinen gebrauchten Dampfes (bis ca. 10% vom Dampfverbrauch der Hauptmaschinen) wieder an das Speisewasser zurück, die Hilfsmaschinen arbeiten also nahezu ohne

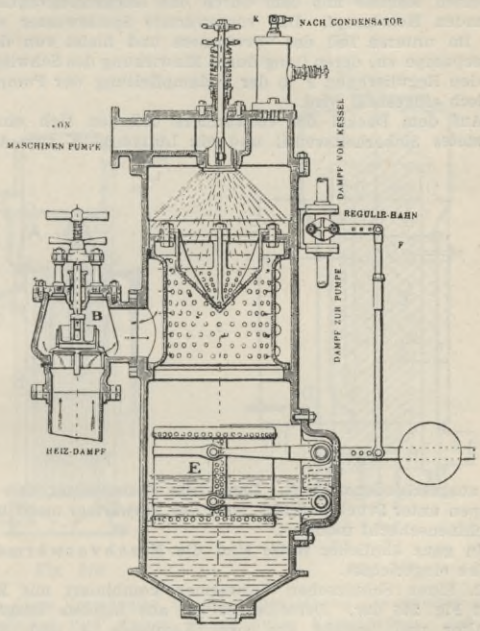


Fig. 245

Aufwendung von Kohlen. Geschieht die Vorwärmung direkt durch Kesseldampf — während der Abdampf der Hilfsmaschinen in den Kondensator geht — dann tritt keine Kohlenersparnis ein. Außerdem leitet man in das Speisewasser das Kondensationswasser sämtlicher Dampfleitungen.

Bemerkung: Die Speisewassermenge von t^0 C, welche von 1 kg gesättigtem Dampf auf 100° C erwärmt werden kann, ist:

$$G = (637-100) : (100 - t^0).$$

Beispiel: Ist $t = 40^0$ C, dann ist:

$$G = (637-100) : (100-40) = 9 \text{ kg}.$$

Wird das Kondenswasser des Heizdampfes dem Speisewasser hinzugefügt, dann erhält man im ganzen $G + 1$ kg Speisewasser von 100^0 C.

A. Bei Mischvorwärmern, welche stets in die Saugleitung der Dampfspeisepumpen eingebaut sind, wird der Heizdampf unter Vermeidung von Heizschlangen direkt mit dem Speisewasser vermischt.

1. Vorwärmer von Weir (Fig. 245). Das Speisewasser tritt durch das federbelastete Kegelventil D in den gufseisernen, zylindrischen Vorwärmer ein und vermischt sich innerhalb eines durchlöcherten Mantels mit dem durch das Rückschlagventil B eintretenden Heizdampf. Das vorgewärmte Speisewasser sammelt sich im unteren Teil des Vorwärmers und fliefst von dort der Speisepumpe zu, deren Gang durch Einwirkung des Schwimmers E auf den Regulierhahn F in der Zudampfleitung der Pumpe automatisch eingestellt wird.

Auf dem Deckel des Vorwärmers befinden sich ein federbelastetes Sicherheitsventil und ein Luftventil K zum Ablassen

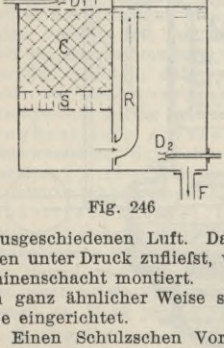


Fig. 246

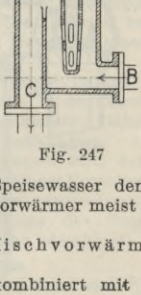


Fig. 247

der ausgeschiedenen Luft. Damit das Speisewasser den Speisepumpen unter Druck zufliefst, wird der Vorwärmer meist hoch im Maschinenschacht montiert.

In ganz ähnlicher Weise sind die Mischvorwärmer von Blake eingerichtet.

2. Einen Schulzschen Vorwärmer kombiniert mit Reiniger stellt Fig. 246 dar. Derselbe ist ein aus Blechen hergestellter Behälter und besteht aus zwei Kammern A und B. Das von der Luftpumpe zugeführte Speisewasser tritt bei E in die Kammer A ein, wird durch die zwischen Sieben befindlichen Schichten C und S (Koks bzw. Schwämme) von Öl und Schmutz gereinigt und tritt dann durch ein Überlaufrohr R in die Kammer B über, aus welcher es bei F von den Speisepumpen entnommen wird.

Beide Kammern A und B sind mit Düsen D_1 und D_2 zum Vorwärmen des Speisewassers und mit Entlüftungsrohren L_1 und L_2 versehen. Die Vorwärmung geschieht durch direkten Kesseldampf oder Abdampf des Evaporators. Aufserdem sind Überlaufrohre U_1 und U_2 in beiden Kammern angeordnet.

3. Vorwärmer von Morison (Fig. 247). Derselbe dient nur zur Ausnutzung des Evaporatordampfes und ist deshalb meistens mit einem Frischwassererzeuger verbunden. Der durch einen Zweiweghahn bei *A* eintretende Evaporatordampf vermischt sich mit dem bei *B* eingeführten Speisewasser, welches dann vorgewärmt bei *C* von den Speisepumpen entnommen wird. Die sich bei der Erwärmung ausscheidende Luft wird durch einen Luftthahn abgelassen.

B. Beim Oberflächenvorwärmer wird der Heizdampf durch ein Rohrsystem geleitet, welches vom Speisewasser umspült wird oder umgekehrt. Die Heizrohre sind entweder gerade (System Lundkuist, Weir, Normann, Niemeyer etc.) oder auch spiralförmig gebogen (System Pape und Henneberg, Howaldt etc.). Meistens

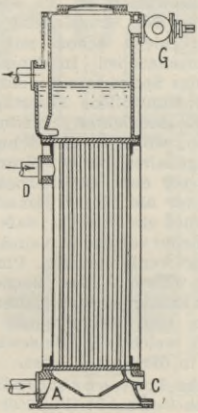


Fig. 248

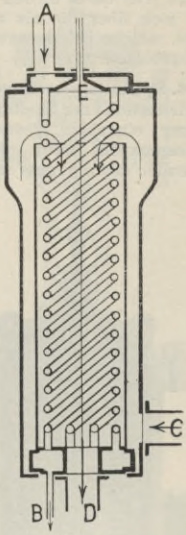


Fig. 249

werden diese Vorwärmer in die Druckleitung der Speisepumpen eingeschaltet und stehen daher unter Kesseldruck. Die Entwässerung der Heizrohre erfolgt meist nur in die Saugleitung der Pumpen oder nach dem Kondensator. Luft und Fette, welche sich bei der Erwärmung aus dem Speisewasser ausscheiden, werden durch ein an höchster Stelle des Vorwärmers befindliches Ventil abgelassen.

Damit die Wärmeleitungsfähigkeit der Heizrohre erhalten bleibt, müssen die Oberflächenvorwärmer zeitweise mit Soda ausgekocht werden, um das den Heizrohren anhaftende Fett zu entfernen.

1. Der Vorwärmer von Lundkuist (Fig. 248) wird in die Saugleitung der Speisepumpen eingeschaltet. Das Speisewasser

tritt bei *A* in den Vorwärmer ein, fliefst durch die vom Heizdampf umspülten Rohre und sammelt sich vorgewärmt im oberen Teil, von wo es bei *B* durch die Pumpen entnommen wird. Durch den Hahn *G* wird das Speisewasser abgeschäumt und entlüftet.

Dieser Vorwärmer kann auch als Hilfskondensator gebraucht werden, wenn bei *A* Seewasser in denselben gepumpt wird. Der Abdampf, welcher niedergeschlagen werden soll, tritt bei *D* in den Kondensationsraum ein, das Kondensat wird bei *C* nach einem Speisewassertank abgeleitet.

2. Vorwärmer von Pape und Henneberg (Fig. 249). Das Speisewasser, welches von den Speisepumpen kommt, tritt bei *C* in den Vorwärmer ein, durchfliefst denselben in Richtung der in die Figur eingezeichneten Pfeile und verläfst ihn bei *D*. Der Heizdampf tritt bei *A* in den hohlen Deckel des Vorwärmers und verteilt sich über die als zylindrische Spiralen angeordneten Heizrohre, welche bei *B* entwässert werden. Luft und Öl werden bei *E* abgeblasen.

6. Speisewasserreiniger werden bei Maschinen mit Oberflächenkondensation zur Reinigung des Speisewassers in die Speiseleitung eingebaut, (eventuell auch in die Saugeleitung der Speisepumpen) wenn der Vorwärmer nicht schon mit genügenden Reinigungsvorrichtungen versehen ist. In denselben mufs das Speisewasser mehrfach durch baumwollene Filtertücher oder Koksschichten hindurchströmen, wobei Öl und Schmutz zurückgehalten werden. Wenn der Druck vor dem Filter erheblich höher ist als hinter demselben so ist dies ein Zeichen, dafs die Filtertücher verschmutzt sind und gereinigt werden müssen. Um die Filter während des Betriebes zwecks Reinigung ausschalten zu können, sind Umlaufventile vorhanden, welche das Speisewasser direkt in die Kessel leiten.

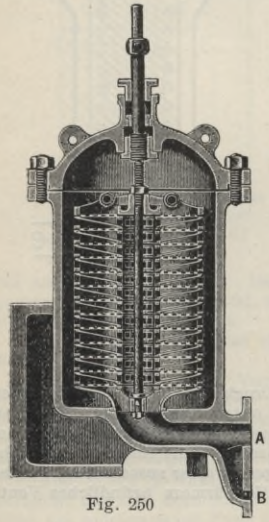


Fig. 250

Beim Speisewasserreiniger von Schmidt (Fig. 250) tritt das Speisewasser von unten bei *A* in den zylindrischen Hohlraum in der Mitte ein, und gelangt durch die ringförmigen Filtertücher, welche zwischen je zwei Sieben liegen, in das äufsere Gehäuse und von hier in den Kessel. Die Siebe und die darunter befindlichen konischen Zellen sind durch eine Spindel zusammengepreßt.

Zur Reinigung nimmt man dann entweder die Filtertücher heraus, oder man kocht dieselben aus ohne sie herauszunehmen, indem man Dampf in das äufsere Gehäuse eintreten läfst. Der hierbei von den Filtertüchern abfallende Schmutz wird dann durch einen Ausblasehahn bei *B* entfernt.

7. Reduzierventile sind selbsttätige Drosselventile, welche in die Dampfleitung eingeschaltet werden, wenn es erforderlich ist, dafs die anschliefsenden Hilfsmaschinen oder Apparate (Winden, Dampfkochapparate usw.) mit einem geringeren als dem Kesseldruck arbeiten sollen.

Apparate nach Fig. 252 besitzen ein Doppelsitz- oder ein mittels Kolben entlastetes Ventil *a*, dessen verlängerte Spindel mit einem Kolben oder einer Membran *b* verbunden ist. Der reduzierte Dampf drückt auf diese Membran und hat das Bestreben, das Ventil zu schliefsen, während eine in entgegengesetzter Richtung wirkende Feder *c* (oder Gewichtsbelastung)

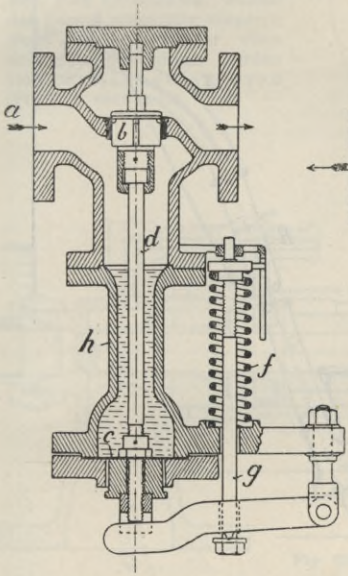


Fig. 251

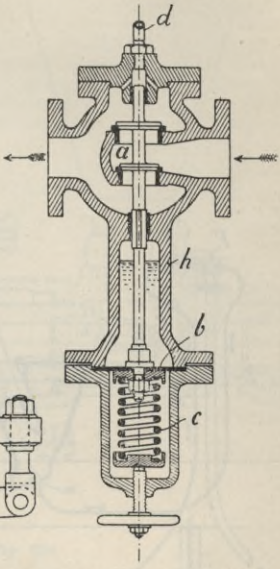


Fig. 252

dasselbe zu öffnen sucht. Steigt der Druck des reduzierten Dampfes höher als der Federspannung entspricht, dann schliefst ersterer das Ventil so weit, dafs der eingestellte Druck wieder erreicht wird.

Das Einstellen des Apparates auf einen bestimmten Druck des reduzierten Dampfes geschieht unter Beobachtung des bei *d* angeschlossenen Manometers durch stärkeres oder schwächeres Anspannen der Feder *c*.

Die Membran *b* besteht gewöhnlich aus einer Gummiplatte, welche zwischen die Flanschen eingeklemmt ist. Von Wichtigkeit ist es, dafs die Membran nicht der Temperatur des Dampfes ausgesetzt ist, was selbsttätig dadurch erreicht wird, dafs sich im

Hals *h* oberhalb der Membran Kondenswasser ansammelt und abkühlt.

Bei dem in Fig. 251 dargestellten Reduzierventil System Auld, tritt der Dampf bei *a* ein und drückt gleichzeitig unter das einsitzige Ventil *b* und auf die durch Kondenswasser im Hals *h* geschützte Gummimembran *c*, welche durch die Spindel *d* mit dem Ventil *b* verbunden ist. Auf die Ventilspindel *d* drückt ferner von unten direkt oder durch einen eingeschalteten Hebel die Feder *f*, welche dem auf den Ventilkegel wirkenden Druck des reduzierten Dampfes das Gleichgewicht hält.

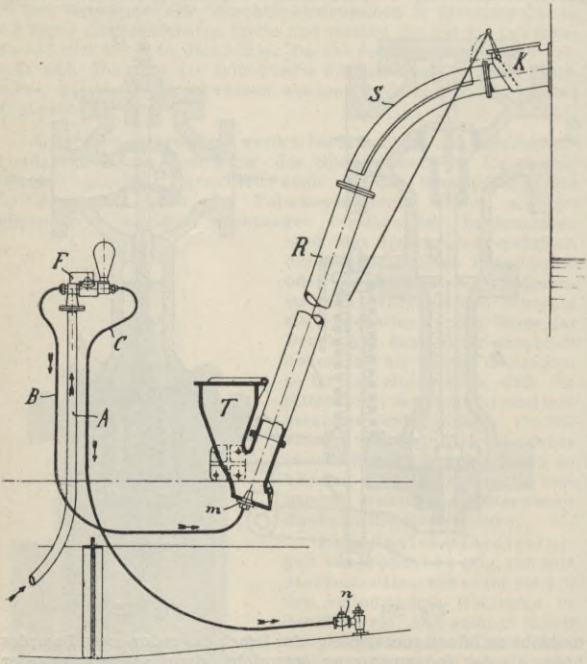


Fig. 253

Steigt der Druck des reduzierten Dampfes höher als der Federspannung entspricht, dann drückt ersterer das Ventil mehr oder weniger zu.

Eingestellt wird das Ventil durch stärkeres oder schwächeres Spannen der Feder *f* mit Hilfe der Spindel *g*.

Wenn der Dampfverbrauch hinter dem Reduzierventil ganz aufhört, steigt der Druck des reduzierten Dampfes allmählich bis auf jenen vor dem Ventil. Es wird daher in solchen Fällen,

wo dies unter keinen Umständen eintreten darf, hinter dem Reduzierventil ein Sicherheitsventil angebracht.

Zum vollständigen Absperren der Leitung wird zweckmäfsig ein Absperrventil vorgeschaltet.

8. Ascheheifsvorrichtungen sind auf kleinen Schiffen Handwinden, auf gröfseren meist Dampfwinden, welche die Asche durch die Ventilationsrohre oder durch besondere Aschheifsrohre an Deck heben. Die Dampfwinden erhalten häufig Umsteuerung mittels Drehschieber (Fig. 149) und eine Vorrichtung, welche den Dampf selbsttätig absperrt, wenn der Ascheeimer oben anlangt. Neuerdings werden vielfach Ascheejektoren (Fig. 253) verwendet.

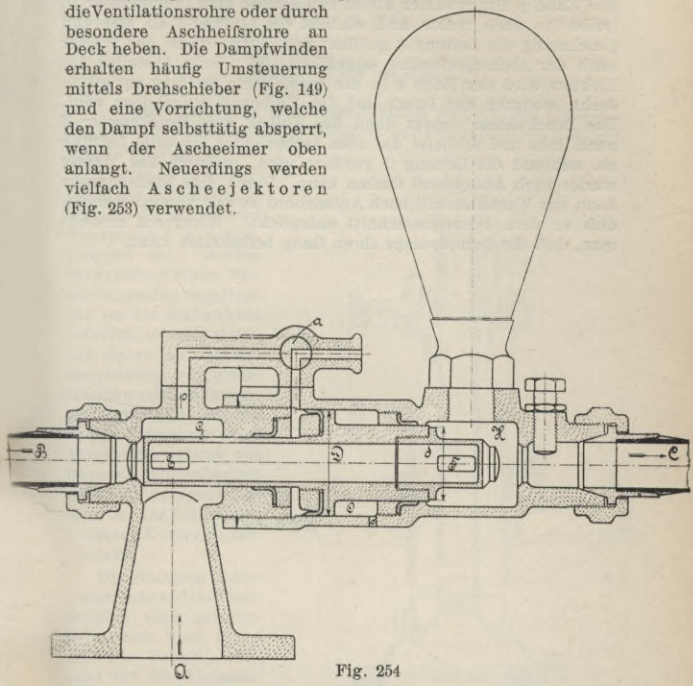


Fig. 254

Dieselben sind Wasserstrahlapparate, welche mit einem Wasserdruck von ca. 10 bis 15 at betrieben werden. Die Asche wird in einen gufseisernen Trichter *T* geschaufelt, auf dessen Grunde sich eine Düse *m* befindet, aus welcher in Richtung des Auswurfrohres ein Wasserstrahl ausströmt. Dieser reifst die Asche mit sich durch ein Rohr *R*, welches in der Aufsenhaut ca. 1 m über Wasser mündet. Das Rohr ist durch eine Klappe *K* verschliefsbar, damit bei hohem Seegang kein Wasser in den Heizraum gelangen kann. Die obere Seite des Krümmers im Auswurfrohr, welche der Abnutzung durch Reibung mit der Asche am meisten ausgesetzt ist, wird durch ein auswechselbares Sattelstück *S* (Stahlgufs oder Gufseisenhartgufs) gebildet. Damit kein Wasser aus dem Ascheejektor in den Heizraum treten kann, mufs das Druckwasser rasch angestellt werden. Hierzu dient neuerdings der Differenzialkolben *F* »Patent Howaldt« (Fig. 254).

Bei demselben tritt das Druckwasser von der Pumpe bei *A* ein. Durch die Öffnungen *E* und *F* des hohlen Kolbens stehen die Räume *G* und *H* in Verbindung. In der gezeichneten Stellung gelangt das Wasser durch *E* und *F* in die Leitung *C*, welche durch einen Hahn und ein Rückschlagventil *n* (Fig. 253) nach Aufsenbord führt. Wird der Regulierhahn *a* um 90° gedreht, so gelangt durch den Kanal *p* Druckwasser hinter den Kolben vom Durchmesser *D*, treibt ihn nach rechts und schliefst die Leitung *C* ab, während gleichzeitig die Leitung *B* geöffnet und durch diese das Wasser nach der Ascheejektordüse *m* geführt wird. Beim Abstellen des Ejektors wird der Hahn *a* in die gezeichnete Stellung zurückgedreht, wodurch der Druck auf den Kolben *D* aufgehoben wird. Das Druckwasser drückt dann den Kolben vom Druckmesser *d* nach links und schliefst die zum Ascheejektor führende Leitung ab, während die Leitung *C* geöffnet wird, wodurch das Wasser wieder nach Aufsenbord fliefsen kann. Durch eine Stellschraube kann der Wasseraustritt nach Aufsenbord soweit verengt werden, dafs er dem Düsenquerschnitt entspricht. Hierdurch erreicht man, dafs die Dampfpumpe ihren Gang beibehalten kann.

VI. Teil.

Rohrleitung.

1. **Unterwasserteile und Ausgufsventile** werden bei Handelsschiffen aus Gufseisen oder Bronze, bei Kriegsschiffen nur aus Bronze hergestellt.

Die Unterwasserteile zur Entnahme des Wassers von aufsenbord (Seeventile f. d. versch. Pumpen etc.) werden entweder auf einem Verstärkungsring unmittelbar an der Aufsenhaut befestigt, oder sie sitzen auf einem an letztere angebauten schmiedeeisernen oder gufseisernen Kasten. Die Öffnung in der Aufsenhaut wird durch eine Gräting aus Bronze, Schmiedeeisen oder Stahlgufs geschlossen, um das Eindringen gröfserer Körper zu verhindern.

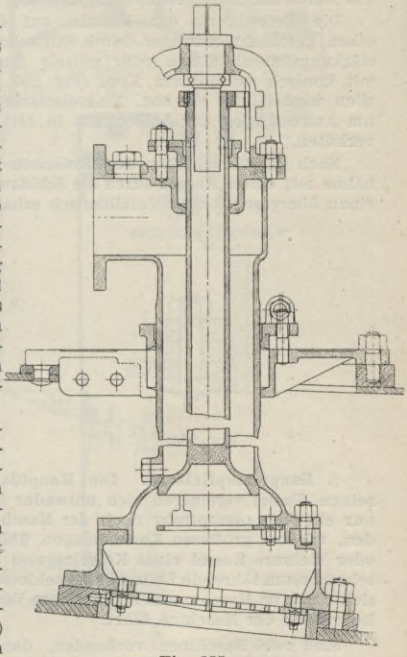


Fig. 255

Die gröfseren Unterwasserteile auf Handelsschiffen sind gewöhnliche, sich nach innen öffnende Ventile, während für die kleineren auch Hähne verwendet werden. Auf Kriegsschiffen werden mitunter noch sog. »Kingstonventile« (Fig. 255) verwendet, welche sich nach aufsen öffnen. Der mit angegossener Spindel versehene Ventilkegel mufs hier bei Reparaturen bzw. Überholungsarbeiten nach Aufsenbord herausgezogen werden.

Die Seeventile werden gewöhnlich mit einem kleinen Ventil mit Anschlufs an die Hilfsdampfleitung versehen, um die Gräting im Bedarfsfalle mittels Dampf von Schmutz oder Eis reinigen zu können.

Die Ausgufsventile sind bei Handelsschiffen meist über der Wasserlinie, bei Kriegsschiffen immer unter derselben angebracht. Ausblasehähne oder -ventile für die Kessel und Evaporatoren werden immer unter Wasser angeordnet. Hähne müssen so beschaffen sein, dafs der Schlüssel nur in geschlossenem Zustande abgenommen werden kann.

Ausgufsventile für Kolbenpumpen werden meist mit Federbelastung ausgeführt (besonders für die an der Maschine angehängten Pumpen), um Brüche an Rohrleitungen oder Pumpen zu verhüten.

Die Ausgufsventile der Maschinenlenzpumpen sind häufig so eingerichtet, dafs sie sich nur in geöffnetem Zustande durch einen Querkeil festhalten lassen, in geschlossenem Zustande hingegen nur durch ihr Eigengewicht schliefsen.

Die Befestigung der Ventile auf ihren Verstärkungsflanschen geschieht entweder durch Stiftschrauben, welche im Verstärkungsflansch sitzen oder mittels durchgehender Schrauben mit konisch versenktem Kopf (Fig. 256). Bei metallenen Ventilen wird häufig ein sog. Zinkschutzring angebracht (Fig. 257), um Anfressungen der Aufsenhaut in der Nähe der Metallteile zu verhüten.

Nach den Vorschriften des Britischen Lloyd müssen Ausblasehähne mit einem Ansatz durch die Schiffswand reichen und aufsen einen übergeschobenen Metallflansch erhalten (Fig. 257).

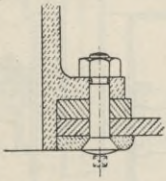


Fig. 256

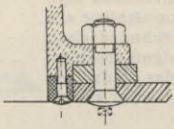


Fig. 257

2. **Hauptdampfleitung.** Die Hauptdampfleitungen der einzelnen Kessel vereinigen sich entweder im Kesselraum, so dafs nur ein Hauptdampfrohr nach der Maschine führt, oder es werden, wie bei gröfseren Kesselanlagen üblich, immer nur je zwei oder mehrere Kessel eines Kesselraumes an eine nach dem Maschinenraum führende Leitung angeschlossen. Letztere vereinigen sich dann im Maschinenraum in einem Ventilkasten, von dem ein Rohr nach der Maschine führt.

Sind zwei Maschinen vorhanden, dann werden für jede derselben solche Leitungen (Backbord und Steuerbord) angelegt. Im Maschinenraum werden dann die beiden Ventilkasten noch durch ein mitunter absperrbares Rohr verbunden, um bei Havarien z. B. die Dampfleitungen der Backbordmaschine für die Steuerbordmaschine verwenden zu können. Jedes vom Ventilkasten nach der Maschine führende Rohr erhält meistens noch ein besonderes Absperrventil, um jede Maschine ausschalten zu können.

Zwischen Ventilkasten und Maschine wird gewöhnlich ein Wasserabscheider eingebaut, welcher die in Fig. 258 dargestellte oder eine ähnliche Einrichtung besitzt. Das mitgerissene oder in den Leitungen kondensierte Wasser scheidet sich im

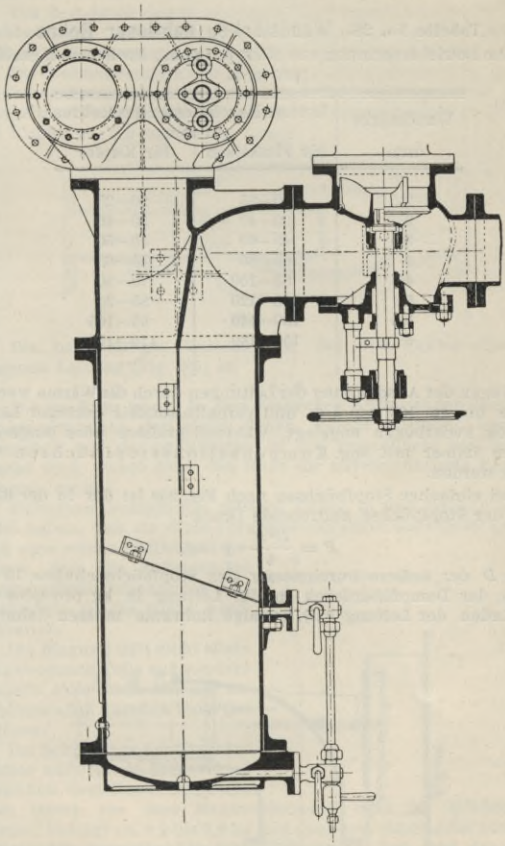


Fig. 258

unteren Teil des Wassersammlers ab und kann von dort in den Kondensator, den Vorwärmer, die Luftpumpenzisterne etc. geleitet oder direkt in die Kessel gespeist werden.

Am besten ist es, wenn die Leitungen nach dem Wasserabscheider hin geneigt angeordnet werden können, weil dann

alles kondensierte oder mitgerissene Wasser sich dort abscheiden und in der Leitung selbst sich nirgends Wasser ansammeln kann.

Material der Leitungen: Kupfer oder Flufseisen bzw. Stahl, Material der Stutzen und Ventile: Gufseisen, Bronze oder Stahlgufs.

Tabelle No. 28. Wandstärken nahtloser Rohre
für eine Betriebsspannung von 15 kg pro qcm; Probedruck ca. 30 kg pro qcm.

Wandstärke mm	Innerer Durchmesser des Rohres in mm für Flufseisen	für Kupfer
2,5	20—25	20—25
3	30—40	30—40
3,5	45—60	45—50
4	65—80	55—65
4,5	85—100	70—80
5	105—120	85—90
5,5	130—140	95—105
6	150—160	110—120

Wegen der Ausdehnung der Leitungen durch die Wärme werden Rohre bis ca. 120 mm l ϕ und verhältnismäfsig geringer Länge mit sog. Federbögen angelegt, während gröfsere oder lange Leitungen immer mit sog. Kompensationsstopfbüchsen versehen werden.

Bei einfachen Stopfbüchsen nach Fig. 259 ist der in der Richtung der Stopfbüchse auftretende Druck

$$P = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot p \text{ kg},$$

wenn D der äufsere Durchmesser des Stopfbüchsschuhes in cm und p der Dampfüberdruck in der Leitung in kg pro qcm ist. Die Enden der Leitung bzw. etwaige Rohrknie müssen daher an

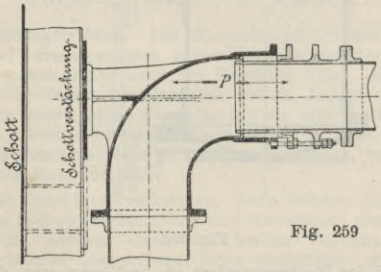


Fig. 259

Schotten, Decks etc. genügend festgelegt werden. Letzteres wird mitunter auch durch Längsanker erreicht, welche das eine Rohrende mit dem am anderen Ende angebrachten Stopfbüchsentopf verbinden.

Als Sicherung bei event. Bruch der Anker bzw. Nachgeben der Stützpunkte, werden einige Stopfbüchsstifte so lang gemacht, dafs sie durch den am Rohrschuh angegossenen Ring reichen und am Ende mit gesicherten Muttern versehen. In kaltem Zustande müssen diese Muttern noch etwas Luft haben.

Um den durch den Dampfdruck hervorgerufenen Schub in der Richtung der Rohrstopfbüchse zu vermeiden, werden mitunter entlastete Kompensationsstopfbüchsen nach Fig. 260 eingebaut.

Die Verlängerung a pro 1 m Länge der Dampfleitung beträgt bei einer Erwärmung von 0° bis ca. 200°, entsprechend einem Dampfdruck von etwa 15 kg pro qcm, bei Schmiedeeisen ca. 2,2 mm, bei Kupfer ca. 3,2 mm pro m Länge.

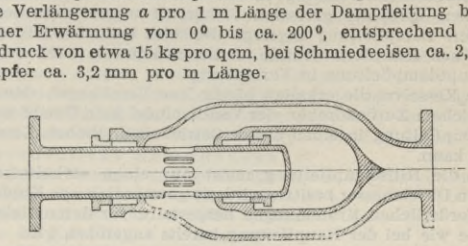


Fig. 260

Die beabsichtigte Verschiebung des Endpunktes einer gebogenen Leitung (Fig. 261) ist

$$x = l \cdot a.$$

Die im Rohr bezw. in den Flanschen auftretenden Biegungsbeanspruchungen sind gleich denen, welche auftreten, wenn der Flansch b aus der punktierten in die gezeichnete Stellung gebracht wird, wobei dann das Rohr die strichpunktierte Form annehmen mufs.

Gebogene Dampfrohre müssen daher in den Haltern so viel Spiel haben, dafs sie diese Formveränderungen annehmen können, und eine solche Pfeilhöhe h besitzen, dafs die auftretenden Biegungsbeanspruchungen eine bestimmte Gröfse nicht überschreiten.

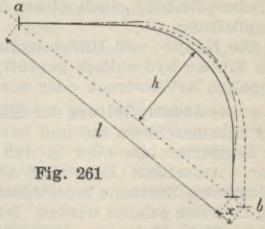


Fig. 261

Die Biegung tritt nicht allein im gebogenen Teile auf, sondern verteilt sich auch auf die anschliefsenden geraden Teile des Rohres.

Der beim Gange der Maschine immer auftretende Unterschied zwischen dem Kesseldruck und dem Druck vor dem Manöverierventil oder im *HD*-Schieberkasten, beträgt ca. 0,2 bis 0,6 kg pro qcm und rührt unter normalen Umständen hauptsächlich vom Widerstande her, den der Dampf beim Durchströmen der Ventile und Leitungen etc. erfährt, welches mit einer Geschwindigkeit von ca. 30 bis 50 m pro Sek. geschieht. Die in der Leitung auftretende Kondensation hat nur ganz unbedeutenden Anteil daran.

Da die Maschine sich beim Gange infolge der auftretenden Massenwirkungen der Gestänge wegen des elastischen Fundamentes immer mehr oder weniger hebt und senkt, sowie durch den

Kreuzkopfdruck auch seitlichen Schwankungen unterworfen ist, so werden bei gröfseren Maschinen die Verbindungen zwischen Wasserabscheider und Manöverierventil sowie auch zwischen dem *ND*-Zylinder und dem getrennt aufgestellten Kondensator durch Rohre hergestellt, welche in Stopfbüchsen frei beweglich sind.

3. **Hilfsdampfleitung:** dient zum Betriebe aller Hilfsmaschinen. Sie ist an diejenigen Kessel angeschlossen, welche im Hafen event. als Hilfskessel Verwendung finden sollen. Für die elektrischen Maschinen wird der gröfseren Sicherheit wegen mitunter eine besondere Dampfleitung angelegt. Meistens steht die Hilfsdampfleitung aus demselben Grunde im Maschinenraum auch noch mit der Hauptdampfleitung in Verbindung.

Die Kesselventile erhalten häufig lose Ventilkegel, damit bei irrtümlichem Zurückdrehen der Ventilspindel kein Dampf aus der Hilfsdampfleitung in einen aufser Betrieb befindlichen Kessel gelangen kann.

Da die Hilfsdampfleitung meist nur einen verhältnismäfsig geringen Durchmesser besitzt, wird sie gewöhnlich aus Kupfer mit den erforderlichen Krümmungen hergestellt, für deren Halterung dasselbe wie bei der Hauptleitung bereits angeführt, gilt.

Die einzelnen Hilfsmaschinen erhalten gewöhnlich direkt an der gemeinschaftlichen Leitung Absperrventile und aufserdem an jeder Hilfsmaschine noch ein Regulierventil.

Die Entwässerung der Hilfsdampfleitung an ihren tiefsten Punkten geschieht entweder in die Abdampfleitung der Hilfsmaschinen oder durch eine besondere hierfür angelegte Entwässerungsleitung, die in den Kondensator oder einen Tank führt, oder direkt in die Bilge.

Die auf Deck etc. befindlichen Winden und sonstigen Schiffs-Hilfsmaschinen besitzen meist eine besondere Dampfleitung, die an geeigneter Stelle an die Hilfsdampfleitung angeschlossen ist. Die Steuermaschine erhält häufig aufser ihrem Anschlufs an die Hilfsdampfleitung noch einen direkten Anschlufs an die Hauptdampfleitung.

Die Haupt- und Hilfsdampfleitungen werden vor und nach dem Einbau hydraulisch geprüft und zwar in der Regel mit dem doppelten Arbeitsdruck oder mit dem Arbeitsdruck + 5 at.

4. Die **Abdampfleitung** der Hilfsmaschinen nimmt den Abdampf aller Hil.smaschinen auf und leitet denselben in den Kondensator der Hauptmaschine oder in den etwa vorhandenen Hilfskondensator. Aufserdem kann der Abdampf auch durch ein in geschlossenem Zustande federbelastetes Ventil am Schornstein entlang ins Freie geleitet werden. Ist ein Speisewasservorwärmer nach System Weir, Blake etc. vorhanden, dann ist die Abdampfleitung auch mit diesem verbunden.

Die Verwendung des Abdampfes der Hilfsmaschinen zum Vorwärmen des Speisewassers ist am zweckmäfsigsten, weil dann fast die ganze Wärme des für die verhältnismäfsig unökonomisch arbeitenden Hilfsmaschinen gebrauchten Dampfes wiedergewonnen wird, also eine direkte Kohlenersparnis bedeutet.

Der Abdampf der elektrischen Maschine wird meist getrennt von der Abdampfleitung der übrigen Hilfsmaschinen in den Kondensator geführt, da unregelmäfsiges Arbeiten der Hilfsmaschinen den gleichmäfsigen Gang der elektrischen Maschine beeinträchtigt.

Der Abdampf kann jedoch durch eine absperrbare Leitung auch in die gemeinschaftliche Abdampfleitung geführt werden.

Der Abdampf der Steuermaschine und des Ankerspills kann meist aufser in die gemeinschaftliche Abdampfleitung auch noch durch ein federbelastetes Rückschlagventil direkt ins Freie geleitet werden.

5. **Speiseleitungen.** Meist sind zwei Speiseleitungen (Haupt- und Hilfsspeiseleitung) vorgesehen, die an je ein besonderes Speiseventil an jedem Kessel anschliefsen.

Da gesetzlich mindestens zwei getrennte Speisevorrichtungen vorhanden sein müssen, so wird gewöhnlich jede derselben an eine dieser Speiseleitungen angeschlossen. Häufig ist jedoch der Sicherheit wegen die Einrichtung auch so getroffen, dafs mit jeder Speisevorrichtung in jede der beiden Speiseleitungen gedrückt werden kann.

Gebräuchliche Anordnungen:

Bei kleinen Maschinenanlagen saugen die an die Hauptmaschine angehängten Speisepumpen das Wasser aus dem Luftpumpendruckraum und drücken dasselbe durch die Hauptspeiseleitung direkt in die Kessel.

Bei gröfseren Anlagen kommen Speisewasservorwärmer (s. S. 182) und Speisewasserreiniger (s. S. 186) zur Anwendung, welche in sehr verschiedener Weise angeordnet sein können; z. B.:

a) Die an die Hauptmaschine angehängten Speisepumpen saugen aus dem Luftpumpendruckraum und drücken durch einen Oberflächenvorwärmer und einen Filter in die Kessel.

b) Die Maschinenspeisepumpen saugen aus dem Luftpumpendruckraum und drücken in einen Mischvorwärmer, aus dem eine besondere, durch Schwimmer regulierte Dampfpumpe saugt und durch einen in die Druckleitung eingeschalteten Filter in die Kessel drückt. Eine solche Anlage zeigt Fig. 262. Hier ist:

1 : Saugrohr der Dampfpumpe aus dem Luftpumpendruckraum.
2 : » » » » » Kondensator.
3 : » » » » See.
4 : » » » » dem (Weirschen) Vorwärmer.
5 : Hilfsspeiseleitung.
6 : Hauptspeiseleitung.
7 : Druckrohr d. Maschinenspeisepump. in d. Hilfsspeiseleitung.
8 : » » » nach dem Vorwärmer.
A : Zudampfleitung nach dem Regulierhahn am Vorwärmer.
a : Direkter Dampf nach den Dampfpumpen (Weir).
B : Zudampfleitung vom Regulierhahn am Vorwärmer nach den Dampfpumpen.
C : Abdampfleitung der Hilfsmaschinen.
E : » » » nach dem Kondensator.
F : Anschlufs der Abdampfleitung der Hilfsmaschinen an den *ND*-Schieberkasten.
G : Abdampfleitung der Hilfsmaschinen nach dem Vorwärmer.
H : Luftrohr vom Vorwärmer nach dem Kondensator.
J : Zudampfrohre nach den Dampfpumpen.
K : Abdampfrohre der Dampfpumpen.

Liefern die Hilfsmaschinen mehr Abdampf als der Vorwärmer verarbeiten kann, so läfst man den überschüssigen Dampf durch das Umschaltventil und das Rohr *E* nach dem Kondensator entweichen.

Der Filter ist in die Hauptspeiseleitung 6 eingeschaltet und kann entweder im Maschinenraum oder im Kesselraum angebracht sein.

c) Die Luftpumpe fördert das Wasser in einen Mischvorwärmer, aus dem eine durch Schwimmer regulierte Dampfpumpe saugt und durch einen Filter in die Kessel drückt.

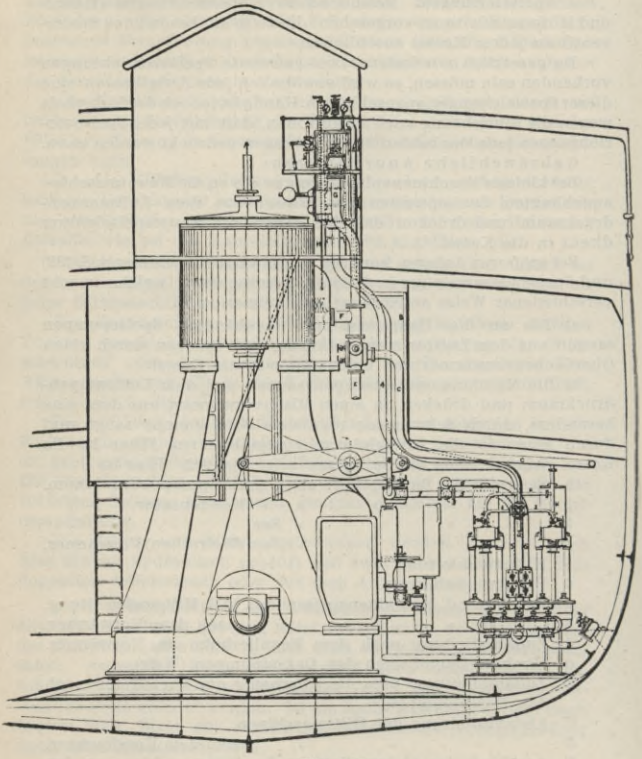


Fig. 262

d) Die Luftpumpe fördert in einen Filter aus welchem das Wasser in einen mit Schwimmer versehenen Tank abläuft. Aus diesem saugt eine durch den Schwimmer regulierte Dampfpumpe, welche das Speisewasser in einen Mischvorwärmer drückt. Aus letzterem saugt eine zweite, ebenfalls durch einen Schwimmer im Vorwärmer regulierte Dampfpumpe und drückt in die Kessel.

e) Das von der Luftpumpe geförderte Wasser fliefst in einen mit Schwimmer versehenen Tank, aus dem eine durch ersteren

regulierte Dampfpumpe saugt und durch einen Filter in einen Mischvorwärmer drückt. Aus diesem saugt eine zweite, ebenfalls durch Schwimmer regulierte Dampfpumpe und drückt in die Kessel.

Sind mehrere Kesselräume vorhanden, dann ist der Wasserdruck in der verhältnismäfsig langen Speiseleitung in der Nähe der Pumpe naturgemäfs gröfser als am Ende derselben. Diese Druckunterschiede lassen sich jedoch durch Regulierung der Speiseventile an den einzelnen Kesseln leicht ausgleichen und die Zuführung des Speisewassers der Verdampfung entsprechend regeln.

Schläge in den Speiseleitungen rühren in der Regel daher, dafs die Kolben der in die Leitung drückenden Dampfspeisepumpen gleichzeitig den toten Punkt erreichen. Es schliefsen sich dann die losen Kegel aller Speiseventile der Kessel gleichzeitig, wodurch bei jedem Hubwechsel ein Schlag verursacht wird.

Während die von der Maschine unabhängigen Hauptspeisepumpen meist nur aus dem Vorwärmer, der Luftpumpenzisterne und dem Kondensator saugen und nur in die Kessel drücken, werden Hilfsspeisepumpen gewöhnlich so eingerichtet, dafs sie sowohl aus dem Vorwärmer und der Luftpumpenzysterne als auch aus dem Kondensator, den Speisewasserzellen des Doppelbodens, den Kesseln (durch die Ausblaseleitung) und mitunter auch aus See saugen können.

Die Druckrohre der Hilfsspeisepumpen führen aufser in die Kessel auch noch nach aufsenbord.

Der Saugeanschlufs an die Kessel dient zum Auspumpen derselben; auch kann er zur Zirkulation des Kesselwassers verwendet werden, um beim Anheizen eines Kessels oder bei langem Stillliegen unter Dampf das Kesselwasser durch die Ausblaseleitung unten abzusaugen und durch die Speiseleitung oben wieder zuzuführen, um ungleichmäfsiges Erwärmen bezw. Abkühlen des Kessels und die daraus folgenden Leckagen zu verhüten.

Häufig ist auch neben den Speisepumpen ein Injektor vorhanden, der aus dem Speisewassertank (im Doppelboden etc.) und mitunter auch aus See saugt und in die Hilfsspeiseleitung drückt.

Auf Kriegsschiffen sind die Speisepumpen meist in den einzelnen Kesselräumen aufgestellt und saugen durch entsprechende Rohrleitungen aus den in den Maschinenräumen aufgestellten Warmwasserkasten (siehe S. 184). Sie drücken dann gewöhnlich durch einen Speisewasserreiniger, event. auch durch einen Oberflächenvorwärmer in die Kessel. Die Regulierung der Pumpen geschieht von Hand.

6. **Lenzleitungen** dienen zum Lenzen des sich in den Bilgen ansammelnden Wassers.

Auf Handelsschiffen werden die einzelnen Saugrohre aus den verschiedenen wasserdichten Abteilungen (Seitengräben oder Brunnen) nach den Maschinen- bezw. Kesselräumen geführt und schliefsen dort an Ventilkasten an, an welchen jede Leitung durch ein Ventil mit losem Kegel, mitunter auch noch durch einen Hahn oder Schieber, abgesperrt werden kann. Die losen Ventilkegel sollen verhindern, dafs auch bei nicht niedergeschraubten Ventilspindeln Wasser aus einer überfluteten Abteilung in eine

andere überlaufen kann. Jedes Ventil mufs mit genauer Bezeichnung versehen sein, nach welcher Abteilung das anschliefsende Saugrohr führt.

Das gemeinschaftliche Saugrohr aus den Lenzventilkasten schliefst an der Dampfpumpe gewöhnlich seitlich an einen Winkelhahn mit offenem Boden an, dessen Kücken nur eine seitliche Öffnung hat, um zu verhindern, dafs Wasser von See etc. in die Bilge-Ventilkasten bezw. in die Schiffsräume gelangen kann.

Auf Kriegsschiffen führt ein (oder auch zwei) Hauptlenzrohr im Doppelboden durch das ganze Schiff. In jeder Abteilung oberhalb des Doppelbodens befindet sich ein von Deck aus zu bedienendes Ventil mit Rückschlagklappe, durch welches das in der Abteilung befindliche Wasser in das Hauptlenzrohr gelangen kann.

Im Maschinenraum ist die Zirkulationspumpe mittels Rückschlagventil an das Hauptlenzrohr angeschlossen. Aufser dem Hauptlenzrohr ist meist noch oberhalb des Doppelbodens ein kleineres, sich ebenfalls durch alle Schiffsräume erstreckendes Hilfslenzrohr angeordnet, welches ebenfalls in jeder Abteilung ein von Deck aus zu betätigendes Ventil besitzt, durch welches das Bilgewasser in die Leitung gelangen kann. Aus dieser Leitung saugen die in den verschiedenen Räumen aufgestellten Dampfpumpen.

Auch auf Handelsschiffen ist die Zirkulationspumpe stets so eingerichtet, dafs sie durch ein Ventil mit losem Kegel aus der Maschinenraumbilge saugen kann.

Die Saugekörbe, meist aus verzinktem Eisenblech, Blei oder Gufseisen, stehen gewöhnlich mit ihrem unteren offenen Teil auf dem Schiffsboden etc. auf, so dafs das Wasser nur seitlich zufliefsen kann. Mitunter sind sie auch zweiteilig, um sie behufs Reinigung leicht abnehmen zu können.

Um zu verhindern, dafs Unreinigkeiten in die Pumpenventile gelangen, werden häufig aufser den Saugkörben noch sog. Schlammkasten, die oberhalb des Flurbodens liegen, in die Saugleitungen eingebaut. Das angesaugte Wasser mufs in diesen noch ein Sieb passieren, vor dem sich etwaige Unreinigkeiten ablagern, die durch den leicht zu öffnenden Deckel entfernt werden können.

Die Lenzleitungen werden auf Handelsschiffen gewöhnlich aus Blei gemacht, weil Kupferrohre durch die im Bilgewasser häufig enthaltenen Säuren leichter zerfressen werden als erstere. Auf Kriegsschiffen werden sie jedoch nur aus Kupfer oder teilweise aus verzinktem Eisen hergestellt.

7. **Ballastleitungen** dienen zum Füllen und Entleeren der Ballast- und Trimmtanks. Sie sind in ähnlicher Weise wie die Lenzleitungen angeordnet, nur sind die Ventile in den Gruppenventilkasten keine Rückschlagventile, sondern in gewöhnlicher Weise mit den Spindeln verbunden.

Zum Entleeren der Ballasttanks dient meist eine besondere, im Maschinen- oder Kesselraum aufgestellte Kolbenpumpe oder auch eine Zentrifugalpumpe, die das Wasser durch ein zugehöriges Ausgufsventil nach aufsenbord schafft.

Das Füllen der Tanks geschieht selbsttätig durch die Saugleitungen und ein besonderes Seeventil. Mitunter ist die Einrichtung auch so getroffen, dafs die Tanks mit der Pumpe auch aufgepumpt werden können (besonders Trimmtanks und hohe

Ballasttanks); ist letztere eine Kolbenpumpe, dann ist hierbei besondere Vorsicht geboten, damit die Ballasttanks nicht gesprengt werden.

Ist als Ballastpumpe eine Zentrifugalpumpe vorgesehen, dann besitzt diese gewöhnlich im Scheitel des Gehäuses einen Luftejektor, um das Ansaugen beim Auspumpen der Tanks zu erleichtern.

Die Leitungen werden aus Gufseisen oder verzinkten schmiedeeisernen Rohren, event. mit Kupferkrümmern hergestellt.

Bei kleinen Schiffen ist die Einrichtung so getroffen, dafs die Leitungen nur aus Mitte Schiff saugen. Bei gröfseren Schiffen werden aufser diesen auch Saugrohre an den beiden Schiffsseiten angeordnet (Hilfsballastleitung), um die Doppelbodenzellen auch lenzen zu können, wenn das Schiff Schlagseite hat.

8. **Rohrverbindungen.** Die einzelnen Rohrenden von ca. 3—4 m Länge werden meist durch Flanschen verbunden. Nur bei kleinen Rohren bis ca. 20 mm Durchmesser verwendet man Rohrverschraubungen.

Gewöhnlich unterscheidet man: Niederdruckflanschen (Tabelle No. 29) für Drücke bis ca. 5 kg pro qcm und Hochdruckfanschen (Tabelle No. 30), welche für Drücke bis ca. 20 kg pro qcm zur Anwendung kommen. Meistens werden nur runde Flanschen verwendet und nur ausnahmsweise viereckige oder ovale Flanschen bei kleineren Leitungen, welche keinen oder nur ganz geringen Druck auszuhalten haben.

Tabelle No. 29.

Metallene Niederdruckflanschen für Spannungen bis ca. 5 at.

l. ϕ d	Flansch ϕ D	Flansch Dicke s	Schrauben Anzahl	Schrauben ϕ	Bem.
20	100	10	3	1/2″	
25	105	10	3	»	
30	110	10	3	»	Fig. 265
35	115	12	4	»	$c = 15$
40	120	12	4	»	
45	125	12	4	»	
50	130	12	4	»	
55	140	12	4	»	
60	155	14	4	5/8″	
65	160	14	4	»	
70	165	14	4	»	
75	175	14	5	»	Fig. 266
80	180	15	5	»	$a = 8$
85	185	15	5	»	$b = 8$
90	190	15	5	»	$c = 18$
95	195	15	5	»	
100	200	15	5	»	
110	210	15	6	»	

l. ϕ d	Flansch ϕ D	Flansch Dicke s	Schrauben Anzahl	Schrauben ϕ	Bem.
120	220	15	6	5/8″	
130	230	16	6	»	
140	240	16	6	»	
150	250	16	6	»	Fig. 266
160	260	16	8	»	$a = 8$
170	270	16	8	»	$b = 8$
180	280	16	8	»	$c = 18$
190	290	16	8	»	
200	305	18	8	»	
210	315	18	8	»	
220	325	18	8	»	
230	340	18	8	»	
240	350	18	10	5/8″	
250	365	18	10	»	Fig. 266
260	375	18	10	»	$a = 8$
270	385	18	10	»	$b = 8$
280	395	18	10	»	$c = 18$
290	410	18	10	»	

Tabelle No. 30.

Metallene Hochdruckflanschen für Spannungen bis ca. 20 at.

l. ϕ d	Flansch ϕ D	Flansch Dicke s	Schrauben Anzahl	Schrauben ϕ	Bem.
20	100	13	4	1/2″	Fig. 263
25	105	13	5	»	a = 6
30	115	14	5	»	b = 10
35	125	14	6	»	c = 15
40	130	15	6	»	
45	135	15	6	»	
50	150	17	6	5/8″	
55	155	17	6	»	Fig. 263
60	160	18	6	»	a = 7
65	165	18	6	»	b = 12
70	170	18	6	»	c = 18
75	180	19	8	»	
80	185	19	8	»	
85	190	19	8	»	
90	220	20	8	3/4″	Fig. 263
95	225	20	8	»	a = 7
100	230	20	8	»	b = 12
110	240	20	8	»	c = 18
120	250	20	8	3/4″	
130	260	22	9	»	Fig. 263
140	270	22	9	»	a = 8
150	280	22	9	»	b = 14
160	290	22	10	»	c = 22
170	300	24	10	»	
180	310	24	10	»	
190	320	24	12	»	
200	340	24	12	3/4″	
210	350	24	12	»	Fig. 264
220	360	25	14	»	a = 11
230	370	25	14	»	b = 46
240	380	25	14	»	c = 22
250	390	25	15	»	e = 10
260	400	25	15	»	f = 13
270	410	25	15	»	
280	420	25	16	»	

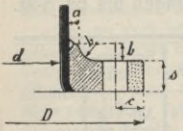


Fig. 263

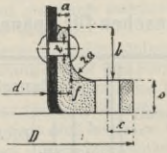


Fig. 264

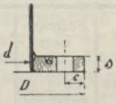


Fig. 265

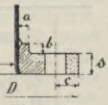


Fig. 266

Eine Ausnahme hiervon bilden die hydraulischen Leitungen, welche meist ovale Flanschen erhalten, jedoch von sehr bedeutender Dicke. Sie besitzen ineinandergreifenden Satz zum Festhalten der Dichtung.

Gewöhnliche Flanschen sind eben und erhalten nur einige eingedrehte Rillen, um das Dichtungsmaterial besser festzuhalten. Das Dichtungsmaterial besitzt meist dieselbe Breite wie der Flansch; letzterer wird daher beim Anziehen der Flanschenschrauben auch nur wenig auf Biegung beansprucht.

Wird der Dichtungsring jedoch nur schmal gemacht und innerhalb die Schrauben gelegt, dann werden die Flanschen beim Anziehen sehr stark auf Biegung beansprucht und müssen für diesen Fall besonders stark ausgeführt sein. Kupferne Rohre erhalten bronzene aufgelötete Flanschen, welche bei grofsen Durchmessern aufserdem auch noch angenietet werden. Schmiedeeiserne bezw. Stahlrohre erhalten auch schmiedeeiserne Flanschen derselben Art wie bei Kupferrohren.

Mitunter werden sie auch aufgeschweifst oder mit feinem Gewinde aufgeschraubt und verstemmt. Häufig erhalten schmiedeeiserne Rohre auch feste ineinandergreifende Bundringe (Fig. 267) mit dahinterliegenden losen Ringflanschen.

Die bleiernen Lenzrohre werden in ähnlicher Weise mittels aufgelöteter kupferner Bordringe und losen schmiedeeisernen Ringflanschen verbunden.

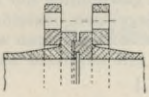


Fig. 267

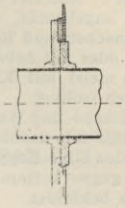


Fig. 268

Werden Rohre durch wasserdichte Schotte etc. geführt, dann erhalten sie in denselben entweder sog. »Schottflanschen« (Fig. 268) oder ganz leichte Schottstopfbüchsen.

9. **Packungsmaterialien.**

1. Niederdruckflanschen: Für Dampf: Gummi mit Messinggaze, ca. 1—2½ mm stark.

Für Wasser: Gummi mit Leinwandeinlage, ca. 2 mm stark.

2. Hochdruckflanschen: Für Dampf: Messingdrahtgaze mit Mennigkitt, Kupferwellblech ca. ¼ mm stark mit Mennigkitt, Asbestpappe, Asbestpräparate (Klingerit, Permanit etc.).

Verbindungsflanschen von Dampfzylindern werden gewöhnlich aufgeschabt und mit dünner Schicht Mangankitt gedichtet.

Bei sehr kräftigen Flanschen werden eingeschliffene Metalllinsen oder Kupferringe, Kupferblechringe mit Asbesteinlage etc. verwendet.

Für Wasser: Gummi mit Messingdrahtgaze.

3. Zylinder- und Schieberkastendeckel: Für Hochdruck: Asbest mit Drahtgaze, Permanit, Gummi mit Drahtgaze.

Für Niederdruck: Gummi mit Drahtgaze.

4. Mann- und Schlammlochdeckel der Dampfkessel. Asbest mit Bleieinlagen, Tucks-Packung.

5. Flanschen für hydraulische Leitungen: Gummi mit Drahtgaze, Leder, Guttapercha.

6. Flanschen für Kältemaschinen: Bei Ammoniakmaschinen: Gummi mit Baumwolleinlage.

Bei Kohlensäuremaschinen: Vulkanfiber, Blei.

10. **Rohrbekleidung.** Alle Rohrleitungen für Kesseldampf werden mit einer Bekleidung versehen, um Wärmeverluste und eine unnötige Erwärmung der umgebenden Räume möglichst zu vermeiden. Aus demselben Grunde werden auch Abdampfleitungen mitunter bekleidet.

Auch Leitungen für kaltes Wasser werden bisweilen dort bekleidet, wo sie durch warme Räume führen, welche verhältnismäfsig feuchte Luft enthalten, um das Niederschlagen von Wasser auf denselben sowie das Abtropfen zu vermeiden.

Gröfsere Dampfrohre werden meist mit Kieselguhr bekleidet und darüber eine Bandage aus Segeltuch, Asbesttuch oder Drahtgaze gewickelt. Kleinere Rohre werden auch nur mit Asbestschnur oder Asbest-Kieselgur-Schnur oder mit Kieselgur-Formstücken bekleidet. Mitunter wird über der Bekleidung noch ein Blechmantel angebracht, um Beschädigungen derselben zu verhüten.

Flanschen und Rohrstopfbüchsen werden entweder nicht bekleidet oder mit Asbestmatten bedeckt. Komplizierte Formstücke werden meist mit Kieselgur und darüber befestigtem Mantel aus Bleiblech isoliert.

Abdampf- und Wasserrohre werden gewöhnlich nur mit Asbest-Zementfilz mit darüber gewickeltem Segeltuch bekleidet.

In der Bilge liegende Bleirohre der Lenzleitungen werden zum Schutz gegen äufsere Beschädigungen mit halbrund ausgekehlten Hölzern bekleidet.

VII. Teil.

Schiffshilfsmaschinen.

I. Kühlanlagen.

Schiffskühlanlagen haben den Zweck:

1. Räume abzukühlen und zu ventilieren;
2. Flüssigkeiten abzukühlen;
3. Wasser in Eis zu verwandeln.

Sie erhalten zu ihrem Betriebe neuerdings meist Kompressions-Kaltdampfmaschinen, seltener Kaltluftmaschinen.

a) Prinzip der Kompressionskaltdampfmaschinen. Durch Verdampfen einer Flüssigkeit (Kälteträger: Ammoniak, Kohlensäure oder schweflige Säure) in den Rohrschlangen des Kühlraumes *V* (Fig. 269) wird dem abzukühlenden Körper, welcher die Rohrschlangen umgibt, (Salzsole, Luft) bei niedriger Temperatur Wärme entzogen, also Kälte erzeugt. Die Dämpfe des Kälteträgers werden von dem Kompressor *C* aus dem Verdampfer abgesaugt, durch Kompression verdichtet und in den Kondensator *K* gedrückt, wo sie durch Abkühlung wieder verflüssigt werden. In der Rohrleitung zwischen Kondensator *K* und Verdampfer *V* befindet sich das Regulierventil *R*, mit welchem der Beharrungszustand eingestellt wird.

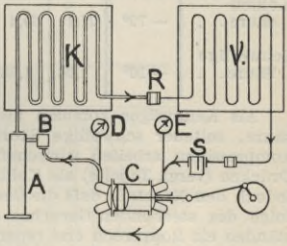


Fig. 269

Aufserdem befinden sich in der Druckleitung zwischen dem Kompressor *C* und dem Kondensator *K*: der Ölabscheider *A*, das Rückschlagventil *B*, das Druckmanometer *D*, und in der Saugleitung zwischen Verdampfer *V* und dem Kompressor *C* der Siebtopf *S* und das Saugmanometer *E*.

Zwischen dem Regulierventil *R* und den Rohrschlangen der verschiedenen Kühlräume befindet sich eventuell noch ein Verteilungsapparat, sowie ein Anschlufsstutzen zum Nachfüllen des flüssigen Kälteträgers.

Ist das Regulierventil *R* nur wenig geöffnet, so dafs durch die Verdampfung des Kälteträgers trockne Dämpfe entstehen, dann werden dieselben bei der Kompression im Kompressor überhitzt. Äufserlich erkennt man diese Einstellung des Regulierventils an

der starken Erwärmung der Druckrohre zwischen Kompressor und Kondensator (trockener Kompressorgang). Bei weiter geöffnetem Regulierventil tritt neben dem verdampfenden Kälteträger auch Flüssigkeit in die Rohrschlangen der Kühlräume über, so dafs der Kompressor ein Gemisch von gesättigten Dämpfen und Flüssigkeit ansaugt. Die Druckleitung zwischen Kompressor und Kondensator wird bei dieser Einstellung des Regulierventiles nur handwarm, während die Kappen der Saugventile und die Saugrohre sich mit starker Schneeschicht bedecken (nasser Kompressorgang). Enthält das in den Kompressor eintretende Gemisch sehr viel Flüssigkeit, dann treten hydraulische Schläge im Kompressionszylinder auf.

Den im Kondensator und in den Rohrschlangen *V* auftretenden Drücken entsprechen bestimmte Temperaturen nach folgender Tabelle.

Tabelle No. 31. Kälteträger.

Kälteträger	Siedepunkt bei 760 mm Barometerstand	Verflüssigungsdruck in at bei ° Celsius				Verdampfungswärme in Kalor. per 1 kg bei ° Celsius		
		−10°	0°	+10°	+20°	−10°	0°	+10°
Ammoniak	− 33°	2,92	4,35	6,27	8,79	322,3	316,1	308,6
Kohlensäure . .	− 79°	27,1	35,4	45,7	58,1	61,5	55,5	47,7
Schweflige Säure . .	− 10°	1,04	1,58	2,34	3,35	93,7	91,4	89,0

Als Kälteträger kommen meist nur Ammoniak und Kohlensäure, seltener schweflige Säure zur Anwendung. Ammoniakkompressoren arbeiten wirtschaftlicher und mit viel geringeren Drücken (vergl. Tabelle) als Kohlensäurekompressoren. Sie haben jedoch den Nachteil, dafs die Gesamtanlage komplizierter ist. Infolge des stechenden Geruches des Ammoniaks kann unter Umständen ein Rohrbruch erst repariert werden, nachdem sich sämtliches Ammoniak verflüchtigt hat.

b) Ammoniakkompressoranlage. (System Linde.) Sämtliche Teile der Anlage, welche mit Ammoniak in Berührung kommen, sind aus Gufseisen, Schmiedeeisen oder Stahl gefertigt, weil Bronze von Ammoniak schnell zerstört wird.

1. Der Kompressor, obwohl mit 4 Ventilen versehen, ist einfach wirkend. Die Ammoniakdämpfe werden auf der Stopfbüchsseite angesaugt, und auf die hintere Kolbenseite gedrückt, wo sie dann bis auf Kondensatorspannung komprimiert werden. Wichtig für den Kompressorbetrieb ist, dafs die Stopfbüchse des Kompressors gegen Ammoniak vollständig dicht hält, was durch die in Fig. 270 abgebildete Konstruktion erreicht wird. In der Baumwollpackung *BB* liegt die Laterne *L*, welcher durch eine kleine Ölpumpe beständig Kompressoröl zugeführt wird. Die

Kolbenstange nimmt hiervon reichlich soviel Öl mit nach innen, als zur Schmierung des Kompressors nötig ist. Damit nicht auch Öl nach aufsen mitgenommen wird, ist vor die Stopfbüchsbrille ein Filzring *F* gelegt und mit Überwurfmutter lose gegen die Stange gedrückt. Die Stopfbüchsbrille erhält ebenfalls reichliche Ölzufuhr. Der Grundring *W* ist aus Weifsmetall.

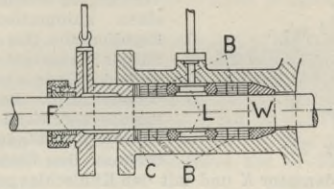


Fig. 270

Der Kompressorkolben besteht entsprechend der Form der Zylinderböden aus zwei gewölbten Hälften, zwischen denen die gufseisernen Liderungsringe und der stählerne Spannring liegen. Die Kolbenmutter ist vollständig in die eine Kolbenhälfte versenkt.

Um möglichst geringen schädlichen Raum zu erhalten, bleibt in den Todpunkten zwischen Kolben und Zylinderdeckel nur ca. 1 mm Spielraum. Aus demselben Grunde sind auch die Ventile wie in Fig. 271 angebracht. Bei der daselbst angegebenen Konstruktion sind Ventilkörper, Spindel und Federteller aus einem Stück und aus Stahl, so dafs die gufseiserne Spindelführung zweitig sein mufs.

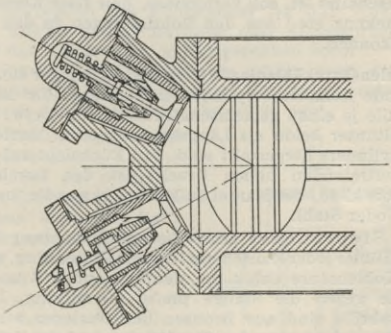


Fig. 271

2. Der Ölabscheider. Die Abscheidung des Öles, welches vom Ammoniak im Kompressor aufgenommen worden ist, erfolgt in einem gufseisernen, zylindrischen Sammelgefäfs *A* (Fig. 269), welches sich in der Druckleitung in unmittelbarer Nähe des Kompressors befindet. Das Kompressoröl wird vom Boden des Ölabscheiders durch einen, manchmal rotierenden, Hahn nach einem Öltopf abgelassen. Am Ölabscheider befindet sich noch ein Rückschlag-

ventil *B*, welches verhindern soll, dafs das im Kondensator befindliche flüssige Ammoniak bei eintretender Havarie des Kompressors ausströmt.

Das Regulierventil. Die Regulierung der Kühlanlage erfolgt entweder von Hand durch ein gewöhnliches Ventil, welches sich zwischen Kondensator und Verdampfer befindet, oder durch einen automatisch wirkenden Regulierhahn (Fig. 272), welcher mittels Schnurlauf von der Kurbelwelle des Kompressors in Rotation versetzt wird. Der Konus *C* des Regulierhahnes ist winklig durchbohrt und verbindet bei jeder Umdrehung den Raum *R* je einmal mit dem Kondensator *K* und mit den Kühlschlangen *V*. Auf diese Weise gelangt stets eine gleiche Menge Ammoniak in die Kühlschlangen. Die Einstellung des Regulierhahnes auf den gewünschten Beharrungszustand erfolgt mit Hilfe des Kolbens *S*, durch welchen man den Raum *R* nach Bedarf gröfser oder kleiner machen kann.

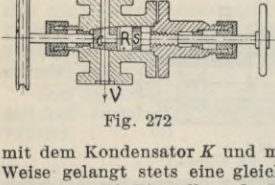


Fig. 272

Werden, was meistens der Fall ist, mehrere Kühlräume von einem Kondensator bedient, dann wird die gleichmäfsige Verteilung des Ammoniaks auf die einzelnen Kühlschlangen durch einen Verteilungsapparat übernommen. Die nach den einzelnen Kühlschlangen führenden Rohrleitungen sind an dem Mantel eines Zylinders angeschlossen, in welchem ein Hahnkücken sich gleichmäfsig dreht, und bei jeder Umdrehung den Kondensator je einmal mit jeder Kühlschlange verbindet.

4. Der Siebtopf *S*, welcher in die Saugleitung des Kompressors eingeschaltet ist, soll verhindern, dafs feste Körper (Hammerschlag, Packung etc.) aus den Rohrleitungen in den Kompressor gelangen können.

c) Kohlensäurekühlanlagen (Haubold, Riedinger etc.) haben doppeltwirkende Kompressorzylinder und erhalten für die Saug- bzw. Druckventile je einen gemeinschaftlichen Saug- bezw. Druckkanal, welche mitunter beide als Längsbohrungen im Mantel des Kompressionszylinders hergestellt sind. Mit Rücksicht auf die im Kompressor auftretenden hohen Drucke ist der Durchmesser des Kompressors klein, der Mantel äufserst starkwandig und aus zähem Gufseisen oder Stahl.

1. Die Stopfbüchse erhält Lederstulpdichtung oder Metalldichtung. Hinter jeder Manschette liegt ein Gummiring, welcher beim Betriebe Kohlensäure aufnimmt, dadurch aufquillt und die Ledermanschette gegen die Stange prefst. Grundring, Laterne und Stopfbüchsbrille sind aus Bronze; den letzteren wird von einer Ölpumpe zur Schmierung der Stopfbüchse und des Kolbens 30 prozentiges Glyzerin zugeführt. Weiterhin wird auch direkt in die Saugleitung des Kompressors Glyzerin eingepumpt. Letztere Schmierung mufs jedoch abgestellt werden, sobald hydraulische Schläge im Zylinder auftreten.

2. Der Kompressorkolben erhält Ledermanschetten für die Abdichtung nach beiden Seiten.

3. Abscheidevorrichtungen für das in die Druckleitung mitgerissene Schmiermaterial sind bei Kohlensäuremaschinen nicht

nötig, da reines Glyzerin nur sehr wenig Kohlensäure absorbiert und in den Rohrspiralen den Durchgang der Wärme durch die Wandungen nicht beeinträchtigt.

4. Die Regulierung erfolgt mit Hilfe eines gewöhnlichen, für die auftretenden Drücke genügend stark konstruierten Kegelventils mit losem Kegel. Ein Siebtopf in der Saugleitung des Kompressors hält die aus den Rohrleitungen mitgerissenen festen Körper zurück.

5. Die Sicherheitsvorrichtungen in der Druckleitung des Kompressors sind häufig gewöhnliche Kegelventile mit Federbelastung, welche auf 150 at eingestellt sind und die Kohlensäure nach dem Verdampfer oder nach der Atmosphäre entweichen lassen. Besser ist es jedoch, den Ventilkegel durch eine fest eingespannte, dünne Platte aus Gufseisen zu ersetzen, welche bei ca. 150 at zertrümmert wird, und die Kohlensäure frei in die Atmosphäre entweichen läfst.

d) Die Kondensatoren der Schiffskühlanlagen sind Oberflächenkondensatoren und bestehen aus Rohrschlangen, welche entweder in das gufseiserne Fundament des Kompressors eingebaut sind oder auch separat aufgestellt werden. Der äufsere Durchmesser der patentgeschweifsten, schmiedeeisernen Rohre beträgt 26 bis 36 mm, bei ca. 3 bis 6 mm Wandstärke, je nach dem Betriebsdruck des Kondensators.

Der Kälteträger kommt fast immer als überhitzter Dampf aus dem Kompressor, wird zunächst auf die Sättigungstemperatur abgekühlt und dann verflüssigt. Die Kondensatorspannung richtet sich nach der Temperatur des Kühlwassers, dessen Ablauftemperatur bei Ammoniakmaschinen um ca. 10°, bei Kohlensäuremaschinen nur um ca. 5° C höher sein soll als die Zuflufstemperatur. Zur Zirkulation des Kühlwassers ist eine Plungerpumpe vorgesehen, welche mittels Exzenter oder Gegenkurbel von der Kurbelwelle des Kompressors aus angetrieben wird.

Die Anordnung des Kondensators erfolgt nach dem Gegenstromprinzip, so dafs der kondensierte Kälteträger möglichst auf die Temperatur des Kühlwassers abgekühlt wird.

e) Die Kühlschlangen oder Refrigeratoren bestehen bei Ammoniakmaschinen aus schmiedeeisernen, bei Kohlensäuremaschinen auch aus kupfernen Rohrschlangen. Je nach Art und Zweck der Kühlung unterscheidet man:

1. Eisgeneratoren. (Fig. 273.) Die Kühlschlangen *V* liegen in einem mit Salzsohle gefüllten Kasten aus Eisenblech oder Holz (derselbe ist dann mit Blechen ausgeschlagen). Die Eisformen *F* mit der Frischwasserfüllung werden in die Zellen *Z* eingehängt. Letztere enthalten soviel 50prozentige Glyzerinlösung, dafs der Raum zwischen den Eiszellen und den Eisformen vollständig ausgefüllt wird. Die Salzsohle, welche die Zellen umgibt, darf innerhalb

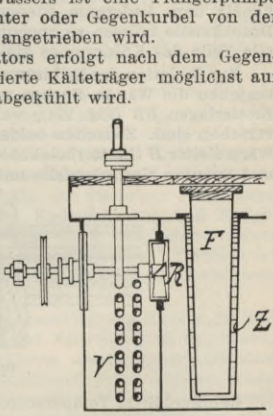


Fig. 273

des vorkommenden Kältebereiches nicht erstarren und mufs ca. 20% Kochsalz enthalten, damit sie bis ca. — 20° C flüssig bleibt. Aufserdem werden noch ca. 2% Soda in ihr aufgelöst, weil reine Salzsohle die eisernen Wandungen etc. des Eisgenerators stark angreift. Meistens ist für die Zirkulation der Salzsohle ein Rührwerk *R* vorgesehen, dessen Antrieb von einem Elektromotor erfolgt.

Quadratische Eisformen von 13 cm Kantenlänge benötigen zum Ausfrieren ca. 2 Stunden.

Zur Kühlung von Trinkwasser ist ein Trinkwasserkühler in die Sohle eingelegt. Alle Salzsohle führenden Rohre werden, soweit sie nicht in den Kühlräumen selber liegen, mit einer Isolierung aus Korkformsteinen oder Filz usw. versehen.

2. Schrankkühlung. Mittels einer Duplex- oder einer Kreiselradpumpe wird einer im Eisgenerator liegenden Kühlspirale 50prozentige Glyzerinlösung bei einer Temperatur von ca. — 6° C entnommen und den Kühlschlangen in den einzelnen Schränken und Anrichträumen zugeführt. Die angewärmte Lösung fliefst nach der Kühlspirale im Eisgenerator zurück.

In derselben Weise erfolgt manchmal auf Kriegsschiffen die Kühlung der Munitionskammern, indem durch die daselbst befindlichen kupfernen Deckenspiralen abgekühlte Salzsohle gepumpt wird.

3. Die Luftkühlung für Provianträume erfolgt ebenfalls mit Hilfe von Decken- oder Wandspiralen, welche jedoch bei Ammoniakanlagen aus Schmiedeeisen sind.

In Laderäumen für Fleischtransport wird die warme Luft durch einen Ventilator von der Decke des Kühlraumes abgesogen. In den Saug- und Druckkanälen des Ventilators liegen Kühlschlangen, an denen die Luft abgekühlt und dann durch Druckkanäle dem Laderaum wieder zugeführt wird. Die Saug- und Druckkanäle müssen so angeordnet sein, dafs die Luftzirkulation alle Teile des Kühlraumes gleichmäfsig erreicht.

Zur Isolation der Kühlräume gegen den eisernen Schiffskörper bestehen die Wände, Decken und Böden meist aus zwei doppelten Bretterlagen *BB* (Fig. 274), welche beide mit Papiereinlagen *PP* versehen sind. Zwischen beiden Bretterwänden ist ein schlechter Wärmeleiter *H* (Blätterholzkohle, Haarfilz) eingefüllt. Decksbalken und Spanten sind ebenfalls mittels Holz verkleidet.

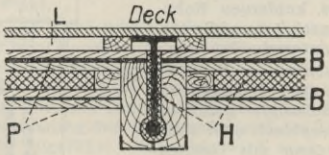


Fig. 274

Gebräuchliche Temperaturen für Kühlräume:

Räume für	Obst, Gemüse und Konserven	+ 8° C
» »	Fleischvorrat	+ 2° C
» »	Roheis und Fische	— 2° C
» »	Fleischtransport	— 4° C.

2. Steuereinrichtungen.

a) Das Ruder. Handelsschiffe haben meist die in Fig. 275 angegebene Ruderkonstruktion. Bei kleinen Schiffen besteht das Ruder aus einem schmiedeeisernen Rahmen, welcher nach oben in den Ruderschaft allmählich ausläuft. Das Innere des Rahmens wird mit Holzplanken ausgefüllt, und die Beplattung beiderseitig versenkt aufgeschraubt oder aufgenietet. Bei gröfseren Schiffen verbindet man Ruder und Ruderschaft durch eine Flanschenkupplung, um gegebenenfalls das Ruder leicht aus dem Rudersteven herausnehmen zu können. Der Ruderrahmen ist dann meist aus Stahlgufs oder aus einzelnen Schmiedestücken zusammengebaut. Von dem sich über die ganze Höhe des Ruders erstreckenden Ruderherz laufen wechselseitig Rippen nach hinten, zwischen welche das Ruderblatt eingeschoben und vernietet wird.

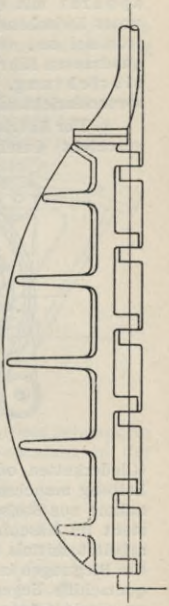


Fig. 275

Bei Kriegsschiffen mufs die Steuereinrichtung sich vollständig unter der Wasserlinie befinden, deshalb wird das nach aufwärts verlängerte Ruderherz mittels einer Stopfbüchse (Ruderkocker) durch den Rudersteven hindurch in das Schiff eingeführt. Kriegsschiffe erhalten bisweilen ein Balanceruder.

Die Aufhängung des Ruders erfolgt meistens mittels 3 bis 6 stählerner Fingerlinge, welche mit Konus und Mutter in Augen des Ruderrahmens befestigt, und in entsprechenden Augen des Hinterstevens gelagert sind. Um Anfressungen der stählernen Zapfen durch Seewasser zu vermeiden, werden auf dieselben bronzene Büchsen warm aufgezogen. Die Lagerstellen im Rudersteven erhalten entweder mit Pockholz ausgefütterte bronzene Büchsen, welche, um sie leicht auswechseln zu können, von unten in die Augen des Ruderstevens eingeschoben werden, oder die letzteren werden mit Weifsmetall ausgegossen. Das Gewicht des Ruders wird von dem untersten Fingerling aufgenommen, welcher zu diesem Zweck ein Spurlager erhält. An Stelle der Fingerlinge erhalten manchmal die Augen des Ruderrahmens und Ruderstevens nur Lagerstellen, in welche dann durch den hohlen Ruderschaft die Fingerspindel von oben eingeführt wird. Dieselbe ist aus Stahl und erhält auf ihrer ganzen Länge einen metallenen Überzug.

b) Der Ruderstopper. Um den Ausschlag des Ruders in den Hartbordlagen (ca. 35° bis 40° aus der Mittellage) zu begrenzen, befinden sich bei älteren Konstruktionen am Ruderherz seitliche Knaggen, welche sich in den Hartbordlagen gegen entsprechende Flächen des Ruderstevens legen. Neuerdings begrenzt man besser den Ausschlag des Ruderquadranten oder der Ruderpinne bei ganz übergelegtem Ruder durch an Deck angenietete Anschlagwinkel.

c) Der Steuerapparat. Die Übertragung des Drehmoments auf den Ruderschaft erfolgt entweder durch einen Ruderquadranten,

oder durch eine längsschiffs liegende Ruderpinne, welche auf dem Ruderschaft konisch oder zylindrisch aufgesetzt ist. Bei sehr scharfem Hinterschiff erhält der Ruderschaft einen Kreuzkopf, während sich der antreibende Ruderquadrant um eine weiter nach vorn verlegte vertikale Achse dreht. Kreuzkopf und Ruderquadrant sind dann durch Zugstangen verbunden.

Kleine Schiffe erhalten auf der Brücke einen Handsteuerapparat mit einem oder zwei Handrädern. Dieselben treiben unter Zwischenschaltung einer Stirnradübersetzung eine Kettentrommel an, von welcher eine Reepleitung nach dem Ruderquadranten führt; gröfsere Schiffe erhalten eine Dampfsteuereinrichtung. Für den Notfall bleibt jedoch noch eine Handsteuereinrichtung bestehen.

1. Der Antrieb des Ruderquadranten Q bzw. der Ruderpinne P geschieht durch eine Reepleitung (Fig. 276), bestehend aus

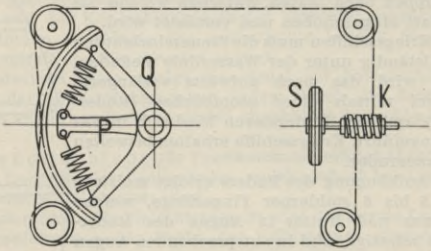


Fig. 276

Gliederketten oder Stahldrahtseilen, in den geraden Teilen der Leitung manchmal aus gekuppelten Rundeisenstangen. Zur Aufnahme von Stöfsen sind Federn eingeschaltet. Die Rudermaschine steht im Maschinenoberraum oder in der Nähe der Brücke und arbeitet mittels Schneckengetriebe S auf eine Kettentrommel K. Um Biegungen in der Reepleitung zu vermeiden, ist manchmal eine querschiffs liegende Welle angeordnet, die an den Enden Kettentrommeln trägt; von denselben führt dann die Reepleitung in fast gerader Linie nach dem Ruderquadranten.

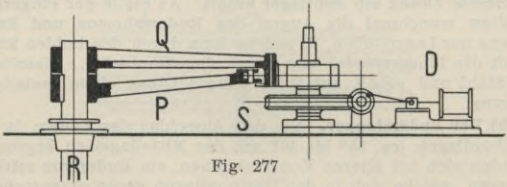


Fig. 277

2. Steuereinrichtung mit aufsen verzahntem Ruderquadranten (Fig. 277). Derselbe (Q) sitzt meist lose auf dem Ruderschaft R und ist mit der aufgefederten Ruderpinne P durch starke Federn gekuppelt, welche die beim Schlagen des Ruders auftretenden Stöfse aufnehmen sollen. Mit dem Ruderquadrant Q

kämmt ein Stirnrad, auf dessen Welle ein Schneckengetriebe *S* sitzt. Die Schnecke wird entweder von der Rudermaschine *D* direkt oder durch eine längere Wellenleitung angetrieben; in letzterem Fall steht dann die Rudermaschine im Maschinenoberraum oder in der Nähe der Brücke.

Die Anbringung eines selbstsperrenden Schneckengetriebes zwischen Ruderquadrant und Rudermaschine hat den Vorteil, dafs das Ruder die Maschine nicht zurückdrehen kann.

3. Um in den Hartbordlagen eine größere Übersetzung zu erhalten als in der Mittschiffslage, sitzt bei der Rudereinrichtung System Harfield (Fig. 278) das mit dem Ruderqadranten kämmende Stirnrad exzentrisch auf der vertikalen Welle.

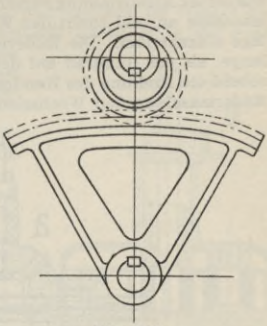


Fig. 278

4. Steuereinrichtung mit rechts- und linksgängiger Gewindespindel. (Fig. 279.) Durch Drehung derselben werden zwei Muttern M_1 und M_2 verschoben, welche durch Zugstangen Z_1 und Z_2 mit dem Ruderjoch *K* auf dem Ruderschaft verbunden sind. Die Gewindespindel wird durch ein Schneckengetriebe von der Rudermaschine aus oder auch von Hand angetrieben.

5. Steuereinrichtung System Brown. Die Rudermaschine sitzt auf der Ruderpinne und bewegt mittels Schneckengetriebe ein Stirnrad, dessen vertikale Welle ebenfalls in der

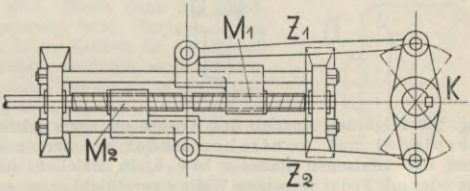


Fig. 279

Ruderpinne gelagert ist. Das Stirnrad kämmt mit einem feststehenden, innen verzahnten Bogensegment, und bewegt dabei die Ruderpinne samt der Dampfmaschine und dem Schneckengetriebe von Bord zu Bord. Zwischen Schneckenrad und Stirnradwelle ist eine Reibungskupplung eingeschaltet, welche bei Stöfsen gleiten und als Bremse dienen soll.

Damit die Ruderpinne in der Mittschiffsstellung nicht hin- und herschlägt, sind auf dem Zahnsegment geneigte Flächen angebracht, auf welche Knaggen der Ruderpinne drücken.

d) Die Rudermaschine ist eine Zwillings-Dampfmaschine in liegender oder stehender Anordnung — manchmal auch mit schräg-liegenden Zylindern — und mit unter 90° versetzten Kurbeln. Da

sie sowohl vorwärts als auch rückwärts arbeiten mufs, so eilen die Exzenter den zugehörigen Kurbeln um 90° voraus. Die Schieber sind meistens Kolbenschieber mit geringen äufseren und inneren Überdeckungen, um grofse Zylinderfüllungen zu erzielen, damit die Rudermaschine in jeder Stellung leicht anspringt.

Der Wechselschieber. Die Umsteuerung erfolgt durch einen Wechselschieber, von welchem die Kanäle für Zudampf und Abdampf umgestellt werden (vgl. S. 86). Derselbe ist entweder ein Kolbenschieber oder ein entlasteter Flachschieber. Sobald durch Drehung des Handrades auf der Brücke der Wechselschieber aus seiner Mittelstellung verschoben worden ist, springt die Rudermaschine an und sucht den Wechselschieber wieder in die Mittellage einzustellen. Die Rudermaschine dreht sich deshalb nur so lange, als das Handrad auf der Brücke gedreht wird, und stoppt, sobald die Drehung des Handrades aufhört und die weiterdrehende Rudermaschine den Wechselschieber in die Mittellage stellt.

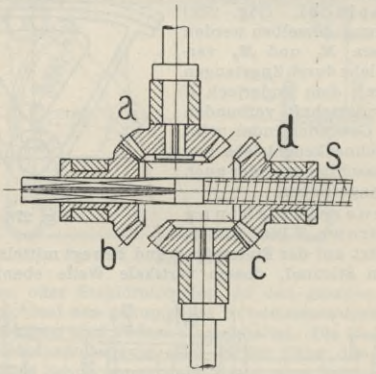


Fig. 280

Fig. 280 zeigt den Antrieb des Wechselschiebers mittels Gewindespindel und konischer Räder *a b* bzw. *c d*. Bei Drehung des konischen Rades *a* bzw. *b*, in welchem die vierkantige oder mit Feder versehene Welle *s* verschiebbar ist, schraubt sich das Gewinde in dem zunächst stillstehenden konischen Rad *d* nach einer Seite, wodurch der Wechselschieber aus seiner Mittelstellung verschoben und die Rudermaschine in Gang gesetzt wird. Rad *d* erhält seinen Antrieb durch Rad *c* von der Rudermaschine, und schraubt, sobald sich letztere in Bewegung befindet, die Schraubenspindel wieder zurück. Schraubenspindel *s* ist mit der Schieberstange des Wechselschiebers drehbar gekuppelt. Kegelrad *a* bzw. *b* erhält seinen Antrieb durch die Ruderanlafsleitung von der Brücke aus.

Fig. 281 zeigt den Antrieb des Wechselschiebers durch ein Planetengetriebe. Wird bei stillstehender Rudermaschine das Stirnrad *a* durch das Handsteuerrad gedreht, dann rollt das Planetenrad *b* auf dem stillstehenden Zahnkranz *c* ab und verdreht das Exzenter *e*, welches durch Kurbelschleife etc. den

Wechselschieber betätigt. Nach eingetretener Bewegung der Rudermaschine drehen die Kegelräder *d* und *f* durch den Zahnkranz *c* das Planetenrad in seine Anfangslage zurück und stellen den Wechselschieber wieder in seine Mittelstellung.

e) Rudermaschinenanlafsleitung. Wenn die Rudermaschine unter der Brücke oder im Maschinenoberraum steht, erfolgt die Bewegungsübertragung vom Handrad auf den Wechselschieber durch eine gewöhnliche Wellenleitung. Diese Übertragung findet man auch noch bei mittelgrofsen Schiffen, wenn die Rudermaschine im Ruderraum steht.

Ist die Anlafsleitung sehr lang und vielfach im Winkel geführt, dann ist mitunter eine besondere Maschine in der Nähe des Handrades aufgestellt, welche die Ruderanlafsleitung antreibt. Dieselbe ist im wesentlichen wie eine Rudermaschine konstruiert.

f) Brownscher Telemotor. Der Apparat auf der Brücke besteht aus einem Zylinder, dessen Kolben vom Handrad mittels Rädervorgelege und Zahnstange angetrieben wird. Beide Enden des Zylinders sind durch Rohrleitungen mit den Enden eines ähnlichen Zylinders im Ruderraum verbunden, dessen Kolben durch Zugstange und Hebel den Wechselschieber der Rudermaschine bewegt. Die Kolbenstange des Zylinders im Ruderraum ist mit zwei Traversen versehen, zwischen denen Spiralfedern angebracht sind. Wenn dann das Handradlosgelassen wird, bringen diese Federn beide Kolben in die Mittellage zurück, wodurch auch die Rudermaschine das Ruder in die Mittelstellung zurückdreht.

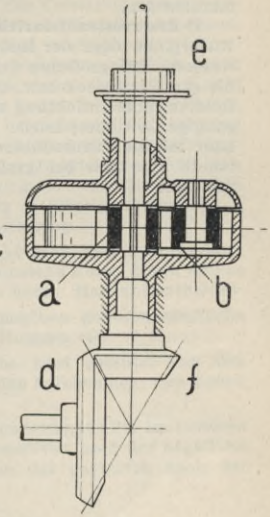


Fig. 281

Zylinder und Rohrleitung sind mit 30 prozentiger Glyzerinlösung gefüllt, welche auch bei sehr tiefen Temperaturen nicht gefriert, und dürfen keine Luftsäcke enthalten. Damit dann bei niederen Temperaturen die überschüssige Füllung entweichen kann, sind an dem Zylinder auf der Brücke Sicherheitsventile angebracht, durch welche das Glyzerin nach einem Sammeltank abfliefst. Bei zunehmender Temperatur tritt wieder Glyzerin ein.

g) Das Axiometer zeigt dem Mann am Steuerrad die Lage des Ruders an. Es besteht aus einer Zeigervorrichtung, welche entweder von der Welle des Handrades selbst bewegt wird, oder durch eine besondere Wellenleitung, welche von einem verzahnten Segment, das am Ruderschaft befestigt ist, angetrieben wird.

h) Ruderbremsen sollen die bei schwerem Wetter auftretenden Stöfse des Ruders aufnehmen und bei Havarie an der Rudermaschine zum Festsetzen des Ruders dienen.

a) Friktionsbremsen. Dieselben sind entweder Klammerbremsen, welche von beiden Seiten an den Ruderquadranten oder an einem besonderen Bremsquadranten angreifen, oder einseitig oder doppelt wirkende Backenbremsen.

b) Hydraulische Bremsen bestehen aus einem oder zwei Bremszylindern, welche in Zapfen drehbar gelagert sind. Zur Vermeidung von Luftsäcken ist die Kolbenstange in gleicher Stärke durch Boden und Deckel des Zylinders durchgeführt und greift am Ruderquadranten oder an einem besonderen Hebel auf dem Ruderschaft an; Boden- und Deckelseite sind durch eine Rohrleitung verbunden. In derselben befindet sich ein Hahn zum Regulieren eventuell zum Absperren derselben, wodurch das Ruder festgestellt wird. Die Kolbendichtung besteht meist aus zwei Ledermanschetten.

i) Reservesteuereinrichtung. Auf kleinen Schiffen kann die Ruderpinne oder der Ruderquadrant mittels Steuertaljen gelegt werden. Bei gröfseren Schiffen ist der Ruderschaft gewöhnlich bis zum Hauptdeck bzw. Oberdeck verlängert und dort mit einer Reservesteuereinrichtung versehen (gewöhnlich rechts- und linksgängige Gewindespindel). Der Antrieb der Spindel erfolgt direkt oder mittels Stirnradübersetzung von ein bis vier Handsteuerrädern aus oder bei grofsen Schiffen durch eine Reserverudermaschine.

VIII. Teil.

Elektrotechnik.

A. Gleichstrom.

1. Grundbegriffe und Grundgesetze. Zur Vorstellung des elektrischen Gleichstromes kann man das Bild einer Flüssigkeit benutzen, welche in einer Rohrleitung zirkuliert. Man vergleiche die Stromstärke mit dem Flüssigkeitsgewicht, welches sekundlich durch einen Rohrquerschnitt fliefst; die elektromotorische Kraft (EMK) oder Spannungsdifferenz mit der hydraulischen Druckhöhe, welche an den Enden der Rohrleitung herrscht und die Strömung verursacht; den elektrischen Widerstand mit dem Reibungswiderstand etc. der Flüssigkeit in der Rohrleitung; und entsprechend die elektrische Leistung = Stromstärke × EMK mit der hydraulischen Arbeitsleistung = Flüssigkeitsgewicht × Druckdifferenz an den Enden der Rohrleitung.

Unter einem Stromkreis versteht man eine von Leitern, Nutzwiderständen etc. gebildete, geschlossene Kette, durch welche ein elektrischer Strom hindurchfliefsen kann. Man unterscheidet:

Äufserer Stromkreis. Zu demselben gehören sämtliche Drahtleitungen, Beleuchtungskörper, Motoren etc.

Innerer Stromkreis. Derselbe wird gebildet von den Leitern des Stromerzeugers zwischen den Polklemmen, von denen eine positiv, die andere negativ ist.

Für die Richtung des elektrischen Stromes gilt: Im äufseren Stromkreis fliefst der Strom von der positiven nach der negativen Polklemme, im inneren Stromkreis von der negativen nach der positiven Polklemme.

Elektrische Mafseinheiten.

	Einheit	Abkürzung
Stromstärke (J)	1 Ampere	Amp.
Elektrizitätsmenge = Stromstärke × Zeit	1 Coulomb = 1 Amp. × 1 Sekunde.	Cb
Elektro-motor. Kraft (E)	1 Volt	Volt
Widerstand (W)	1 Ohm	Ω
Elektrischer Effekt = Stromstärke × Elektro-motor. Kraft.	1 Watt = 1 Ampere × 1 Volt	Watt

Gröfsere technische Einheiten.

1 000 000 Ohm	1 Megohm	MΩ
1000 Watt	1 Kilowatt	KW
3600 Coulomb.	1 Amperestunde *	—
736 Watt	1 Pferdestärke	*PS*

* Bemerkung: Die dauernde Leistung von 1 Watt während einer Stunde nennt man Wattstunde und entsprechend: 1 Kilowattstunde = Leistung von 1 Kilowatt während einer Stunde.

Beispiel: Welche Leistung in *PS* entspricht einer elektrischen Leistung von 250 Amp. bei 65 Volt Klemmenspannung?

$$PS = \frac{E \cdot J}{736} = \frac{65 \cdot 250}{736} \doteq 22\ PS. -$$

2. Widerstand und Leitungsfähigkeit. Körper, welche dem elektrischen Strom geringen Widerstand entgegensetzen, heifsen Leiter, diejenigen, welche ihm einen grofsen Widerstand entgegensetzen, Nichtleiter oder Isolatoren. Je gröfser der Widerstand, desto geringer ist die Leitungsfähigkeit.

Leiter: Sämtliche Metalle, Kohle, tierische Körper und Lösungen von Salzen und Säuren. Nichtleiter: Porzellan, Glas, Glimmer, Guttapercha, Hartgummi, Seide, Holz, Öle, Papier etc.

Der Widerstand W eines drahtförmigen Leiters von der Länge l m und einem konstanten Querschnitt q qmm beträgt:

$$W = c \cdot \frac{l}{q}\ \Omega.$$

c ist ein Widerstandskoeffizient = Widerstand in Ohm eines Leiters von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt; $1 : c$ nennt man spezifische Leitungsfähigkeit.

Tabelle No. 32.

Widerstandskoeff. und Leitungsfähigkeit versch. Materialien.

Material	Widerstandskoeffizient c bei 15° C[1])	Widerstandskoeffizient c Zunahme von c bei Erwärmung um 1° C	Leitungsfähigkeit bei 15° C
Aluminium	0.0308	0.0039	32,5
Blei	0.2037	0.0039	4,9
Gewöhnlicher Eisendraht	0.1324	0.0048	7,55
Gewöhnlicher Kupferdraht	0.0174	0.0038	57,5
Messingdraht	0.0707	0.0016	14,0
Quecksilber	1.00	0.0009	1,0
Zink	0.059	0.0036	17,0
Silberdraht	0.0159	0.0038	62,6

Beispiel: Wie grofs ist der Ohmsche Widerstand einer Leitung aus Eisendraht von 6 qmm Querschnitt und 100 m Länge bei 30° C?

$$\text{Widerstand } W = [0{,}1324 + (30-15) \cdot 0{,}0048] \cdot \frac{100}{6} = 3{,}41\ \Omega.$$

[1]) Nach Uppenborn, Kalender für Elektrotechniker.

Hintereinanderschaltung von Widerständen (Serienschaltung). Der Gesamtwiderstand W ist gleich der Summe aus den Einzelwiderständen w_1, w_2, w_3 etc.

$$W = w_1 + w_2 + w_3 + \text{etc.}$$

Nebeneinander- oder Parallelschaltung (Fig. 282). Die Gesamtleitungsfähigkeit zwischen den beiden Knotenpunkten A und B ist gleich der Summe der Leitungsfähigkeiten der einzelnen Verzweigungen.

Fig. 282

Es seien w_1, w_2 und w_3 etc. die Widerstände der parallel geschalteten Leiter, W der Gesamtwiderstand zwischen A und B, dann sind $1:w_1$, $1:w_2$, $1:w_3$ etc. die Leitungsfähigkeiten der einzelnen Zweige, und $1:W$ die Gesamtleitungsfähigkeit.

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} \text{ etc.}$$

Für zwei parallel geschaltete Widerstande w_1 und w_2 berechnet sich der Gesamtwiderstand W folgendermafsen:

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2}; \quad W = \frac{w_1 \cdot w_2}{w_1 + w_2}$$

3. Ohmsches Gesetz. Für einen einfachen, geschlossenen Stromkreis gilt:

Stromstärke = Elektro-motor. Kraft : Widerstand

oder: $J = E : W$ und : $E = J \cdot W$.

4. Kirchhoffsches Gesetz für Stromverzweigungen. Das Produkt aus Stromstärke und Widerstand ist für die einzelnen Zweige konstant, also:

$$i_1 \cdot w_1 = i_2 \times w_2 = \text{etc.}$$

und die Stromstärke in der Zuleitung:

$$J = i_1 + i_2 + \text{etc.}$$

5. Joulesches Gesetz. Der Teil der elektrischen Energie, welchen man in einen Stromkreis einleitet, ohne dafs derselbe in Licht oder in mechanische Energie umgesetzt wird, verwandelt sich in Wärme (Joulescher Leitungsverlust). Derselbe beträgt für einen Leiter vom Widerstande w und eine Stromstärke i:

Joulescher Verlust $= i^2 \cdot w$ Watt $= 0.00024\ i^2 \cdot w$ WE.

Damit die dadurch hervorgerufene Erwärmung des Leiters keine schädlichen Folgen hat, darf die Stromdichte, d. i. die Stromstärke pro 1 qmm Leitungsquerschnitt, bei isolierten Kupferleitungen auf die Dauer nicht mehr als ca. 2,5 Amp. betragen.

Kurzschluß besteht zwischen 2 Leitern von verschiedener Spannung, sobald sie infolge eines Isolationsfehlers etc. durch einen Leiter von hoher Leitungsfähigkeit verbunden werden oder sich direkt berühren. In diesem Fall nehmen die auftretenden Stromstärken ein Vielfaches des normalen Betrages an, für welchen die Leitungen berechnet sind. Die dabei auftretende Wärmeentwicklung bringt die Leitungen zum Erglühen resp. zum Schmelzen unter Feuererscheinung. Um derartigen Betriebs-

störungen vorzubeugen, werden in die Leitungen Sicherungen (gewöhnlich Bleisicherungen) eingeschaltet, welche schmelzen, bevor die Stromstärke auf ein schädliches Mafs angewachsen ist.

6. Elektromagnetismus. Ein Elektromagnet besteht aus einem Kern von weichem Eisen, um welchen Windungen aus isoliertem Draht gewickelt sind. Fliefst ein elektrischer Strom durch die Windungen, dann erzeugt derselbe in dem weichen Eisenkern Magnetismus, dessen Stärke dem Produkt aus Stromstärke und Anzahl der Windungen (Amperewindungen) proportional ist.

Der Elektromagnet besitzt Nord- und Südpol. Zur Auffindung derselben dient bei bekannter Stromrichtung die Amperesche Schwimmregel: Man denke sich mit dem Strome, also von der positiven nach der negativen Klemme, schwimmend, das Gesicht dem Eisenkern zugekehrt, dann befindet sich der Nordpol in Richtung der ausgestreckten linken Hand.

Die unmittelbare Umgebung eines Magnetpoles nennt man magnetisches Feld (Fig. 283). Man denkt sich dasselbe von Kraftlinien gebildet, welche innerhalb des Magneten vom Südpol nach dem Nordpol verlaufen, an demselben austreten und sich durch die Luft nach dem Südpol schliefsen. Die Stärke des magnetischen Feldes an irgend einer Stelle wird dann direkt gemessen durch die Anzahl der Kraftlinien pro 1 qcm an der betreffenden Stelle. Die beiden Pole sind Orte der gröfsten magnetischen Kraft, welche mit der Entfernung von den Polen schnell abnimmt.

Fig. 283

Eine in das magnetische Feld eingebrachte Magnetnadel stellt sich stets in die Richtung der Kraftlinien ein.

7. Induktion:

a) Erzeugung von elektrischer aus mechanischer Energie. Wenn in einem magnetischen Feld ein drahtförmiger Leiter so bewegt wird, dafs er die Kraftlinien schneidet, dann treten an seinen Enden Spannungsdifferenzen auf, welche einen Strom hervorrufen, sobald der Leiter zu einem Stromkreis geschlossen wird. In letzterem Fall ist dann für die Fortbewegung des Leiters mechanische Arbeit aufzuwenden. Dieses Prinzip findet Anwendung bei Dynamomaschinen.

Die Richtung des erzeugten elektrischen Stromes läfst sich durch folgende Betrachtung finden: Der Leiter sei z. B. vertikal gerichtet, während die Kraftlinien in horizontaler Richtung von links nach rechts verlaufen. Wird der Leiter nun parallel zu sich selbst nach dem Beschauer hin bewegt, dann fliefst der in demselben erzeugte Strom von unten nach oben; bei umgekehrter Bewegungsrichtung fliefst der Strom von oben nach unten.

b) Erzeugung von mechanischer aus elektrischer Energie. Wird durch einen Leiter, der sich in einem magnetischen Feld befindet, ein elektrischer Strom geleitet, so zeigt der Leiter das Bestreben, sich quer zu den Kraftlinien fortzubewegen und ist imstande, bei der Bewegung mechanische Arbeit zu leisten. Dieses Prinzip findet Anwendung in Motoren etc.

8. Instrumente zur Messung von Stromstärke und Spannung.

Alle Meſsinstrumente sind mit einer kreisbogenförmigen Skala versehen, auf welcher ein Zeiger schwingt. Die Einteilung der Skala gibt Volt oder Ampere an.

Im Prinzip unterscheidet man:

α) Instrumente, bei welchen der Strom durch die Wicklungen eines Elektromagneten geleitet wird. Derselbe zieht dann einen kleinen Anker aus weichem Eisen an und verdreht damit die Achse, auf welcher der Zeiger sitzt. Bei der Verdrehung ist gleichzeitig der Widerstand einer Spiralfeder zu überwinden, welche nach Ausschalten des Instruments den Zeiger in die Nullage zurückbringt.

β) Instrumente (Fig. 284), bei welchen sich eine Drahtspule *W* zwischen den Polschuhen eines starken Stahlmagneten *M* bewegt. Die Zuleitung und Rückleitung des elektrischen Stromes erfolgt durch Spiralfedern, welche auch den Zeiger in die Nullstellung bringen, wenn das Instrument stromlos ist. Sobald Strom durch die Spule flieſst, dreht sich dieselbe in dem magnetischen Felde, um einen der Stromstärke entsprechenden Betrag.

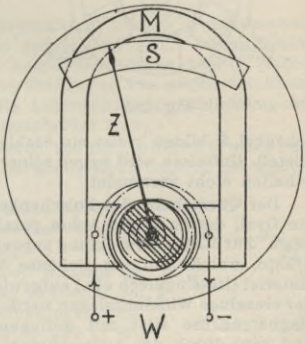


Fig. 284

a. **Amperemeter** nach a) werden direkt in den äuſseren Stromkreis eingeschaltet. Amperemeter nach b) erhalten einen unveränderlichen Widerstand (Neusilber, Konstantan etc.), welcher in den Stromkreis geschaltet ist und zu welchem das Instrument parallel gelegt ist (indirekte Strommessung).

b. **Voltmeter** werden parallel zu dem Stromkreis geschaltet, oder an die Polklemmen des Stromerzeugers gelegt, dessen Spannungsdifferenz gemessen werden soll.

Dynamomaschinen.

1. Prinzip. Die Wirkung der Dynamomaschinen beruht auf dem Prinzip der magnetischen Induktion. Der Anker rotiert in dem Magnetfeld der Feldmagnete; letztere sind Elektromagnete, deren Bewicklung vom Ankerstrom oder nur von einem Teil des Ankerstromes durchflossen wird. Für den Anlauf genügt der in dem Magneteisen vorhandene remanente Magnetismus, um durch Induktion der Ankerbewicklung eine geringe Spannung an den Klemmen der Maschine zu erzeugen. Dieselbe treibt zunächst einen elektrischen Strom durch die Bewicklung der Feldmagnete, deren Magnetismus dadurch verstärkt wird, und eine Erhöhung der Klemmenspannung verursacht. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die Betriebsspannung erreicht ist.

Gebräuchlich sind fast ausschliefslich Aufsenpolmaschinen (Fig. 285), bei denen das feststehende Magnetsystem den rotierenden Anker umgibt.

2. Das Magnetsystem wird je nach der Gröfse der Dynamomaschinen von 2 bis 12 einzelnen Magnetpolen (Fig. 286) gebildet, die in abwechselnder Folge Nordpole und Südpole sind. Die Pol-

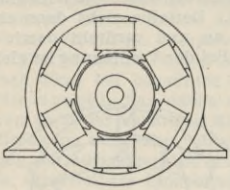


Fig. 285

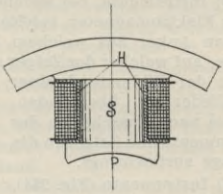


Fig. 286

schenkel *S* bilden meist ein Stahlgufsstück mit dem Maschinengestell. Gufseisen wird wegen seiner geringen magnetischen Eigenschaften nicht verwendet.

Der Querschnitt des Polschenkels ist entweder ein Kreis oder ein Oval, dessen grofse Achse parallel zur Drehachse des Ankers liegt. Zur Magnetbewicklung verwendet man umsponnene Kupferdrähte, welche auf ein Gehäuse *H* aus einem unmagnetischen Material (Messingblech etc.) aufgewickelt sind. Die Zwischenräume der einzelnen Wicklungslagen werden mit Zinkweifs ausgefüllt. Das Magnetgehäuse sitzt mit geringem Spiel auf dem Polschenkel und wird durch den vorgeschraubten Polschuh *P* gehalten. Die einzelnen Magnetspulen sind entweder parallel oder hintereinander geschaltet.

Luftspalt zwischen Polschuh und Anker ca. 1—3 mm.

3. Der Anker. Man unterscheidet:

Trommelanker (System Hefner-Alteneck) (Fig. 287). Die stromführenden Drähte liegen nur am Umfang des Eisenkerns.

Fig. 287

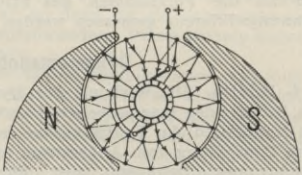


Fig. 288

Ringanker (System Gramme). (Fig. 288.) Derselbe besteht aus einem ringförmigen Eisenkern, welcher von der Drahtbewicklung eingehüllt wird. Die am inneren Umfang des Eisenkernes liegenden Drähte sind induktionsfrei, d. h. sie dienen nur zur Leitung des Ankerstromes, nicht aber zur Erzeugung.

Der Eisenkern besteht aus weichen Eisenblechen von höchstens 1 mm Stärke, welche mit isolierenden Zwischenlagen von Papier aufeinander geschichtet sind. Dadurch wird erreicht:

a) Die magnetischen Kraftlinien schliefsen sich durch das Eisen des Ankers ohne grofsen Widerstand in demselben.

b) Die Zwischenlagen von Papier verhindern, dafs in dem Ankereisen axial gerichtete Ströme auftreten.

An beiden Enden liegen stärkere Schlufsbleche, welche das ganze Blechpacket mittels durchgehender dünner Schraubenbolzen zusammenhalten. Bei kleineren Dynamos mit Trommelanker wird der Eisenkern mittels einer metallenen Büchse direkt auf die Welle gesetzt, bei gröfseren Maschinen auf eine besondere, meist gufseiserne Nabe.

Die einzelnen Teile der Bewicklung müssen gegeneinander und gegen den Eisenkern sehr gut isoliert sein. Dünne Drähte (bis 6 mm ϕ) werden deshalb besponnen, dicke Drähte (Stäbe) beklöppelt und aufserdem durch Prefspappe etc. gegen den Eisenkern isoliert. In bezug auf die Anbringung der Bewicklung auf dem Eisenkern des Ankers unterscheidet man:

a) Glatte Armatur (Fig. 289 a). Die Drähte liegen in einer oder in mehreren Lagen nebeneinander am äufseren Umfang des glatten Eisenkernes.

b) Zackenarmatur (Fig. 289 b). Der Eisenkern ist an seinem Umfang genutet, und die Wicklung ist in die Nuten gelegt.

c) Locharmatur (Fig. 289 c). Dieselbe besteht immer aus Stäben, welche in Löcher am äufseren Umfang des Ankers eingezogen sind.

Zweck der Konstruktionen b) und c) ist, das Ankereisen näher an die Polschuhe der Feldmagnete zu bringen. Gegen Abfliegen infolge der Zentrifugalkraft werden bei a und b die Ankerdrähte durch Bandagen aus Stahldraht oder Bronzedraht gesichert.

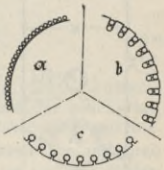


Fig. 289

4. Der Kollektor (Kommutator). In den einzelnen Drähten der Ankerbewicklung zirkuliert zunächst ein Wechselstrom, d. h. der Strom hat verschiedene Richtung, je nachdem sich der betreffende Bewicklungsdraht vor einem Nordpol oder vor einem Südpol befindet. Die Gleichrichtung des Stromes erfolgt erst durch den Kollektor (Kommutator), welcher aus einzelnen Lamellen zusammengesetzt ist. Jede Spule der Ankerbewicklung ist mit einer Lamelle des Kollektors verbunden, und diese kommt, in Übereinstimmung mit dem Richtungswechsel des Stromes gleichzeitig mit verschiedenpoligen Bürsten in Berührung. Die dünnen Kollektorlamellen bestehen aus gezogenem Hartkupfer und sind gegeneinander und gegen die Nabe durch Glimmer, Mikanit etc. sehr gut isoliert.

5. Die Bürsten haben den Zweck, den Strom von den Lamellen abzunehmen. Sie sind prismatisch und entweder aus Bürstenkohle oder Kupfergase. Sie sind in federnden Bürstenhaltern so gelagert, dafs sie leicht an den Kollektor angedrückt werden. Immer sind mehrere Bürsten auf einem Halterzapfen befestigt, damit man sie während des Betriebes einzeln abheben und nachsehen kann. Für den allmähligen Verschleifs

können sie nachgeschoben werden. Alle Bürsten einer Polklemme müssen dasselbe Kollektorsegment gleichzeitig berühren. Gewöhnlich sind ebensoviele Bürstensysteme wie Magnetpole vorhanden; dann sind die positiven und die negativen Bürsten je unter sich verbunden. Durch entsprechende Schaltung kann jedoch die Anzahl der Bürstensysteme bis auf zwei reduziert werden.

Einteilung der Dynamomaschinen.

In den folgenden schematischen Darstellungen bedeutet:

A den Anker der Dynamomaschine;
M die Magnetbewicklung;
S den äufseren Stromkreis;
Amp das Amperemeter
Volt das Voltmeter

Hinsichtlich der Stromverzweigung unterscheidet man:

1. Nebenschlufsmaschinen (Fig. 290), welche auf Schiffen ausschliefslich zur Verwendung kommen. Äufserer Stromkreis *S* und Feldmagnetbewicklung *M* sind parallel geschaltet. Der durch letztere fliefsende Erregerstrom beträgt 1,5 bis 3% von dem elektrischen Strom im äufseren Stromkreis.

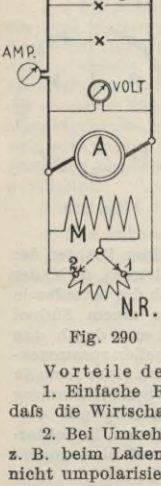


Fig. 290

Regulierung: Nebenschlufsmaschinen sind auf konstante Klemmenspannung einzuregulieren, dies geschieht von Hand, indem man mit Hilfe des Regulierwiderstandes *N.R.* mehr oder weniger Strom durch die Wicklungen der Feldmagnete schickt. Dadurch wird das magnetische Feld entweder verstärkt oder geschwächt. Die Umdrehungszahl konstant vorausgesetzt, mufs der Hebel des Nebenschlufsregulators folgende Stellungen einnehmen:

Stellung 1: Der Regulierwiderstand *N.R.* liegt parallel zu der Feldmagnetbewicklung, dadurch wird der Erregerstrom und das magnetische Feld stark. Diese Stellung ist dem Hebel beim Anlauf und bei normaler Belastung der Maschine zu geben.

Stellung 2: Der Regulierwiderstand liegt bei geringer Belastung vor der Magnetbewicklung.

Vorteile der Nebenschlufsmaschinen:

1. Einfache Regulierbarkeit innerhalb weiter Grenzen, ohne dafs die Wirtschaftlichkeit der Maschine schlechter wird.

2. Bei Umkehrung der Stromrichtung im äufseren Stromkreis z. B. beim Laden von Akkumulatoren, werden die Feldmagnete nicht umpolarisiert, weil sich die Stromrichtung im Nebenschlufs nicht ändert.

3. Bei Kurzschlufs im äufseren Stromkreise wird die Maschine stromlos.

Parallelbetrieb von Nebenschlufsmaschinen. (Fig. 291.) Zwei Nebenschlufsmaschinen sind parallel geschaltet, wenn sie Strom in denselben äufseren Stromkreis liefern. Wenn eine Nebenschlufsmaschine, z. B. N_1, bereits auf das Netz arbeitet, und mit einer zweiten Nebenschlufsmaschine N_2 parallel geschaltet

werden soll, dann kann die Umschaltung von Einzelbetrieb in Parallelbetrieb in folgender Weise vorgenommen werden:

1. beide Dynamos sind mit Hilfe der Nebenschlufsregulatoren auf gleiche Klemmenspannung zu bringen. Alsdann lege man:

2. den Handausschalter H_2 ein. Wenn dann die Glühlampen G_1 und G_2 nicht brennen, dann sind die richtigen Polklemmen miteinander verbunden, und

3. der automatische Ausschalter A_2 kann eingelegt werden.

4. Um einen Teil der Belastung auf N_2 hinüber zu nehmen, mufs dann nur die Erregung der Feldmagnete von N_2 mit Hilfe des Nebenschlufsregulators entsprechend erhöht werden.

Wenn die Glühlampen G_1 u. G_2 hell brennen, dann sind die Polklemmen falsch verbunden.

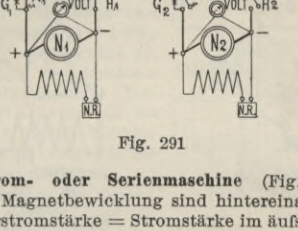


Fig. 291

2. Hauptstrom- oder Serienmaschine (Fig. 293). Äufserer Stromkreis und Magnetbewicklung sind hintereinander geschaltet, also ist Erregerstromstärke = Stromstärke im äufseren Stromkreis.

Regulierung: Die im äufseren Stromkreis befindlichen Lampen etc. sind hintereinander geschaltet, es ist also die Stromstärke konstant zu erhalten. Dies kann geschehen:

1. mittels eines Regulators, welcher der Feldmagnetbewicklung parallel liegt (unwirtschaftlich),

2. durch Abschalten von Windungen der Magnetbewicklung (komplizierte Konstruktion).

3. durch Bürstenverschiebung (nur innerhalb geringer Belastungsänderungen).

Nachteile der Hauptstrommaschinen. Kurzschlufs zerstört den Anker und die Magnetbewicklung — die Regulierung ist entweder unwirtschaftlich oder verwickelt. — Bei Umkehr der Stromrichtung im äufseren Stromkreis werden die Feldmagnete umpolarisiert.

3. Maschine mit Compoundwicklung (Fig. 292). Dieselbe besitzt sowohl eine im Hauptstrom als auch eine im Nebenschlufs liegende Magnetwicklung. Dadurch hält die Maschine bei veränderlicher Belastung ohne Regulierung nahezu konstante Klemmenspannung.

Betrieb von Dynamomaschinen.

Bürstenstellung und Bürstenverschiebung. Wenn die Bürsten einer Polklemme zwei nebeneinander liegende Kollektorlamellen gleichzeitig berühren, dann ist der zwischen beiden Lamellen liegende Teil der Ankerwicklung kurz geschlossen. Befindet sich dieser Teil der Wicklung gleichzeitig vor einem

Feldmagneten, dann entsteht ein Strom, welcher einen Lichtbogen hervorbringt, sobald die Bürsten die betreffende Kollektorlamelle verlassen (Feuern der Bürsten).

Mit Rücksicht auf die Erhaltung des Kollektors und der Bürsten mufs das Feuern möglichst vermieden werden dies geschieht dadurch, dafs man die Bürsten in eine solche Stellung bringt, in welcher die zwischen den kurz geschlossenen Lamellen des Kollektors liegende Wicklung keine Induktion erfährt (neutrale Zone). Da sich diese Zone verschiebt, je nachdem der Ankerstrom stark oder schwach ist, müssen auch die Bürsten während des Betriebes verschoben werden und zwar bei zunehmender Belastung in Richtung des Drehsinns der Maschine.

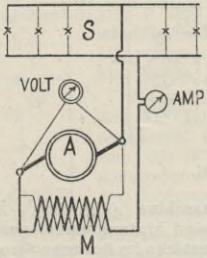


Fig. 292

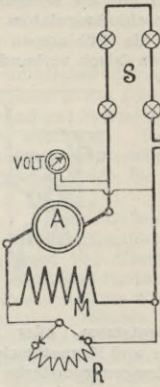


Fig. 293

Erwärmung der Dynamomaschine. Jede im Betriebe befindliche Dynamomaschine erwärmt sich nach einiger Zeit infolge der unvermeidlichen Jouleschen Verluste in Anker und Magnetbewicklung etc., jedoch soll die Temperatur der Maschine bei dauernder maximaler Belastung nicht höher werden als ca. 80° C, da sonst die zur Isolation verwendeten Materialien Schaden leiden.

Fehler in der Maschine machen sich bemerkbar durch starkes und ungleichmäfsiges Funken der Bürsten, durch starke Erwärmung der Maschine und auch durch Zucken des Lichtes. Fehler infolge mangelhafter Wartung sind:

1. unrunde Oberfläche des Kollektors.
2. Mangelhafter Kontakt der Bürsten durch Lockerwerden der Fassungen sowie der Verbindungsstellen der Ankerdrähte mit den Kollektorlamellen.
3. Kupferstaub, der auf den Kollektorlamellen liegt.
4. Überlastung der Maschine.

Innere Fehler machen eine besondere Untersuchung der Maschine nötig, und können nicht immer an Bord behoben werden; solche Fehler sind:

5. Kurzschlufs zwischen einzelnen Spulen der Ankerwicklung. Der Anker erwärmt sich so stark, dafs Brandgeruch auftritt; er mufs dann zur Reparatur aus der Maschine herausgenommen und untersucht werden.

6. Schlufs der Ankerbewicklung gegen das Anker-Eisen. Derselbe ist nur schädlich wenn noch an einer anderen Stelle eine leitende Verbindung des Stromkreises gegen den Schiffskörper vorhanden ist. Der Fehler wird bei Nebenschlufsmaschinen gefunden, indem man bei geöffnetem äufseren Stromkreis und in Betrieb befindlicher Maschine zwischen Maschinenfundament und einer Polklemme eine leitende Verbindung herstellt und einen Isolationsprüfer in dieselbe einschaltet.

7. Ungleichmäfsige Erregung der Magnetschenkel durch teilweisen Kurzschlufs innerhalb der Bewicklung eines Magneten oder durch schlechte Verbindung an den Kontaktstellen parallel geschalteter Magnete.

Die Antriebsmaschine ist gewöhnlich eine schnellaufende stehende Einzylinder- oder Compounddampfmaschine oder auch Dampfturbine, welche mit der Dynamomaschine durch eine feste oder eine elastische Kupplung (Fig. 294) verbunden ist. Die Kupplung gestattet, dafs bei festliegender Welle der Antriebsmaschine die Dynamowelle geringe achsiale Bewegungen ausführen kann. Mit Rücksicht auf mechanische und elektrische Verluste ergibt 1 *PS* Leistung der Dampfmaschine ca. 550 Watt Leistung der Dynamomaschine. Gebräuchliche Umdrehungen pro Minute: 250 bis 600 bei Antrieb durch Kolbenmaschinen; bis ca. 4000 bei Antrieb durch Dampfturbinen.

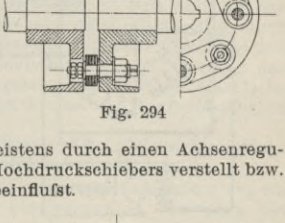


Fig. 294

Die Regulierung der Dampfmaschine bzw. Turbine auf unveränderliche Tourenzahl bei Belastungsschwankungen erfolgt meistens durch einen Achsenregulator, welcher das Exzenter des Hochdruckschiebers verstellt bzw. bei Turbinen das Drosselventil beeinflufst.

Zentrifugal-Achsenregulator (Fig. 295). Die Zentrifugalkräfte der Schwunggewichte G_1 und G_2 und die Federkraft der Feder F stellen bei normaler Tourenzahl eine bestimmte Lage der Hebel D_1 und D_2 ein. Bei Änderung der Tourenzahl ändern sich die Zentrifugalkräfte der Schwunggewichte und ergeben eine andere Gleichgewichtslage der beiden Hebel. Die Verdrehung derselben wird auf das Hochdruckexzenter so übertragen, dafs bei zunehmender Tourenzahl die Exzentrizität geringer und der Voreilungswinkel gröfser wird; dadurch wird auch die Füllung im Hochdruckzylinder kleiner.

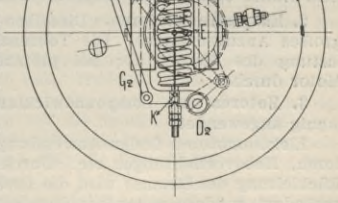


Fig. 295

Energieregulatoren. Bei diesen wirkt nicht die Zentrifugalkraft, sondern die lebendige Kraft einer Schwungmasse auf das Hochdruckexzenter ein. Bei zunehmender Winkelgeschwindigkeit bleibt die Schwungmasse gegen die Kurbelwelle zurück und umgekehrt.

Elektromotoren.

Jede Dynamomaschine wird zu einem Elektromotor, wenn man einen elektrischen Strom in sie hineinleitet. Die zugeführte elektrische Energie wird dann — abgesehen von Betriebsverlusten — in mechanische Energie verwandelt. Hinsichtlich der Schaltung von Anker- und Magnetbewicklung unterscheidet man wie bei den Dynamomaschinen:

1. Nebenschlufsmotoren. Dieselben zeichnen sich dadurch aus, dafs sie bei Belastungsänderungen (auch bei plötzlicher Belastung oder Entlastung) mit fast unveränderlicher Tourenzahl laufen. Abnahme der Tourenzahl von Leerlauf bis Vollbelastung ca. 8 %. Zur Inbetriebsetzung dient ein verschieden konstruierter Anlafswiderstand (Fig. 296), welcher, wenn die Handkurbel von *a* über *b*

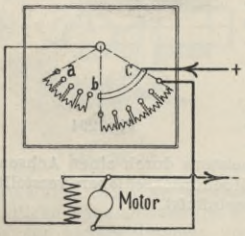


Fig. 296

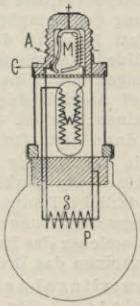


Fig. 297

nach *c* geschaltet wird, zuerst den vor der Magnetbewicklung befindlichen Widerstand ausschaltet und dann erst den Anker einschaltet. Wenn die Handkurbel in *c* steht, ist sämtlicher Widerstand vor dem Anker und vor der Magnetbewicklung ausgeschaltet.

2. Hauptstrommotoren. Dieselben besitzen beim Anlauf ein grofses Anzugsmoment. Die Tourenzahl nimmt jedoch bei Belastung des Motors ab; bei plötzlicher Entlastung geht der Motor durch.

3. Motoren mit Compoundwicklung. Dieselben werden nur wenig angewendet.

Elektromotoren finden Anwendung zum Antrieb von Ventilatoren, Hebevorrichtungen etc. Durch Vertauschen von Zu- und Rückleitung des Stromes wird die Drehrichtung des Motors nicht verändert, sondern es mufs in diesem Fall die Stromrichtung entweder im Anker oder in der Magnetbewicklung umgekehrt werden. Beim Feuern der Bürsten müssen dieselben entgegengesetzt der Drehrichtung des Ankers verschoben werden.

Elektrische Beleuchtung.

1. Glühlampen besitzen in einer luftleeren Glasbirne dünne Kohlenbügel, welche mit Platindrähten im Fufs der Glasbirne befestigt sind. (Befestigung mit Platin, weil dasselbe den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Glas besitzt.) Ein hindurchfliefsender elektrischer Strom versetzt die Kohlenbügel in Weifsglut. Gebräuchlich sind Glühlampen von 65 und 100 Volt Spannung mit einer Leuchtkraft von 10, 16, 25 und 50 etc. Normalkerzen (*NK.*); beide Zahlen sind auf der Glasbirne angegeben. Wattverbrauch pro 1 *NK* ≙ 3,3 Watt. Die Lebensdauer der Glühlampen beträgt etwa 800 bis 1000 Brennstunden, jedoch läfst die Leuchtkraft schon vor dieser Zeit erheblich nach. Gegen Spannungsschwankungen sind Glühlampen sehr empfindlich, bei Abnahme der Spannung um 1% nimmt die Leuchtkraft der Lampe um 7% ab.

Bemerkung: Die Einheit der Leuchtkraft ist die Leuchtkraft einer Normalkerze (*NK*), d. h. einer Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenhöhe.

2. Nernstsche Glühlampe (Fig. 297). Der eigentliche Glühkörper besteht aus einem Magnesiastäbchen *S*, welches von einer Spirale *P* aus Platindraht umgeben ist. Da bei gewöhnlicher Temperatur das Magnesiastäbchen Nichtleiter ist, so fliefst der elektrische Strom zunächst durch die Platinspirale *P*, welche in Glut gerät und nach ca. 1/2 Minute das Magnesiastäbchen so weit erwärmt hat, dafs es leitend wird. Der Strom geht dann gleichzeitig durch einen Vorschaltwiderstand *W* (Spirale in luftleerer Glasbirne) und durch die Bewicklung eines Elektromagneten *M*, welcher den Anker *A* von dem Kontakt *C* wegzieht und dadurch die Platinspirale stromlos macht. Erst dann kommt das Magnesiastäbchen in helle Weifsglut.

Der Wattverbrauch der Nernstlampe ist bei gleicher Lichtstärke nur ca. halb so grofs wie bei gewöhnlichen Glühlampen.

3. Bogenlampen werden ihres intensiven Lichtes halber nur für Decksbeleuchtung, Scheinwerfer etc. verwendet. Zwischen den beiden Lampenkohlen bildet sich ein Davy'scher Lichtbogen, der die Spitzen der Kohlen in intensive Weifsglut bringt. Die obere positive Kohle hat ca. den doppelten Querschnitt wie die untere, weil sie schneller abbrennt, und ist meistens eine Dochtkohle, die in der Mitte einen leitenden Docht aus Kohle, Graphit etc. besitzt. Derselbe soll verhindern, dafs der Lichtbogen sich unruhig auf dem Rand des Kraters der oberen Kohle hin und her bewegt. Die untere negative Lampenkohle ist eine Homogenkohle aus gleichmäfsig gebranntem Graphit.

Die Betriebsspannung der Bogenlampen beträgt zwischen den Klemmen der Lampen ca. 40 Volt. Jede Bogenlampe erhält einen Vorschaltwiderstand, durch welchen unter Berücksichtigung der Schaltung die Netzspannung auf die Spannung der Bogenlampe abgedrosselt wird. Der Wattverbrauch beträgt ohne Vorschaltwiderstand ca. 0,3 Watt pro 1 *NK*, die Brauchbarkeit pro 1 Paar Kohlen ca. 16 Brennstunden.

Das Einregulieren der Lampe erfolgt automatisch durch einen Schaltapparat, welcher die Kohlen zusammenbringt, wenn sie aufser Betrieb sind; nach Bildung eines Lichtbogens werden sie durch den Schaltapparat auseinandergezogen und in dem Mafse, in dem sie abbrennen, einander wiederum genähert.

Die Leitungsanlage.

Die elektrische Anlage wird nach Gröfse und Bauart der Schiffe meist in folgende Stromkreise eingeteilt: Maschinen- und Kesselraum, Hinterschiff, Mittelschiff, Vorderschiff und Oberdeck; kleine Schiffe erhalten entsprechend weniger, grofse Schiffe entsprechend mehr Stromkreise. Motoren werden an einen besonderen Stromkreis angeschlossen.

Die Leitungen der einzelnen Stromkreise werden manchmal durch Farbenanstrich äufserlich kenntlich gemacht und die Richtung des Stromes in Hin- und Rückleitung durch Pfeile angegeben.

Die verschiedenen Stromkreise sind entweder direkt an die Zentralstelle im Maschinenraum angeschlossen oder an einzelne Schaltkästen (Stationskästen), welche durch Hauptleitungen mit der Zentralstelle verbunden sind. Von den Schaltkästen führen dann Zweigleitungen nach den einzelnen Verbrauchsstellen.

Hinsichtlich der Stromrückleitung unterscheidet man:

Eindrahtsystem mit Stromrückleitung durch den eisernen Schiffskörper.

Zweidrahtsystem mit isolierten Hin- und Rückleitungen des Stromes.

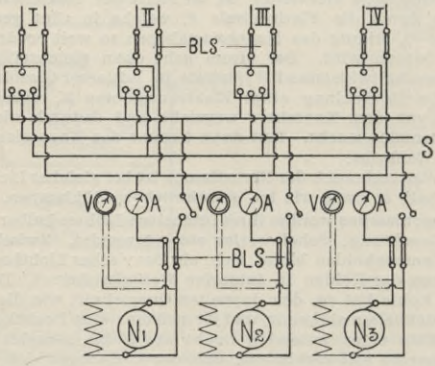


Fig. 298

1. Das Hauptschaltbrett (Fig. 298, für 3 Dynamos und 4 Stromkreise) dient zur Überwachung und Bedienung der Dynamomaschinen und der Stromkreise. Es enthält folgende Einrichtungen:

Sicherheitsschaltungen (*BLS* = Bleisicherungen) in Hin- und Rückleitung der einzelnen Dynamomaschinen und Stromkreise;

je ein Amperemeter (*A*) und ein Voltmeter (*V*);

je einen Handausschalter;

einen mehrpoligen Umschalter (Generalumschalter).

Der Generalumschalter läfst folgende Schaltungen ausführen:

a) Jede der vorhandenen Dynamos kann auf jeden Stromkreis der Anlage arbeiten.

b) Mehrere Dynamos können gleichzeitig und unabhängig voneinander auf verschiedene Stromkreise arbeiten.

Er besteht aus einer Anzahl von horizontalen Metallschienen, welche mit den positiven Klemmen der Dynamomaschinen verbunden sind; die negativen Klemmen sind bei dem Eindrahtsystem mit dem Schiffskörper, bei dem Zweidrahtsystem mit einer gemeinsamen Rückleitungsschiene verbunden. Die einzelnen Stromkreise können dann entweder mittels Stöpselkontakten oder mehrpoligen Umschaltern an die einzelnen horizontalen Sammelschienen angeschlossen werden.

Bei dieser Anordnung können die Dynamomaschinen meist nicht in Parallelbetrieb genommen werden.

Wenn die Dynamomaschinen parallel geschaltet werden sollen, genügt nur je eine Sammelschiene für die Hin- und Rückleitung; letztere ist bei dem Eindrahtsystem mit dem Schiffskörper verbunden. Die einzelnen Stromkreise sind dann mittels einpoliger Ausschalter an die Hinleitungsschiene angeschlossen. Bei dieser Einrichtung mufs das Hauptschaltbrett noch die für den Parallelbetrieb nötigen Einrichtungen (s. S. 224) enthalten.

Schiffschlufsprüfer. Derselbe wird beim Zweidrahtsystem am Hauptschaltbrett angeordnet, um jede leitende Verbindung mit dem eisernen Schiffskörper anzuzeigen, indem zwischen beiden Leitungen eines Stromkreises 2 Glühlampen hintereinander geschaltet sind und zwischen beiden eine Leitung nach dem Schiffskörper abgezweigt ist; in letzterer Leitung befindet sich eine elektrische Glocke.

Solange keine Verbindung mit dem Schiffskörper existiert, glühen beide Lampen gleichmäfsig schwach. Hat eine von beiden Leitungen Verbindung mit dem Schiffskörper, dann brennt die an ihr liegende Lampe schwächer oder gar nicht, und die elektrische Glocke schlägt an. Haben beide Leitungen Verbindung mit dem Schiffskörper, dann schlägt die elektrische Glocke nur an, wenn man eine von beiden Lampen ausschaltet.

2. Sicherheitsschaltungen befinden sich in beiden Leitungen von den Dynamomaschinen nach dem Hauptschaltbrett, in Hin- und Rückleitung jedes Stromkreises sowie überall dort, wo sich der Leitungsquerschnitt nach der Verbrauchsstelle hin verjüngt. Sicherheitsschaltungen von Glühlichtanlagen schützen nur die Leitungen, nicht aber die Lampen.

Bleisicherungen. Für kleine Stromstärken verwendet man Sicherungsdosen aus Porzellan etc. in welche Bleistreifen eingegipst sind, sonst dünne Blei- oder Stanniolstreifen, welche auf Glanzpappe aufgeklebt sind und deren Enden mit kupfernen Kontaktstellen verlötet sind. — Sicherungen für grofse Stromstärken erhalten ein Schutzrohr aus feuerfestem Material.

Die Abschmelzstromstärken der Bleisicherungen sollen ca. doppelt so grofs sein als die Normalstromstärke der betreffenden, zu sichernden Leitung (entsprechend einer Stromdichte von ca. 4,0 Ampere des Kupferdrahtes).

Eine durchgebrannte Bleisicherung darf erst erneuert werden, nachdem die betreffende Leitung vollständig abgeschaltet ist.

3. Leitungsmaterialien. Man verwendet:

a) für Wohnräume etc. verzinnte massive Kupferdrähte bis höchstens 5 mm Durchmesser (Querschnitt: 19,6 qmm) mit Gummi-

resp. Guttaperchaisolation und starker Baumwollbespinnung. Gröfsere Querschnitte erhalten mit Rücksicht auf bequemes Verlegen Kupferdrahtlitzen. Das Verlegen erfolgt entweder in imprägnierten Holzleisten, in biegsamen Messingrohren mit Papierfutter oder frei an den Schotten und Decks mittels metallener Schellen oder verzinkter Bandeisen; Durchführungen durch Schotte werden mittels Schottverschraubungen bewerkstelligt.

b) für Maschinen und Kesselräume meist eisenarmierte Bleikabel. Die Kupferseele erhält Gummi- oder Guttaperchaisolation, darüber einen einfachen oder doppelten Bleimantel; auf denselben folgt eine Schicht geteerter Jute, dann die Eisenarmierung, letztere ist zum Schutz gegen Rosten entweder verzinkt oder manchmal mit asphaltierter Jute bewickelt.

Besser noch ist die Verlegung von gewöhnlichen Leitungsdrähten mit Gummiisolierung und Baumwollbespinnung in Gasrohren, welche nach Einziehen des Leitungsdrahtes mit Asphalt ausgegossen werden.

Akkumulatoren.

In den Akkumulatoren wird elektrische Energie in Form von chemischer Energie aufgespeichert. Die einzelne Zelle (Horizontalschnitt: Fig. 299) besteht aus 2 Systemen von Bleiplatten, welche in verdünnte Schwefelsäure eingetaucht sind in der Weise, dafs positive und negative Platten miteinander abwechseln; die äufseren sind stets negative Platten. Die Oberfläche der positiven Platten (braun) ist mit Bleimennige, die der negativen Platten (grau) mit Bleiglätte (aktive Masse) belegt, der Zwischenraum zwischen den einzelnen Platten wird durch Glasröhren oder Gummistreifen erhalten.

Ladung und Entladung. Akkumulatoren werden mit Hilfe einer Nebenschlufsdynamomaschine geladen. Die Ladung ist beendigt, wenn die Spannung pro Zelle plötzlich auf 2,6 Volt ansteigt. Dann mufs in allen Zellen eine gleichmäfsige Gasentwicklung auftreten. Zellen, welche in der Ladung zurückgeblieben sind, zeigen keine oder nur geringe Gasentwicklung und sind auf Kurzschlufs zwischen den Bleiplatten (infolge von Herabfallen der aktiven Masse) zu untersuchen. Spannung und Säuregrad siehe folgende Tabelle:

Tabelle No. 33. Spannungen u. Säuregrade von Akkumulatoren.

Zustand der Zelle	Spannung pro Zelle	Spez. Gew. d. Säure	Amp. pro 1 qdm Plattenoberfläche
Beginn der Ladung .	2,05 Volt	1,14	ca. 0,6
Ende » » .	2,6 »	1,21	
Beginn der Entladung	1,95 »	1,21	ca. 1,0
Ende » » .	1,85 »	1,14	

Zellen, die längere Zeit nicht benutzt werden sollen, sind voll zu laden, und in Zeiträumen von ca. 14 Tagen auf Sättigung nachzuladen.

Akkumulatorbatterien. Um eine gebräuchliche Betriebsspannung zu erhalten, schaltet man eine Reihe von Akkumulatorzellen hintereinander, indem man die positive Elektrode der einen Zelle mit der negativen der folgenden Zellen verbindet.

Anzahl der Zellen:

bei 65 Volt Klemmenspannung: 36,
bei 40 Volt Klemmenspannung: 22.

Unter Kapazität einer Batterie versteht man das Produkt aus maximalem Entladestrom und Zeit der Entladung. Dieselbe wird angegeben in Amperestunden. Unter Gütegrad versteht man

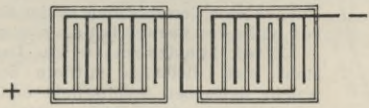


Fig. 299

das Verhältnis der bei der Entladung aus der Akkumulatorbatterie herausgenommenen Amperestunden zu den beim Laden aufgewendeten Amperestunden.

$$\text{Gütegrad} = \frac{\text{Amperestunden der Entladung}}{\text{Amperestunden der Ladung}} = \text{ca. } 0{,}95.$$

Galvanische Elemente

dienen zur Erzeugung von geringen Stromstärken für Telephone, Telegraphen etc.; sie erzeugen elektrische aus chemischer Energie.

Name	Positive Elektrode	Negative Elektrode	Elektromotorische Kraft, wenn offen	Innerer Widerstand in Ohm
Daniell	Kupfer in konz. Kupfervitriollösung	amalgamiert. Zink in Schwefelsäure	1,08 Volt	2,8 Ω
Leclanché	Braunstein	amalgamiert. Zink	1,49 Volt	0,69 Ω
	Salmiaklösung			
Meidinger	Kupfer in konz. Kupfervitriollösung	amalgamiert. Zink in Bittersalzlösung	1,0 Volt	7 bis 9 Ω
Grove	Platin in konz. Salpetersäure	Zink in 25 prozentiger Schwefelsäure	1,93	—

Die angegebenen Werte sind mittlere Werte und sind von dem Zustand, in welchem sich das Element befindet, in hohem Grade abhängig.

B. Wechselstrom.

1. Einphasenstrom. Die Stromstärke ändert in periodischer Folge sowohl Stärke als auch Richtung. Trägt man in Fig. 300 horizontal die Zeit auf und vertikal die Stromstärke, dann erhält man bei einem Gleichstrom die Gerade *G*, bei einem Wechselstrom die Kurve *W*. Die Zeit *T* ist die Zeit einer Periode (= 2 Wechsel.) Die Spannung ändert in gleicher Weise Gröfse und Richtung. (Spannungskurve *E*.) Beide Kurven kommen nur dann zur Deckung, wenn der Stromkreis aus Ohmschen Widerständen (Glühlampen etc.) besteht; induktive Widerstände, (Motoren), bringen eine Verschiebung beider Kurven hervor (Phasenverschiebung = φ).

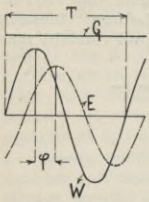


Fig. 300

Effektive Stromstärke. Darunter versteht man diejenige mittlere Stromstärke, welche denselben Arbeitseffekt ergibt wie die verschiedenen Stromstärken eines Wechselstromes. Amperemeter für Wechselstrom zeigen stets diese Stromstärke an.

Amperemeter und Voltmeter für Wechselstrom sind meistens Hitzdrahtinstrumente. In denselben wird ein Platinsilberdraht durch den hindurchfliefsenden Wechselstrom erwärmt und die dadurch hervorgerufene Verlängerung mittels einer Rolle auf einen Zeiger übertragen.

Die Leistung eines Wechselstromes kann nur mit Hilfe eines Wattmeters gefunden werden, da sie aufser von der effektiven Stromstärke und der Spannung auch von der Phasenverschiebung abhängig ist und mit zunehmender Phasenverschiebung abnimmt:

$$L = E \cdot J \cdot \cos\varphi; \qquad \cos\varphi = 1 \text{ bis ca. } 0{,}7.$$

Wechselstromdynamos haben keinen Kommutator, sondern nur glatte Schleifringe. Der Anker bildet fast immer einen feststehenden äufseren Ring, an dessen innerem Umfang die Ankerbewicklung in Nuten untergebracht ist.

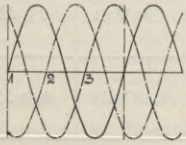


Fig. 301

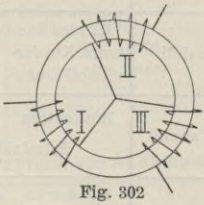


Fig. 302

Innerhalb dieses Ringes rotiert der Magnetkranz mit den sternförmig angeordneten Feldmagneten. Den Strom für die Erregung derselben liefert eine kleine Gleichstromdynamo, welche entweder auf gleicher Achse mit dem Magnetstern sitzt oder eine besondere Antriebsmaschine erhält. Ist:

p die Anzahl der Polpaare,
n die Umdrehungszahl pro Minute,
z die Anzahl der Perioden pro Sekunde, dann ist:

$$z = \frac{p \cdot n}{60} \text{ und beträgt gewöhnlich 30 bis 50.}$$

2. Der Dreiphasenstrom oder Drehstrom (Fig. 301) entsteht durch die Vereinigung von drei gewöhnlichen Wechselströmen mit einem Phasenunterschied von $^1/_3$ Periode $\left(=\frac{T}{3}\right)$. In jedem Augenblick ist die Summe zweier Ströme gleich und entgegengesetzt dem dritten, infolgedessen sind nur drei Leitungen nötig, von denen jede abwechselnd die Rückleitung für die beiden anderen bildet.

Drehfeld. (Fig. 302.) Werden durch die Spulen I, II, III Ströme eines Drehstromes hindurchgeschickt, dann entsteht im Innern des eisernen Ringes ein rotierendes Magnetfeld (Drehfeld). Ein in demselben befindlicher Eisenkern wird in Umdrehung versetzt.

Anwendung dieser Wirkung in Drehstrommotoren. Dieselben sind Synchronmotoren und laufen bei allen Belastungen mit derselben Tourenzahl.

IX. Teil.

Instrumente.

1. Manometer bzw. Vakuummeter dienen zur Ermittlung von Gas- und Flüssigkeitspressungen. Quecksilbermanometer beruhen auf dem Prinzip der kommunizierenden Röhren, deren einer Schenkel mit der Atmosphäre, der andere mit dem unter Druck stehenden Raum in Verbindung steht. In dem offenen Schenkel steht dann das Quecksilber entsprechend höher. Der Überdruck in dem geschlossenen Schenkel entspricht der vertikalen Höhendifferenz der beiden Quecksilberkuppen. (736 mm Quecksilbersäule = 1 kg/qcm Überdruck.)

Herrscht in dem betreffenden Raum Vakuum, dann steht das Quecksilber in dem offenen Schenkel tiefer entsprechend dem Unterdruck unter der Atmosphäre. Um den absoluten Druck zu ermitteln ist der Unterdruck von dem jeweiligen Barometerstand abzuziehen.

Das Bourdonsche Röhrenfedermanometer (Fig. 303) enthält eine gebogene Röhre von elliptischem Querschnitt. Durch inneren Druck sucht die Röhre einen runden Querschnitt anzunehmen und streckt sich, während

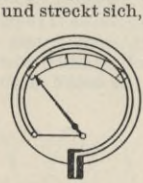


Fig. 303

Fig. 304

sie sich bei Vakuum weiter abflacht und dabei zusammenzieht. Die Bewegung, welche das freie Ende der Röhre hierbei ausführt, wird durch Zugstange und Hebel auf einen Zeiger übertragen, der auf einer Skala den innern Überdruck angibt. Doppelmanometev erhalten zwei hintereinander liegende Röhrenfedern und zwei auf derselben Achse hintereinander liegende Zeiger, welche eine Skala bestreichen.

Beim Plattenfedermanometer (Fig. 304) verursacht der Druck das Durchfedern einer gewellten, kreisrunden Stahlplatte, deren Deformation mit Druckstange und Stirnradübersetzung auf den Zeiger übertragen wird.

Die Eichung der Skalen von Röhrenfeder- und Plattenfedermanometern erfolgt mit Hilfe von Quecksilbermanometern von entsprechender Höhe, oder auch mit Kontrollmanometern, deren Skalenleitung durch Eichung mittels Quecksilbermanometer vor-

her richtig gestellt ist. Um die Lose in den Gelenken des Zeigerantriebs unschädlich zu machen, ist meist an der Zeigerachse eine Uhrfeder angebracht, welche den Zeiger nach Null hinzieht.

2. Thermometer für Temperaturen unter — 30° C erhalten Weingeistfüllung, solche für gewöhnlichen Gebrauch (von ca. — 30° bis + 250° C) Quecksilberfüllung. Die Gradteilung (siehe Seite 47) ist entweder auf die Kapillarröhre aufgeätzt oder auf einem Skalenblech der äufseren Schutzhülse angebracht. Für Temperaturen zwischen 250° und 500° C werden Quecksilberthermometer verwendet, deren Kapillarröhre am oberen Ende in eine Erweiterung mündet, welche mit Stickstoff von sehr hohem Druck gefüllt ist; dadurch wird das Sieden des Quecksilbers verhindert.

Über 500° C hinaus verwendet man Manometerthermometer (Fig. 305) (Talpotasimeter), welche darauf beruhen, dafs bei gesättigten Dämpfen einer bestimmten Temperatur ein bestimmter Druck entspricht. Diese Instrumente bestehen aus einer Stahlröhre, von welcher ein Ende zu einem Gefäfs erweitert ist, welches als Füllung Äther oder Quecksilber enthält, das andereEnde schliefst an ein Manometer mit Zeiger und Skala an.

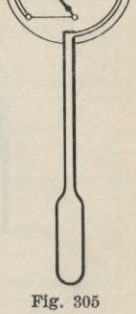


Fig. 305

Registrierende Thermometer für Kühlräume usw. beruhen auf der Wärmeausdehnung einer Flüssigkeit (Äther, Quecksilber), welche sich in einem Federrohr von flachem Querschnitt befindet. Das freie Ende des Federrohres bewegt mittels Hebelübersetzung einen Zeiger mit Schreibstift, welcher auf einer mit Papier bespannten und durch ein Uhrwerk bewegten Trommel den Verlauf der Temperaturen in Form einer Kurve aufzeichnet.

3. Der Indikator (Fig. 306) besteht aus einem Dampfzylinder, der Geradführung mit dem Schreibzeug und der Schreibtrommel. In dem Dampfzylinder des Indikators befindet sich ein dampfdicht eingeschliffener, glatter Kolben, dessen Kolbenstange mittels einer Geradführung einen Schreibstift parallel zur Achse der Schreibtrommel so bewegt, dafs der Weg des Schreibstiftes den Kolbenweg etwa sechsfach vergröfsert wiedergibt. Zwischen Kolben und Deckel des Indikatordampfzylinders ist eine zylindrische Schraubenfeder geschaltet, welche durch den Dampfdruck auf den Indikatorkolben zusammengedrückt wird. Befindet sich unter dem Indikatorkolben Vakuum, dann bewirkt der Druck der Atmosphäre eine Verlängerung der Feder.

Um seitlichen Druck der Feder und das Ecken des Kolbens zu verhindern, wird die Feder manchmal doppelgängig ausgeführt. Da starke Erwärmung die Elastizität der Feder beeinflufst, wird bei neueren Indikatoren, insbesondere bei solchen für überhitzten Dampf, die Feder aufserhalb des Dampfzylinders angebracht.

Die Drehbewegung der Schreibtrommel wird vom Kreuzkopf der Dampfmaschine mittels Hebel und Zugstange bzw. Schnur bewerkstelligt. Die Hebelübersetzung wird dabei so gewählt, dafs

der Weg am Umfang der Schreibtrommel gleich der beabsichtigten Diagrammlänge ist. Die Schnurrichtung bzw. Richtung der Zugstange mufs senkrecht zur Mittellage des Antriebshebels sein.

Der Indikatorhahn, welcher sich unter dem Indikatorzylinder befindet, ist ein Dreiweghahn, mit welchem während des Indizierens die erforderlichen Verbindungen mit der Atmosphäre oder dem Maschinendampfzylinder hergestellt werden. Wird ein Indikator für beide Kolbenseiten verwendet, dann ist zwischen dem Maschinendampfzylinder und dem Indikator ein zweiter Dreiweghahn mit Verbindungsleitungen nach Boden- und Deckelseite vorgesehen.

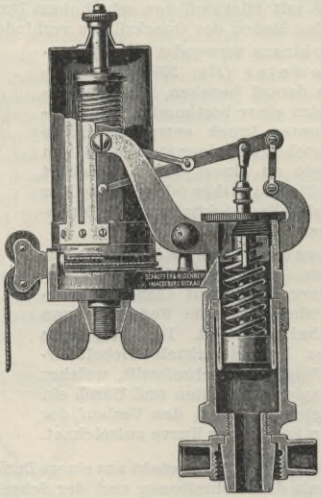


Fig. 306

Vor Gebrauch des Indikators ist zu beachten:

1. Beim Zurückdrehen der Schreibtrommel durch die Trommelfeder mufs die Indikatorschnur stets gespannt bleiben. Die Länge der Schnur ist so zu bemessen, dafs das Diagramm auf Mitte des Indikatorpapiers zu stehen kommt.

2. Kolben und Schreibzeug sind herauszunehmen und auf mechanische Beschädigungen und Verunreinigungen zu untersuchen; die Drehpunkte sind zu ölen. Toter Gang in der Geradführung des Schreibzeuges verursacht falsche Diagramme.

3. Man achte auf den für die Feder höchsten zulässigen Dampfdruck, da bei schwachen Federn der Kolben anstöfst und ein unvollständiges Diagramm ergibt.

4. Vor dem Einsetzen des Kolbens blase man sämtliche Verbindungsleitungen nach dem Maschinendampfzylinder mit Dampf durch und gebe dem Kolben etwas Zylinderöl.

Beim Indizieren verfahre man in folgender Reihenfolge:

a) Indikatorpapier aufstecken und glattziehen. (Das Indikatorpapier darf nur an den umgebogenen Enden angefafst werden.)

b) Einhängen der Schnur — Öffnen des Indikatorhahnes nach der Atmosphäre — Ziehen der atmosphärischen Linie.

c) Weiterdrehen des Indikatorhahnes bis dieser die Verbindung zwischen Indikator- und Maschinenzylinder herstellt.

d) Andrücken des Schreibstiftes zum Aufzeichnen des Diagrammes — Abheben des Stiftes und Schlufs des Hahnes.

e) Auskuppeln der Schreibtrommel und Abnehmen des Indikatorpapieres.

Der Federmafsstab, der auf jeder Feder vermerkt ist, gibt den Ausschlag des Schreibstiftes bei 1 kg pro qcm Dampfdruck an. Einen genaueren Wert erhält man durch Eichung. Zu diesem Zweck wird der Indikator an einem Gestell so befestigt, dafs Schreibzeug und Schreibtrommel nach unten zeigen. Dann belastet man den Indikatorkolben mit geeichten Gewichten, markiert für jede Belastung den zugehörigen Ausschlag des Schreibstiftes auf einem aufgezogenen Indikatorpapier, und zwar beim Auflegen und beim Abnehmen der Gewichtsplatten. Bei der Eichung von Federn, welche auf Zug in Anspruch genommen werden, erhält der Indikator eine aufrechte Stellung. Die Gewichtsplatten werden an den Indikatorkolben angehängt. Aus den erhaltenen Ausschlägen berechnet man den Mittelwert.

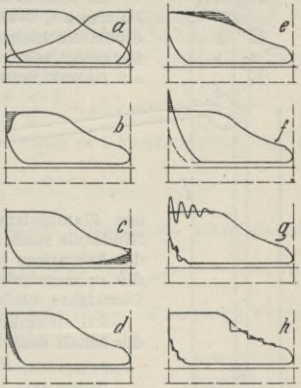


Fig. 307

Fig. 307 zeigt verschiedene Diagramme bei fehlerhafter Schiebersteuerung:

a) Verschiedene Füllung auf Boden- und Deckelseite,
b) Verspätete Dampfeinströmung,
c) Verspätete Dampfausströmung,
d) Verfrühte Dampfeinströmung,
e) Starke Drosselung des Dampfes während der Eintrittsperiode,
f) Übertriebene Kompression,
ferner zeigen:
g) Wasser im Indikatorzylinder,
h) klemmen des Indikatorkolbens (infolge Gufssand etc.).

4. Das Salinometer dient zur Bestimmung des Salzgehaltes im Kesselwasser und beruht darauf, dafs das spezifische Gewicht des Kesselwassers mit zunehmendem Salzgehalt ebenfalls gröfser wird. Es besteht aus einem Schwimmer, der oben eine Skala trägt und unten mit einem Gewicht beschwert ist, damit es aufrecht schwimmt. Je nachdem der Salzgehalt des Kesselwassers

gröfser oder geringer ist, taucht das Salinometer weniger oder mehr tief ein.

Da das spezifische Gewicht auch von der Temperatur des Kesselwassers abhängig ist, so ist darauf zu achten, dafs die Messung bei einer bestimmten, auf der Skala oben angegebenen Temperatur erfolgt. Unmittelbar nach der Entnahme des Kesselwassers besitzt dasselbe erfahrungsgemäfs eine Temperatur von ca. 93,4° C = 200° F, für welche die Angabe des Salinometers gewöhnlich gilt. Die Skala ist entweder nach Prozenten des Salzgehaltes, oder in Zweiunddreifsigstel eingeteilt. ($^1/_{32}$ = 3,13 % = Salzgehalt des gewöhnlichen Seewassers; $^3/_{32}$ = 9,4 % ist der höchste zulässige Salzgehalt.)

6. Das Polar-Planimeter (Fig. 308) dient zum Ausmessen von Flächen und zur Bestimmung des mittleren Druckes aus dem Dampfdiagramm.

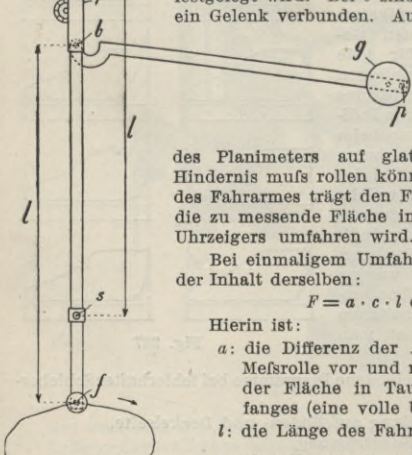


Fig. 308

Es besteht aus dem Fahrarm bf und dem Polarm pb, dessen Endpunkt p mit Hilfe einer durch ein kleines Gewicht g belasteten Nadel festgelegt wird. Bei b sind beide Arme durch ein Gelenk verbunden. Auf dem Fahrarm ist ein Rahmen r verschiebbar, welcher das Gelenk b und die Mefsrolle m trägt, die beim Gebrauch des Planimeters auf glattem Papier ohne Hindernis mufs rollen können. Der Endpunkt des Fahrarmes trägt den Fahrstift f, mit dem die zu messende Fläche in der Richtung des Uhrzeigers umfahren wird.

Bei einmaligem Umfahren der Fläche ist der Inhalt derselben:

$$F = a \cdot c \cdot l \text{ qmm.}$$

Hierin ist:

a: die Differenz der Ablesungen an der Mefsrolle vor und nach dem Umfahren der Fläche in Tausendsteln des Umfanges (eine volle Umdrehung = 1000),

l: die Länge des Fahrarmes bf in mm,

c: eine Konstante $= \frac{d \cdot \pi}{1000}$, wenn d der Durchmesser der Mefsrolle in mm ist.

Bei Ermittelung eines Flächeninhaltes wird der Rahmen r mit der Mefsrolle auf dem Fahrarm so eingestellt, dafs die Länge l, multipliziert mit der Konstanten c, eine runde Zahl ergibt. (Entsprechende Teilstriche sind auf dem Fahrarm bf angerissen.) Es ist dann:

$$F = C \cdot a \text{ qmm,}$$

worin $C = c \cdot l$ ist.

Beispiel: Es sei $c = 0{,}06$, $l = 166{,}67$ mm und erste Ablesung = 73, zweite Ablesung = 578, dann ist:

$$a = 578 - 73 = 505,$$

ferner

$$C = c \cdot l = 0{,}06 \cdot 166{,}67 = 10,$$

folglich:

$$F = a \cdot C = 505 \cdot 10 = 5050 \text{ qmm}.$$

Bem. Ist die Fläche im Maſsstab $1:n$ gezeichnet, dann ist der erhaltene Wert noch mit n^2 zu multiplizieren, um den Inhalt der Fläche in natürlicher Gröſse zu erhalten.

Beispiel: War die oben gemessene Fläche im Maſsstab 1 : 5 gezeichnet, dann ist ihr Inhalt in natürlicher Gröſse:

$$F_1 = F \cdot n^2 = 5050 \cdot 25 = 126250 \text{ qmm} = 12{,}625 \text{ qdm}.$$

Beim Auswerten von Diagrammen wird die Länge l des Fahrarmes durch Verschieben des Rahmens r auf die Länge des Diagrammes eingestellt (die Entfernung der auf dem Rahmen und dem Fahrarm angebrachten Spitzen ss ist immer gleich der Länge l des Fahrarmes).

Der Fahrstift f wird zweckmäſsig auf den Schnittpunkt der Expansionslinien eingestellt und etwas eingedrückt, während Pol- und Fahrarm ungefähr einen rechten Winkel bilden.

Wird nur das Diagramm einer Kolbenseite einmal umfahren, dann ist die mittlere Höhe desselben:

$$h_m = \frac{F}{l} = \frac{a \cdot c \cdot l}{l} = a \cdot c \text{ mm}.$$

Ist f der Federmaſsstab (f mm = 1 kg/qcm), dann ist der mittlere Druck p_m:

$$p_m = \frac{h_m}{f} = \frac{a \cdot c}{f} \text{ kg/qcm}.$$

Werden die Diagramme beider Kolbenseiten hintereinander umfahren, dann ist:

$$h_m = \frac{a \cdot c}{2} \text{ und } p_m = \frac{a \cdot c}{2f} \text{ kg/qcm}.$$

Beispiel: Es sei für letzteren Fall: $a = 752$ gefunden worden, und $c = 0{,}06$, $f = 5$ mm, dann ist:

$$p_m = \frac{a \cdot c}{2f} = \frac{752 \cdot 0{,}06}{2 \cdot 5} = 4{,}512 \text{ kg/qcm}.$$

Ist die Konstante c nicht bekannt, dann kann man sie durch Umfahren einer Fläche bekannten Inhaltes (Kreis, Rechteck usw.) finden; es ist dann:

$$c = \frac{F}{a \cdot l}.$$

6. Luftdruckmesser oder Zugmesser dienen zur Bestimmung des Luftdruckes in irgendeinem Raum (Heizraum, Windkanal, Aschenfall etc.) gegenüber dem der Aufsenluft. Dieser Druckunterschied wird gewöhnlich in Millimeter Wassersäule gemessen.

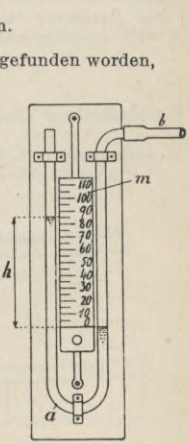


Fig. 309

Der zum Messen gebrauchte Apparat besteht am einfachsten aus einer an beiden Enden offenen **U**-förmig gebogenen Glasröhre a (Fig. 309), welche auf einem Brett befestigt ist. Von dem einen Schenkel führt ein Gummischlauch b oder ein Kupferrohr von ca. 10 mm l Durchmesser nach derjenigen Stelle, an welcher der Druck gemessen werden

soll. Das andere Ende bleibt entweder offen oder es wird (bei geschlossenen Heizräumen) ebenfalls durch ein Rohr mit der Aufsenluft in Verbindung gebracht.

Zwischen beiden senkrecht stehenden Schenkeln ist ein Mafsstab *m* verschiebbar angebracht, dessen Nullpunkt auf den Wasserstand in dem einen Schenkel eingestellt wird, während der Wasserstand im anderen Schenkel den Luftdruck *h* anzeigt.

Gefüllt wird die Glasröhre vor dem Gebrauch mit gefärbtem Wasser, schwarzem Kaffee etc. so weit, dafs jeder Schenkel der Glasröhre etwa halbvoll ist.

Der **Handzugmesser** hat dieselbe Einrichtung, nur sind die beiden Schenkel der Glasröhre meist in einen mit Handgriff versehenen bronzenen Rahmen eingespannt. Letzterer besitzt einen kurzen Rohransatz (als Verlängerung des einen Schenkels), dessen Mündung beim Messen mit demjenigen Raum in Verbindung gebracht wird (direkt oder durch einen Gummischlauch), in dem der Luftdruck gemessen werden soll.

X. Teil.

Schiffbau.

A. Segelschiffe: siehe Seite 277.

B. Dampfer; man unterscheidet:

1. Raddampfer:
   a) Seitenraddampfer: mit mittschiffs aufserhalb des Schiffskörpers angeordneten Rädern.
   b) Hinterrad- oder Heckraddampfer: mit hinten angeordneten Rädern (Schleppdampfer, Dampfer für seichte und schmale Gewässer).

2. Schraubendampfer: mit einer, 2, 3 oder 4 Schrauben (letztere nur bei Kriegsschiffen). Der Antrieb derselben erfolgt entweder durch Kolbenmaschinen oder neuerdings auch durch Dampfturbinen.

3. Reaktionsschiffe: werden durch einen oder mehrere nach hinten gerichtete Wasserstrahlen fortbewegt, welche mittels Pumpen oder durch Dampfmaschinen angetriebene Turbinen erzeugt werden.

4. Kettenschiffe: werden durch eine am Grunde des Fahrwassers liegenden Kette fortbewegt, welche am Vorderteil des Schiffes aufgeholt und am Heck wieder zu Wasser gelassen wird.

I. Der Schiffskörper.

Nach der Anordnung und Anzahl der Decks unterscheidet man:

Glattdeckschiffe: ohne Aufbauten auf dem Hauptdeck, die als zum Schiffskörper gehörig angesehen werden können.

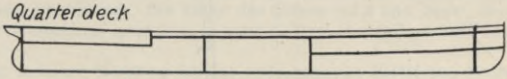


Fig. 310

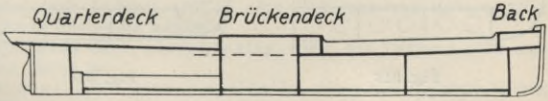


Fig. 311

Quarterdeckschiffe: Schiffe, bei denen nur hinten (Fig. 310) oder auch vorn ein Teil des oberen Decks um ungefähr eine halbe Deckshöhe gegen das übrige Deck erhöht ist. (Zur Vergröfserung des Raumes unter Deck.)

Poopdeckschiffe (Hüttendeckschiffe): Schiffe, bei denen das Hinterschiff überbaut ist (Fig. 312). (Zur Einrichtung von Passagierkammern etc.)

Reicht der Überbau ununterbrochen bis vor den Kesselraum, dann heifst er »Volle Poop« oder »Lange Hütte«.

Nach den Vorschriften des Germ. Lloyd werden unterschieden:

Volldeckschiffe, das sind Schiffe mit 1—4 vollständigen Decksbalkenlagen und durchlaufendem Hauptdeck, ohne Spardeck und Sturmdeck.

Spardeckschiffe sind Schiffe etwas leichterer Bauart mit mindestens 2 ununterbrochen durchlaufenden Decks.

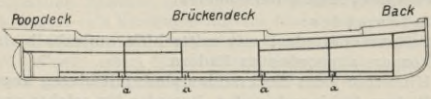


Fig. 312

Sturmdeckschiffe sind Schiffe mit einem leichten durchlaufenden Deck über dem Hauptdeck, wobei der Raum zwischen beiden Decks zur Unterbringung von Passagieren oder Mannschaft oder auch für leichte Güter oder Vieh benutzt wird. Auf dem Sturmdeck dürfen sich keine von der Mannschaft bewohnten Aufbauten befinden.

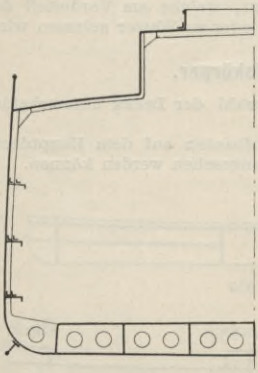


Fig. 313

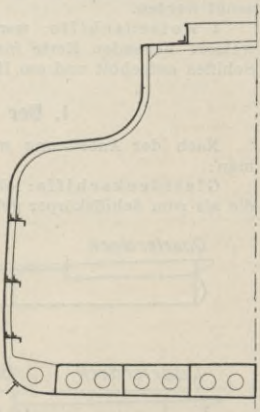


Fig. 314

Kofferdampfer (Trunksteamer) haben einen über die ganze Schiffslänge sich erstreckenden Aufbau auf dem Hauptdeck. Schiffsquerschnitt Fig. 313. Sie dienen zum Transport von Schüttgütern (Erzen etc.).

Turmdeckdampfer (Turretsteamer) haben eine ähnliche Querschnittsform wie Kofferdampfer, jedoch gehen die senkrechten

oder etwas geneigten Seitenwände des Aufbaues durch grofse Abrundungen (Fig. 314 in das Deck und dieses ebenso in die Seitenwände des Schiffes über.

2. Hauptabmessungen und Bezeichnungen.

Die Länge des Schiffes wird gewöhnlich entweder »zwischen den Perpendikeln« oder »in der Wasserlinie« gemessen. Nach den Vorschriften des Germanischen Lloyd geht das hintere Perpendikel durch den Schnittpunkt der Tiefladelinie mit der Vorderkante des Ruderstevens, das vordere Perpendikel durch den Schnittpunkt derselben mit der Hinterkante des Vorderstevens.

Die Breite wird an der breitesten Stelle des Schiffes über die Aufsenkante der Spanten gemessen.

Die Seitenhöhe wird in der Mitte der Schiffslänge gemessen und ist die senkrechte Höhe von Oberkante Kielplatte bis zur Oberkante der Hauptdecksbalken an der Seite des Schiffes.

Raumtiefe ist die Höhe von Oberkante Doppelboden oder Oberkante Bodenwrangen bis Oberkante Hauptdeckbalken in der Mitte des Schiffes gemessen.

Wasserverdrängung oder Deplacement ist das vom schwimmenden Schiff verdrängte Wasservolumen, also gleich dem Inhalt des Schiffskörpers unterhalb der Wasserlinie.

Das Gewicht des vom Schiff verdrängten Wasservolumens ist gleich dem Gesamtgewicht des Schiffes nebst Ladung etc.

Wasserlinie ist die Ebene, bis zu welcher das Schiff ins Wasser eintaucht, und man unterscheidet hierbei:

Geladene Wasserlinie: d. i. die Ebene, bis zu welcher das Schiff eintaucht, wenn es vollständig seefertig ausgerüstet und beladen ist.

Leichte Wasserlinie d. i. die Ebene, bis zu der das Schiff eintaucht, wenn es zwar seefertig ausgerüstet ist, jedoch keine Ladung enthält.

Tiefgang ist das Mafs von der jeweiligen Wasserlinie bis Unterkante Kiel. Er wird am Vorder- und Hintersteven gemessen — Tiefgang vorn bezw. hinten.

Tiefgangsmarken: Ziffern am Vorder- und Hintersteven, deren Unterkanten den Tiefgang in ganzen Zahlen angeben (engl. Fufs oder Dezimeter). Die Höhe der Ziffern ist 6 Zoll bezw. 10 cm, der Zwischenraum zwischen je zwei Ziffern ebenfalls 6 Zoll bezw. 10 cm.

Der mittlere Tiefgang ist das arithmetische Mittel aus beiden.

Trim heist die Lage des Schiffes der Länge nach. Derselbe (bezw. der Tiefgang des Schiffes vorn und hinten) kann durch Verschieben von Ladung, Füllen oder Entleeren von Ballast- oder Trimtanks verändert werden.

Ein Schiff liegt: gleichlastig, wenn der Tiefgang vorn und hinten gleich ist;

steuerlastig bezw. kopflastig, wenn der Tiefgang hinten gröfser als vorn ist bezw. umgekehrt.

Schlagseite hat ein Schiff, wenn es nach einer Seite geneigt liegt (Krängung).

Ladefähigkeit (Tragfähigkeit) ist das Gewicht der Ladung, welche das Schiff einnehmen kann, um von der leichten bis zur geladenen Wasserlinie einzusinken.

Tonnengehalt ist der Rauminhalt des Schiffes. Als Einheit dient die Registertonne = 100 cbf engl. = 2,83 cbm. Siehe auch »Schiffsvermessung« S. 278.

Dead weight Tonnage ist das Gewicht der Ladung in engl. tons bei normalem Tiefgang (1 ton = 1016 kg).

Freibord ist die Höhe des Hauptdecks über der geladenen Wasserlinie und zwar an der Seite des Schiffes in der Mitte seiner Länge gemessen.

Freibordmarke: Marke an der Seite des Schiffes, bis zu welcher das Schiff in beladenem Zustande einsinken darf.

Fig. 315

Englische Freibordmarke. (Fig. 315). (Für alle englischen, seegehenden Schiffe giltig.)

Es bedeutet:

FW Tiefladelinie für Süfswasser
IS Tiefladelinie für den Sommer in indischen Gewässern
S Tiefladelinie für den Sommer
W Tiefladelinie für den Winter
WNA Tiefladelinie für den Winter im Nordatlantischen Ozean.

Fig. 316

Die Freibordmarke der »Hamburg-Amerika-Linie« zeigt Fig. 316.

Die Freibordmarke der Seeberufsgenossenschaft zeigt Fig. 317. Bei dieser ist *FW* die Marke für Frischwasser, *S* bzw. *W* diejenige für Seewasser im Sommer bzw. im Winter. Ist die Marke für die große Küstenfahrt bestimmt, dann befindet sich innerhalb des Kreises oberhalb der Mittellinie noch der Buchstabe »*K*«.

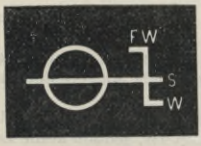


Fig. 317

3. Stabilität.

Stabilität ist die Fähigkeit eines Schiffes, aus einer geneigten Lage von selbst in die aufrechte Lage zurückzukehren.

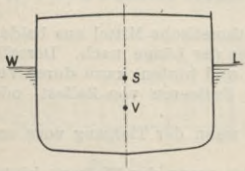


Fig. 318

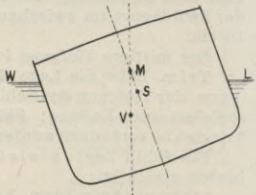


Fig. 319

Ist in Fig. 318 *WL* die Wasserlinie, *S* der Schwerpunkt des Schiffskörpers samt Ladung etc. (Gewichtsschwerpunkt) und *V* der Schwerpunkt des vom Schiff verdrängten Wasservolumens, dann liegen beide beim aufrechten Schwimmen des Schiffes senkrecht übereinander.

Wird das Schiff durch irgend eine Kraft geneigt, ohne dafs sich die Eintauchung (das Deplacement) vergröfsert, z. B. beim Rollen (Schlingern), dann bleibt meistens der Schwerpunkt *S* des Schiffskörpers in Bezug auf letzteren an derselben Stelle, während sich der Schwerpunkt *V* des verdrängten Wassers verschiebt (Fig. 319). Zieht man durch den Schwerpunkt *V* eine Senkrechte, so schneidet diese die durch den Schwerpunkt *S* gehende Mittellinie des Schiffes in einem Punkt *M*.

M wird das Metazentrum des Schiffes genannt.

Liegt das Metazentrum *M* über dem Schwerpunkt *S* des Schiffes, dann hat es das Bestreben, sich wieder aufzurichten. Kommt *M* hingegen unter den Punkt *S* zu liegen, dann kentert das Schiff.

Die Entfernung *SM* heifst die metazentrische Höhe. Diese ändert sich mit der Art der Ladung sowie auch der Menge und Verteilung des Wassers in den Ballasttanks. Durch spezifisch schwere Ladung in den unteren Schiffsräumen wird der Schwerpunkt *S* tiefer gelegt und umgekehrt, wodurch sich die Höhe des Metazentrums über dem Gewichtsschwerpunkt vergröfsert bezw. verkleinert.

4. Bauteile.

Die Materialstärken der einzelnen Bauteile werden nach den Vorschriften der Klassifikationsgesellschaften bemessen.

Die Aufsenhaut besteht aus längsschiff laufenden Flufseisenplatten, welche untereinander und mit den Spanten vernietet sind. Die Dichtung geschieht meist nur durch Verstemmen der Blechkanten.

Um die Längsschiffsfestigkeit möglichst grofs zu erhalten, werden die Aufsenhautplatten, welche mit dem Haupt- und Oberdeck zusammentreffen (Schergänge) besonders stark (eventuell verdoppelt) ausgeführt.

Spanten: aus ⌞- oder ⊔-Stahl, selten aus Z-Stahl, sind unten mit dem Kiel verbunden und reichen bis zum Oberdeck.

Gegenspanten heifsen diejenigen Winkeleisen, durch welche die nach innen liegenden Kanten der Spantwinkel und der Bodenwrangen versteift sind. Sie erstrecken sich meist über die ganze Länge der Spanten. Querschnitt siehe Fig. 320.

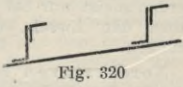


Fig. 320

Bodenstücke oder Bodenwrangen sind die durch aufrechtstehende Blechplatten verstärkten Spanten am Schiffsboden von Mitte Schiff bis in die Kimm reichend. Sie werden an der Oberkante mit Gegenspantwinkeln versteift und mit Erleichterungslöchern versehen, die bei Schiffen mit Doppelboden gleichzeitig als Passageöffnungen dienen.

Rahmenspanten sind besonders kräftige Spanten, welche bei gröfseren Schiffen in bestimmten Entfernungen an Stelle von gewöhnlichen Spanten eingebaut werden (besonders in Maschinen- und Kesselräumen); sie dienen zur besseren Versteifung der Aufsenhaut gegen den äufseren Wasserdruck.

Längsspanten: längsschifflaufende Plattenstreifen, welche senkrecht zur Aufsenhaut stehen und mit derselben vernietet sind. Sie werden bei Schiffen, welche nach dem sogen. Längsspanten-

system gebaut sind (meist Kriegsschiffe), angewendet. Die Spantdistanzen sind dann verhältnismäfsig grofs, ca. 1000 mm und mehr.

Kiel heifst die am Boden des Schiffes verlaufende Mittelrippe. Der sogenannte Flachkiel (Fig. 321) wird durch eine in der Mittellinie des Schiffes verlaufende, etwas stärkere Aufsenhautplatte gebildet, welche mitunter noch durch eine flachliegende Schiene oder eine Dopplungsplatte verstärkt wird. Der Balkenkiel (Fig. 321) besteht aus einer hochkant stehenden Flachschiene, welche unter dem Schiffsboden vorsteht und beiderseits mit den nach unten gekröpften Plattengängen der Aufsenhaut vernietet ist.

Fig. 321

Fig. 322

Mittelkielschwein ist der mittschiffs aufrechtstehende Träger, welcher entweder mit dem Kiel verbunden ist (Mittelkielplatte) (Fig. 322) oder oberhalb der Bodenwrangen liegt (Fig. 323) und mit diesen vernietet ist (Trägerkielschwein).

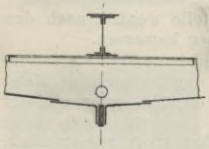


Fig. 323

Seitenkielschwein ist eine ähnliche Längsverstärkung wie das Mittelkielschwein, und zwar liegen je eines oder mehrere zu beiden Seiten des Mittelkielschweines; sie sind entweder auf den Bodenwrangen angebracht oder zwischen dieselben eingesetzt (Interkostal-Seitenkielschwein).

Schlingerkiele oder Kimmkiele (Fig. 324) sind aufsen an der Aufsenhaut in der Kimm angenietete Rippen, welche etwa über $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Schiffslänge (im mittleren Teil) reichen. Sie werden meist nur bei Schiffen mit flachem Kiel angebracht und haben den Zweck, die Schlingerbewegungen des Schiffes zu hemmen.

Vordersteven heifst die vordere, aufrechtstehende Fortsetzung des Kiels, meist eine Flachschiene, welche mit den Aufsenhautplatten vernietet ist.

Hintersteven heifst die aufrechtstehende, mit dem Kiel verbundene Schiene des Hinterschiffes, an der bei Raddampfern oder Doppelschraubendampfern das Ruder befestigt ist.

Bei Einschraubenschiffen dreht sich die Schraube im sogen. Schraubenrahmen, von dem der vordere vertikale Teil mit Schraubensteven, der hintere mit Rudersteven bezeichnet wird. Da letzterer unten nur durch einen horizontalen Teil mit dem Schraubensteven bezw. dem Kiel verbunden ist, so sind beide bei Grundberührungen leicht Beschädigungen ausgesetzt. Bei umgelegtem Ruder erfährt dieser horizontale Teil auch seitliche Biegungsbeanspruchungen.

Die Decks: Durch diese wird der Schiffsraum der Höhe nach geteilt. (Fig. 324.)

Hauptdeck ist nach den Vorschriften des Germ. Lloyd bei Volldeckschiffen das oberste, bei Spardeck-, Turmdeck-, Kofferdeck- und Sturmdeckschiffen das zweite Deck von oben gerechnet.

Oberdeck: bei grofsen Schiffen das über dem Hauptdeck befindliche Deck.

Darüber folgen dann je nach der Gröfse des Schiffes: Sturmdeck; Salondeck, Promenadendeck, Sonnendeck.

Ferner vom Hauptdeck nach unten: Zwischendeck, Unterdeck, Orlopdeck und Raumdeck.

Von mittschiffs nach vorn und hinten steigen die Decks etwas an (Sprung des Decks), damit überkommendes Wasser leicht nach der Mitte hin abfliefsen kann.

Deckstringer heifsen die an die Aufsenhaut stofsenden Plattengänge jedes Decks; sie sind durch Winkel (Stringerwinkel) mit der Aufsenhaut und mit den Spanten verbunden.

Fig. 324

Decksbalken. Diese laufen, wenn sie nicht durch Luken etc. unterbrochen werden müssen, von einer Schiffsseite zur andern. Die Balken sind entweder ungleichschenklige L-Eisen, Wulst-T-Eisen oder U-Eisen. Sie sind fast immer in der Mitte nach oben gewölbt, damit das auf Deck kommende Wasser leicht nach den Seiten hin abfliefsen kann (Decksbucht). Die Raumbalken, welche kein Deck tragen, werden gerade gelassen.

Doppelboden heifst die Abdeckung der Bodenwrangen, welche meist bis in die Kimm (Übergang aus dem Schiffsboden in die Schiffsseiten) reicht und dort mit der Aufsenhaut wasserdicht verbunden ist. Er erstreckt sich entweder über den gröfsten Teil der Schiffslänge oder ist nur auf einen Teil derselben, z. B. Maschinen- und Kesselraum, beschränkt. Er dient zur Sicherung des Schiffes bei Grundberührungen und wird zur Aufnahme von Seewasser als Ballast oder von Süfswasser als Kesselspeisewasser etc. benutzt. Zu diesem Zweck ist er durch wasserdichte Bodenwrangen und das wasserdichte Mittelkielschwein in einzelne Zellen geteilt.

Brunnen sind Räume (*a*) des Doppelbodens (Fig. 312), welche durch zwei wasserdichte Bodenwrangen abgegrenzt werden und in welchen sich das Bilgewasser ansammelt. Es gelangt meist durch sich nach innen öffnende Klappen, welche in den Längsseiten angebracht sind, aus den Seitengräben in diese Räume und wird durch die Lenzpumpen nach Aufsenbord geschafft. Die Klappen haben den Zweck, das Eindringen von Seewasser in den Schiffsraum zu verhindern, wenn die Aufsenhaut im Bereich des Brunnens verletzt wird.

Schotte sind wasserdichte Quer- oder Längswände; sie dienen zur Erhöhung der Sicherheit bei Verletzungen der Aufsenhaut und zur Versteifung des Schiffskörpers. Sie reichen vom Doppelboden bezw. vom Boden bis zum Hauptdeck oder dem Oberdeck.

Alle Schiffe besitzen in einiger Entfernung vom Vordersteven ein sogen. »Kollisionsschott«. Ferner sind Kessel- und Maschinenräume immer vom übrigen Teil des Schiffsraumes und bei gröfseren Schiffen auch voneinander durch wasserdichte Schotten getrennt.

Am hinteren Ende des Wellentunnels befindet sich das sogen. Stopfbüchsenschott.

Bei grofsen Schiffen mit zwei Maschinen wird häufig der Maschinenraum durch ein Längsschott getrennt. Besitzen die Schotte Kommunikationsöffnungen in den Maschinen- und Kesselräumen, dann müssen dieselben durch wasserdichte Türen vom Oberdeck aus mittels Gestänge geschlossen oder geöffnet werden können (Falltüren, Schiebetüren). Neuerdings werden auch mitunter hydraulische Vorrichtungen zum Öffnen bezw. Schliefsen der Türen angeordnet, welche von der Kommandobrücke aus bedient werden können.

Nach den Vorschriften des Germanischen Lloyd werden die wasserdichten Schotte so verteilt, dafs je nach der Art und Gröfse des Schiffes ein bis zwei nebeneinander liegende Räume voll Wasser laufen können, ohne dafs das Schottendeck (bis zu dem die Schotte reichen) unter Wasser zu liegen kommt.

Um dem event. auftretenden Wasserdruck widerstehen zu können, werden die Schotte durch vertikale und horizontale Γ-Eisen oder Träger etc. verstärkt.

5. Wasserballast.

Dieser hat den Zweck, das Schiff im unbeladenen Zustande auf einen gröfseren Tiefgang zu bringen (für die Schraube oder zur Verminderung der über Wasser befindlichen, dem Winde Widerstand bietenden Fläche) oder auch, um dem Schiffe eine gröfsere Stabilität zu geben.

Zur Aufnahme von Wasserballast dient entweder der Doppelboden oder ein sogen. hoher Ballasttank. Letzterer wird bei Frachtdampfern durch das vordere Kesselraumschott und ein zweites weiter nach vorn zu angebrachtes Querschott gebildet, die beide entsprechend verstärkt sind. Die Ladeluke im Deck kann durch einen eisernen Deckel wasserdicht verschraubt werden. Der Tank ist meist durch ein wasserdichtes Langschott geteilt. Wird der Raum nicht als Ballasttank benutzt, dann kann derselbe als Laderaum verwendet werden.

Als Trimmtanks werden häufig die Räume vor dem Kollisionsschott und hinter dem Stopfbüchsenschott verwendet. Sie dienen dazu, dem Schiff erforderlichenfalls den richtigen Trimm zu geben, was durch Füllen oder Entleeren des einen oder andern Tanks geschieht.

Das Füllen der Doppelbodenzellen geschieht durch die Ballastleitung durch Auflaufen von aufsenbords, bei den hohen Ballasttanks durch Aufpumpen mittels der im Maschinen- oder Kesselraum aufgestellten Ballastpumpe.

Das Entleeren der Ballasttanks geschieht durch dieselbe Rohrleitung durch Auspumpen.

6. Einfluſs der Schraube auf das Steuern des Schiffes.

Die Schraubenflügel finden bei ihrer Drehung im Wasser nicht überall den gleichen Widerstand. Ist das Schiff in Fahrt, dann finden die Flügel in dem oberhalb der Wellenmitte bezw. in der Nähe des Schiffskörpers befindlichen Wasser einen gröſseren Widerstand als in den tieferliegenden Wasserschichten. Dies rührt daher, daſs dieses Wasser eine nach vorn gerichtete Geschwindigkeit besitzt (vom Schiff mitgerissen).

Daraus folgt, daſs bei Einschraubenschiffen mit rechtsgängiger Schraube bei Vorwärtsfahrt die Schraube das Schiff hinten nach *BB*, den Bug also nach *StB* dreht. Damit das Schiff geraden Kurs hält, muſs daher das Ruder etwas nach *BB* übergelegt werden.

Ist das Schiff in Ruhe, während die Schraube vorwärts arbeitet dann dreht sich das Schiff hinten nach *StB*, der Bug also nach *BB*, da die Schraubenflügel in diesem Falle unten einen gröſseren Widerstand erfahren als oben nahe unter der Wasseroberfläche.

Wird bei Vorwärtsfahrt die Maschine plötzlich auf »Rückwärts« umgesteuert, dann dreht sich das Schiff hinten nach *BB*, der Bug also nach *StB*, weil die Schraubenflügel hierbei unten einen gröſseren Widerstand finden als oben.

Bei linksgängiger Schraube treten in allen Fällen die entgegengesetzten Erscheinungen auf. Bei Doppelschraubendampfern heben sich die seitlichen Wirkungen der Schrauben auf, wenn sich beide mit gleichen Umdrehungszahlen und in entgegengesetzten Richtungen drehen.

7. Schiffsschwingungen.

Man unterscheidet sogen. Transversalschwingungen, bei denen der Schiffskörper ähnliche Biegungen erfährt wie ein federnder prismatischer Stab, und sogen. Torsionsschwingungen, bei welchen der Schiffskörper elastische Verdrehungen um seine Längsachse erfährt.

Die Schwingungen werden verursacht:

1. Durch die Maschine: d. h. durch die auf und ab bewegten Gestängemassen: Kolben, Kolbenstange u. s. w., welche Beschleunigungsdrücke hervorrufen, die bestrebt sind, das Schiff bei jeder Umdrehung einmal zu heben und zu senken. Ihr Einfluſs hängt nicht von der Leistung der Maschine ab, sondern nur vom Gewicht und der Geschwindigkeit der Gestängemassen. Die durch sie hervorgerufenen Kräfte ändern sich mit dem Quadrat der Umdrehungszahl der Maschine.

Bei Mehrzylindermaschinen treten ferner noch sogen. Kippmomente auf, d. h. Kräfte, welche bestrebt sind, das eine Ende der Maschine zu heben und gleichzeitig das andere zu senken.

Bei solchen Maschinen, deren Gestängegewichte ausbalanciert sind, z. B. nach Patent Schlick, gleichen sich die oben erwähnten Kräfte in der Maschine selbst aus, so daſs sie keine Schwingungen des Schiffskörpers hervorrufen können (vergl. S. 136).

2. Durch die Schraube. Da die einzelnen Schraubenflügel bei ihrer Drehung verschieden groſse Widerstände oben und unten im Wasser bezw. in der Nähe und weiter ab vom Schiffskörper erfahren, so sind die hierdurch auftretenden seitlich wirkenden

Kräfte bestrebt, das Schiff in Schwingungen zu versetzen. Die Wirkung der Schraubenflügel wird auch um so stärker, je gröfser die Unterschiede in den Steigungen der einzelnen Flügel sind.

Ferner wirft jeder Schraubenflügel, während er den Rudersteven oder die Aufsenhaut passiert, die von ihm bewegte Wassermasse gegen das Ruder bezw. gegen die Aufsenhaut, wodurch ebenfalls Schwingungen verursacht werden.

Diese Erscheinungen treten um so heftiger auf, je näher die einzelnen Stöfse mit der natürlichen Schwingungszahl des Schiffskörpers zusammenfallen (kritische Umdrehungszahl der Maschine).

Auch treten die einzelnen Stöfse bei Schrauben mit drei oder zwei Flügeln heftiger auf als bei solchen mit vier Flügeln und ferner bei Schrauben von grofsem Durchmesser und verhältnismäfsig geringer Umdrehungszahl mehr als bei kleinen und rasch laufenden Schrauben.

Besonders heftig werden die Beanspruchungen des Hinterschiffes, wenn ein Schraubenflügel verloren geht, weil dann die durch das Wasser verursachten Kräfte noch ungleichmäfsiger werden und aufserdem die Zentrifugalkraft der dann nicht ausbalancierten Schraube mitwirkt.

XI. Teil.

Nautik.

I. Kompafs.

Unter dem Kurs eines Schiffes versteht man den Winkel, welchen die Kielrichtung mit der Nord-Südrichtung bildet. Zu seiner Bestimmung dient der Kompafs. Er besteht gewöhnlich aus einer Anzahl von Magnetstäben, welche einander parallel unterhalb der Rose, einer Scheibe, die eine Einteilung nach Strichen und Graden trägt (vergl. die Weltkarte), befestigt sind. Ein Strich ist der 32. Teil der ganzen Umdrehung, also gleich $11^1/_4$ Grad. Die Rose mit den Magneten dreht sich in der Horizontalebene auf der Spitze der Pinne, eines Stiftes, welcher in der Mitte des kupfernen Gehäuses befestigt ist. Im Innern des oben mit Glas verschlossenen Gehäuses ist ein vertikaler Strich, welcher mit der Pinne in einer zur Kielrichtung parallelen Ebene liegt, der Steuerstrich. Der Kompafs soll einer Ablenkung aus seiner Ruhelage möglichst grofsen Widerstand entgegensetzen und, wenn er aus ihr abgelenkt ist, leicht und schnell wieder in sie zurückkehren. Diese Eigenschaften der Ruhe und der Empfindlichkeit erzielt man durch grofses magnetisches Moment, geringes Gewicht, Schwerpunktslage unter dem Drehpunkt und durch grofses und für alle Drehachsen gleiches Trägheitsmoment. Letzteres erfordert die Verwendung von einem oder mehreren Magnetpaaren, welche unter der Rose in bestimmter Weise befestigt sind (bei zwei Magneten z. B. müssen die Verbindungslinien zwischen dem Mittelpunkte der Rose und den Magnetpolen mit der Nord-Südrichtung der Rose einen Winkel von 30° bilden; bei vier symmetrisch zur Nord-Südlinie angebrachten Magneten müssen diese Winkel für die inneren 15°, für die äufseren 45° betragen).

Grofses Gewicht der Rose vermehrt die Reibung auf der Pinne und vermindert daher die Empfindlichkeit. Beim Trockenkompafs werden die verlangten Eigenschaften, besonders die Empfindlichkeit durch möglichst leichtes Material und leichte Verbindungen (Seide, Papier, Aluminium) sowie kleine Magnete erreicht. Der Fluidkompafs, bei welchem die mit einem Schwimmer versehene Rose in einem mit Weingeist gefüllten Kessel schwingt, hat schwere Magnete, deren Druck auf die Pinne aber durch den Auftrieb des Schwimmers bis auf 5—7 g vermindert wird; die Flüssigkeit bewirkt ferner eine gleichmäfsige Übertragung der Stöfse des Schiffes auf die ganze Rose, weshalb sich diese Konstruktion durch besondere Ruhe auszeichnet.

Der Winkel, welchen die Gesichtslinie nach einem Gegenstande mit der Nord-Südrichtung bildet, heifst die Peilung des Gegenstandes. Zur Bestimmung derselben mufs wenigstens einer der Kompasse mit einer Visiereinrichtung versehen sein, die um eine

vertikale, mit der Pinne konzentrische Achse drehbar ist; man bezeichnet diesen als Peilkompafs. Das Kompafsgehäuse ist kardanisch aufgehängt, das heifst es kann sich um zwei in die Längs- bezw. Querrichtung fallende horizontale Achsen drehen, die mit der Spitze der Pinne in einer Ebene liegen.

Die Magnetnadel zeigt, auch wenn sie von störenden Eisenmassen nicht beeinflufst ist, gewöhnlich nicht nach dem wahren oder astronomischen Norden; diese Abweichung nennt man östliche oder westliche Mifsweisung oder Deklination (auch Variation), je nachdem sich das Nordende der Nadel östlich oder westlich von der astronomischen Nord-Südlinie einstellt. Verbindet man die Punkte gleicher Mifsweisung auf einer Erdkarte, so erhält man Linien, die als Isogonen bezeichnet werden. Da sich die Mifsweisung an demselben Orte mit der Zeit periodisch ändert, so gibt das Reichsmarineamt von Zeit zu Zeit neue Karten mit »Linien gleicher magnetischer Deklination« heraus.

Die Mifsweisung ist auf dem gröfsten Teile des Stillen Ozeans östlich, auf dem gröfsten Teile des Atlantischen und des Indischen Ozeans westlich

Der Erdmagnetismus macht durch Induktion die auf dem Schiffe befindlichen Eisenmassen ebenfalls magnetisch; dadurch erfährt die Magnetnadel eine Ablenkung aus der magnetischen Nord-Südlinie, welche Deviation heifst und welche sich auch mit dem Kurs des Schiffes ändert. Dieselbe wird durch die Kompensation des Kompasses, d. h. dadurch, dafs man in seiner Nähe Stabmagnete und Kugeln aus weichem Eisen anbringt, bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen. Die Mifsweisung einschliefslich der Deviation wird auf der Fahrt täglich ein- oder mehrere Male durch Peilung von Gestirnen in der Nähe des Horizontes bestimmt.

Dynamomaschinen sollen wenigstens 10 m, Scheinwerfer wenigstens 8 m von den Kompassen entfernt sein. Gut isolierte elektrische Leitungen, bei welchen Hin- und Rückleitungsdrähte dicht beisammen liegen, üben keinen Einflufs aus. Einzelne Leitungsdrähte müssen 5 m entfernt bleiben. Wechselströme scheinen die Kompasse unbeeinflufst zu lassen.

2. Log.

Die Zahl der in einer Stunde zurückgelegten Seemeilen heifst die Fahrt des Schiffes. Einem Wege von 1 Seemeile = 1852 m in der Stunde entsprechen $\frac{1852}{60 \cdot 60} = 0{,}514$ m in der Sekunde, daher ist die Fahrt ungefähr gleich der Anzahl der halben Meter, welche das Schiff in einer Sekunde zurücklegt. Wenn man sich also auf dem Schiffe die Entfernung e parallel zur Kielrichtung markiert und die Zeit t beobachtet, welche ein im Wasser schwimmender Körper braucht, um die Entfernung e zu passieren, so ist $\frac{e}{0{,}514 \cdot t}$ die Fahrt des Schiffes in Seemeilen pro Stunde.

Zur Bestimmung der Fahrt dient das Log. Die Leine, an welcher das Logscheit hängt, ist so gemarkt, dafs die Anzahl der Teile, welche während einer bestimmten Zeit ausläuft, gleich der Zahl der in der Stunde zurückgelegten Seemeilen ist. Gewöhnlich ist die mittels Sanduhr zu messende Zeit 14 Sekunden. Dement-

sprechend ist der Abstand der Marken, die Knotenlänge, $14 \cdot 0{,}514 = 7{,}202$ m. Bei dem Patentlog wird der vom Schiffe zurückgelegte Weg gemessen durch die Zahl der Umdrehungen, welche eine nachgeschleppte kleine Schraube macht. (Decklog von Haecke bei der kaiserlichen Marine.)

3. Lot.

Die Wassertiefe wird mittels des Lotes gemessen. Für geringe Tiefe wird das Handlot an einer in gewissen Abständen gemarkten Hanfleine benutzt. Am Boden des Lotes ist eine mit Talg gefüllte Aushöhlung, in welcher sich eine Probe des berührten Grundes eindrückt. Wenn das Schiff beträchtliche Fahrt hat, benutzt man die Thomsonsche Lotmaschine. Mit dem Lote wird eine unten offene, innen mit rotem Chromsilber belegte Glasröhre an einem galvanisierten Draht bis auf den Grund gelassen. Entsprechend dem Wasserdrucke dringt das Seewasser in die Röhre und entfärbt den Belag. Wird die wieder heraufgeholte Röhre an einem dazu konstruierten Maſsstabe angelegt, so kann an der Stelle, wo der rote Belag aufhört, die Tiefe, bis zu welcher das Lot hinabkam, abgelesen werden. Die Lotmaschine wird in der Bambergschen Konstruktion bis zu 180 m Wassertiefe verwendet.

4. Breite und Länge.

Die Erdachse schneidet die Erdoberfläche in den Polen, dem Nordpol N und den Südpol S; eine zur Erdachse NS senkrechte Ebene durch den Erdmittelpunkt O schneidet die Erdoberfläche in einem gröſsten Kreis AQ, dem Äquator; dieser teilt die Erde in eine nördliche und eine südliche Halbkugel. Jede durch die Erdachse gelegte, also zum Äquator senkrecht stehende Ebene schneidet die Erdoberfläche in einen gröſsten Kreis, dessen Hälfte von Pol zu Pol Meridian heiſst. Der durch die Sternwarte in Greenwich (bei London) gelegte Meridian heiſst der Nullmeridian. Die zum Äquator parallelen Kreise nennt man Breitenkreise oder Parallelkreise.

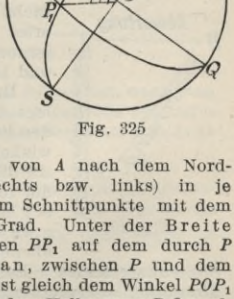


Fig. 325

Man teilt den Äquator vom Schnittpunkt A mit dem Nullmeridian an nach Osten und Westen (für einen von A nach dem Nordpol schauenden Beobachter nach rechts bzw. links) in je 180 Grad; jeden Meridian teilt man vom Schnittpunkte mit dem Äquator an nach N und S in je 90 Grad. Unter der Breite eines Ortes P versteht man den Bogen PP_1 auf dem durch P gehenden Meridian, dem Ortsmeridian, zwischen P und dem Äquator, gemessen in Gradmaſs; dieser ist gleich dem Winkel $POP_1 = \varphi$ zwischen dem Halbmesser PO und dem Halbmesser P_1O nach dem Schnittpunkte des Ortsmeridians mit dem Äquator. Unter der Länge eines Ortes P versteht man den Bogen AP_1 des Äquators zwischen dem Nullmeridian und dem Ortsmeridian, gemessen

in Gradmafs; er ist gleich dem $\sphericalangle AOP_1 = \sphericalangle BO_1P = \lambda$ zwischen den Ebenen des Nullmeridians und des Ortsmeridians.

Alle Orte auf demselben Meridian haben die gleiche geographische Länge, alle Orte auf demselben Parallelkreis haben die gleiche Breite.

Da das Meter der zehnmillionste Teil eines Meridianbogens von 90° (zwischen dem Äquator und dem Pol) ist, so hat ein Meridianbogen von 1° die Länge $\frac{10\,000\,000}{90}$ m = 111,11 km; einer Meridianminute und damit einer Breitenminute entspricht also eine Länge von $\frac{111{,}11}{60} = 1{,}852$ km; diese Länge von 1852 m heifst eine Seemeile. Da man für nautische Zwecke im allgemeinen die Erde als Kugel auffassen kann, so kann auch die Länge einer Minute auf dem Äquator als 1 Sm. angenommen werden.

Die Bogen der Parallelkreise zwischen denselben 2 Meridianen haben zwar ein und dieselbe Gröfse im Gradmafs, ihre Längen nehmen aber mit zunehmender Breite ab und zwar wie die cos der Breite (da $PO_1 = PO \cos \varphi$ ist). Zwei Orte B und P vom Längenunterschied λ, welche auf demselben Parallelkreis von der Breite φ liegen, haben also eine Entfernung von $\lambda \cos \varphi$ Sm.; diese Entfernung heifst Abweitung. Umgekehrt ist der Längenunterschied = Abweitung : cos φ. Z. B.: Wenn ein Schiff von 50° 30′ n. B. und 30° 10′ w. L. rechtweisend W 170 Sm. fährt, so ist die Abweitung 170 Sm., daher die gutgemachte Länge 170 : cos 50° 30′ = 170 : 0,636 = 267,3′ = 4° 27,3′; die erreichte Länge ist demnach 34° 37,3′ W.

5. Terrestrisches Besteck.

Unter Besteck versteht man die Angabe des Schiffsortes nach Breite und Länge.

Wenn man aufser Sicht einer bekannten Küste ist, kann man denselben entweder durch astronomische Beobachtungen — astronomisches Besteck oder durch die terrestrische Besteckrechnung finden; in letzterem Falle sucht man aus Breite und Länge des Ausgangsortes sowie aus den zurückgelegten Entfernungen und den Kursen die erreichte Breite und Länge.

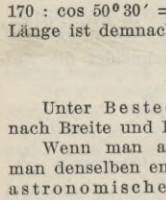


Fig. 326

Hat man 2 Orte A und B auf der Erde und legt man durch A den Meridian AC, durch B den Parallelkreis BC, so ist dadurch ein rechtwinkeliges Dreieck ABC bestimmt, in welchem AB die Entfernung beider Orte und $\sphericalangle BAC = w$ der rechtweisende Kurswinkel ist; dieses Dreieck heifst Kursdreieck. Falls AB kleiner als etwa 300 Sm. ist, kann man dasselbe noch als ebenes Dreieck behandeln. Dann ist

Breitenunterschied = Entfernnug $\times$ cos w = Abweitung $\times$ cotg w;
Abweitung = Entfernung $\times$ sin w = Breitenunterschied $\times$ tg w;
tg w = Abweitung : Breitenunterschied.

Um die Abweitung in Minuten Längenunterschied zu verwandeln, hat man sie mit dem cos des Mittels der Breiten von A und B zu dividieren. Z. B.: Ein Schiff ist vom Kap Lizard

49° 57,7′ n. B. und 5° 12,0′ w. L. rechtweisend 110 Sm. nach *SSW* gefahren; welche Breite und Länge hat es erreicht?

Breitenunterschied $= 110 \cdot \cos 22^0 30' = 110 \cdot 0{,}924 = 101{,}6' = 1^0 41{,}6'$
verlassene Breite $= 49^0 57{,}7\ N$
gutgemachte Breite $= 1^0 41{,}6\ S$
erreichte Breite $= 48^0 16{,}1'\ N$
Mittelbreite $= (49^0 57{,}7' + 48^0 16{,}1') : 2 = 49^0 6{,}9' N$
Abweitung $= 110 \cdot \sin 22^0 30' = 110 \cdot 0{,}384 = 42{,}1$ Sm.
Längenunterschied $= 42{,}2 : \cos 49^0 6{,}7' = 42{,}2 : 0{,}655 = 64{,}4' = 1^0 4{,}4'\ W$
verlassene Länge $= 5^0 12{,}0'\ W$
gutgemachte Länge $= 1^0\ 4{,}4\ W$
erreicht. Länge $= 6^0 16{,}4\ W$

Die in den nautischen Hilfstafeln befindlichen »Gradtafeln« und »Strichtafeln« geben zu jedem Kurs die Breitenunterschiede und Abweichungen für Entfernungen von 1 bis 300 Sm.; dadurch werden die Rechnungen beim Koppeln der Kurse und Entfernungen, die im Etmal, d. h. im Zeitraume von einem Mittag bis zum nächstfolgenden, gesegelt wurden, wesentlich vereinfacht.

6. Horizont.

Die Verbindungslinie eines Ortes P mit dem Erdmittelpunkte Fig. 327, welche mit der Richtung des Lotes in P zusammenfällt, heifst die Vertikale; sie trifft das scheinbare Himmelsgewölbe in zwei Punkten, von denen der in P sichtbare Z Zenit, der unsichtbare Z' Nadir heifst (Fig. 328). Der scheinbare Horizont ist eine durch das Auge des Beobachters in P gelegte, zur Vertikalen senkrechte Ebene PH (Horizontalebene). Der natürliche Horizont oder die Kimm ist die Kreislinie RR', welche den vom Beobachter in P überblickten Teil der Meeresfläche begrenzt. Der wahre Horizont von P ist die durch den Erdmittelpunkt parallel zum scheinbaren Horizont PH gelegte Ebene JK. Der Abstand der Kimm, d. h. die Länge PR wächst, wenn man sich über die Meeresfläche erhebt. Ist $PQ = h$ die Höhe des Auges über dem Meeresspiegel in m, so ist der Abstand der Kimm vom Auge

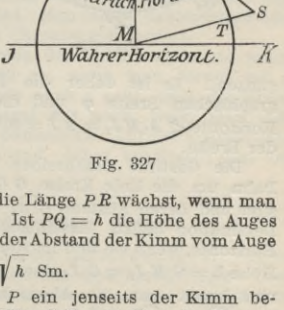


Fig. 327

$$PR = 2{,}08 \sqrt{h} \text{ Sm.}$$

Erscheint dem Beobachter in P ein jenseits der Kimm befindlicher Gegenstand S von der Höhe $ST = h'$ über der Meeresfläche eben in der Kimm, so ist $RS = 2{,}08 \sqrt{h'}$ Sm. Daher ist der Abstand $PS = 2{,}08 \left(\sqrt{h} + \sqrt{h'}\right)$. Sieht z. B. ein Beobachter in 9 m Augeshöhe ein 100 m über dem Meeresspiegel befindliches Leuchtfeuer gerade in der Kimm, so ist dessen Abstand $2{,}08 \left(\sqrt{9} + \sqrt{100}\right) = 2{,}08\ (3 + 10) = 27$ Sm.

Der $\sphericalangle H P R = \varkappa$, um welchen ein Seestrahl nach der Kimm tiefer liegt als der scheinbare Horizont, heifst Kimmtiefe; sie ist $\varkappa = 1{,}78 \sqrt{h}$ Minuten. Die Ablenkung, welche die Lichtstrahlen auf ihrem Wege durch die Luft erfahren, heifst Strahlenbrechung (Refraktion); sie bewirkt, dafs Gestirne und entfernte Gegenstände eine gröfsere Höhe über dem Horizonte zu besitzen scheinen, als sie wirklich haben; sie wechselt mit dem Drucke und der Temperatur der Luft, daher sind auch Kimmtiefe und Kimmabstand nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen.

7. Astronomisches Besteck.

Die verlängert gedachte Erdachse schneidet das Himmelsgewölbe in den Weltpolen N_1 und S_1 Fig. 328. Erweitert man die Ebene des Äquators, des wahren Horizonts und des Meridians eines Ortes, so schneiden sie das Himmelsgewölbe in gröfsten Kreisen, $A_1 Q_1$, $J_1 K_1$, $A_1 N_1 Q_1 S_1$, welche ebenfalls Äquator, Horizont und Meridian heifsen.

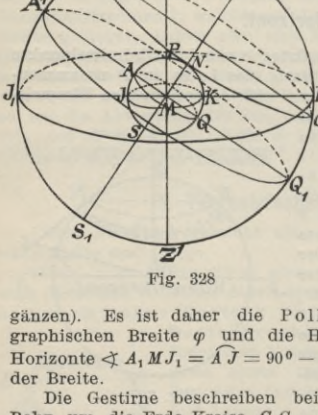


Fig. 328

Ein Beobachter am Äquator hat die Pole im Horizont; während er nach N wandert, hebt sich der Pol N_1 über den Horizont; befindet er sich unter der geographischen Breite $PMA = \widehat{AP} = \varphi$, so hat der Pol die Höhe $N_1 M K_1 = \widehat{N_1 K_1}$ über dem Horizonte, welche gleich PMA ist (da beide den $\sphericalangle Z M N_1$ zu 90^0 ergänzen). Es ist daher die Polhöhe $N_1 K_1$ gleich der geographischen Breite φ und die Höhe des Äquators über dem Horizonte $\sphericalangle A_1 M J_1 = \widehat{AJ} = 90^0 - \varphi$, also gleich dem Komplement der Breite.

Die Gestirne beschreiben bei ihrer scheinbaren täglichen Bahn um die Erde Kreise $G G_1$, welche parallel zum Äquator sind und deren Abstand $\widehat{GA_1}$ vom Äquator Abweichung oder Deklination heifst. Sie haben ihre gröfste Höhe $G J_1$ über dem Horizonte, wenn sie sich im Meridian befinden. Mifst man nun die Höhe $h = G M J_1 = \widehat{GJ_1}$ eines Gestirnes, wenn sie am gröfsten ist, und kennt man die Abweichung $\widehat{A_1 G} = \delta$ derselben, so ist $h = \widehat{GA_1} + \widehat{A_1 J_1} = \delta + (90 - \varphi)$; daraus ergibt sich die Breite $\varphi = 90 + \delta - h$.

Die Sonne umkreist scheinbar innerhalb 24 Stunden einmal die Erde; sie kommt dabei einmal in den Meridian jedes Ortes; für alle Orte, welche auf demselben Meridian liegen, also dieselbe Länge haben, erreicht sie zur selben Zeit ihre gröfste Höhe; sie haben also zur nämlichen Zeit Mittag. Da die Sonne die 360^0 einer ganzen Umdrehung in 24 Stunden zurücklegt, so legt sie in

1 Stunde 15 Grad, in 1 Zeitminute 15 Bogenminuten, in 1 Zeitsekunde 15 Bogensekunden zurück. Von zwei Orten, welche einen Längenunterschied von 15° haben, hat also der westlichere erst 11 Uhr vormittags, wenn der östlichere bereits Mittag hat. Häufig wird die Länge statt in Gradmafs durch den Zeitunterschied gegen Greenwich-Zeit gegeben.

Verfügt man über ein Chronometer, welches genau nach Greenwicher Zeit geht, so gestaltet sich die Bestimmung der Länge eines Ortes folgendermafsen. Man mifst die Höhe der Sonne über der Kimm und liest gleichzeitig das Chronometer ab. Aus dem nautischen Jahrbuch[1]) kann man für jeden Augenblick die Deklination der Sonne entnehmen. Ist nun die Breite bekannt, so kann man aus der gemessenen (und wegen Kimmtiefe, Strahlenbrechung u. s. w. berichtigten) Höhe, aus der Deklination und der Breite die Ortszeit des Augenblickes der Beobachtung berechnen. Der Unterschied zwischen der so gefundenen Ortszeit und der auf dem Chronometer abgelesenen Greenwich-Zeit gibt sofort den Längenunterschied in Zeit, der dann durch Multiplikation mit 15 in Bogenmafs umgewandelt werden kann.

Die zur Zeitbestimmung erforderliche Höhenmessung mufs vormittags oder nachmittags vorgenommen werden, wenn sich die Höhe der Sonne rasch ändert, während die Breitenbestimmung gerade mittags stattfindet. Um nun Breite und Länge um Mittag zu erhalten, mufs die Versegelung zwischen beiden Beobachtungszeiten der Entfernung und dem Kurs entsprechend berücksichtigt werden.

Der Mond eignet sich zur Breiten- und Zeitbestimmung auf See weniger, weil er seinen Ort am Himmel rasch ändert. Dagegen ermöglicht gerade die letztere Eigenschaft die Methode der Längenbestimmung durch Monddistanzen, wobei aus dem Abstande des Mondes von der Sonne oder einzelnen Sternen auf die Greenwich-Zeit geschlossen wird. Man macht davon Gebrauch, wenn man kein richtig gehendes Chronometer besitzt.

(Auf der *N*-Halbkugel sagt man der Mond nimmt zu, wenn man aus seiner Sichel ein ☽, und ab, wenn man daraus ein a machen kann. Sobald man soweit nach *S* geht, dafs der Mond ins Zenit kommt, so gilt die Regel nur noch, wenn man den Mond mit dem Gesichte nach *S* betrachtet. Auf der *S*-Halbkugel betrachtet man ihn nach *N* schauend, daher kehrt sich dort die Regel um.)

8. Loxodrome und gröfster Kreis.

Auf See werden gewöhnlich Karten mit Merkatorprojektion benutzt; auf ihnen bilden die Meridiane und Parallelkreise zwei Systeme paralleler Linien, von denen das eine auf dem andern senkrecht steht. Die Meridiane haben überall den gleichen Abstand; die Parallelkreise rücken gegen die Pole zu immer weiter auseinander, derart dafs die Seiten des Rechteckes auf der Karte, welches ein Eingradfeld vorstellt, dasselbe Verhältnis haben, wie die Seiten des entsprechenden sphärischen Viereckes auf der Kugel. (Vgl. die Weltkarte, welche in Merkatorprojektion gezeichnet ist.)

[1]) Herausgegeben vom Reichsamt des Innern unter Leitung von Dr. C. Schrader, Preis 1,50 Mark.

Diejenige Linie, welche ein Schiff zurücklegt, das stets denselben rechtweisenden Kurs steuert, das also alle Meridiane unter demselben Winkel durchschneidet, heifst Loxodrome. Auf der Merkatorkarte stellt sich die Loxodrome als gerade Linie dar. Der Seemann fährt gerne auf der Loxodrome, weil er dann den von einem Orte zum andern zu steuernden rechtweisenden Kurs der Karte entnehmen kann, wenn er beide Orte durch eine Gerade verbindet. Die Loxodrome ist aber nicht die kürzeste Linie zwischen zwei Punkten auf der Kugel, sondern diese ist der durch beide Punkte gehende gröfste Kreis. Dieser stellt sich auf der Merkatorkarte als krumme Linie dar, welche ihre hohle Seite dem Äquator zuwendet. Die Fahrt auf dem gröfsten Kreise findet also mehr polwärts statt als auf der Loxodrome; bei ihr ist der Endkurs nicht einfach der Gegenkurs des Anfangskurses, sondern man hat am Orte mit der gröfseren Breite stets den gröfseren Kurswinkel; z. B. für die Fahrt Kap Clear (Irland) nach St. Johns (Neufundland) ist auf der Loxodrome der Kurs *S* 87° 2′ *W*, die Entfernung 1751 Sm.; auf dem gröfsten Kreise ist der Anfangskurs *N* 80° 7′ *W*, der Endkurs *S* 65° 8′ *W*, die Entfernung 1676 Sm. (Vergl. die Weltkarte.) Bei Fahrten, welche den Äquator schneiden, ist die Entfernung auf der Loxodrome nur wenig gröfser als auf dem gröfsten Kreise.

9. Wind und Wetter.

Die Gebiete niedrigen Luftdruckes heifsen barometrische Minima oder Cyklonen, diejenigen hohen Druckes barometrische Maxima oder Anticyklonen. Die Luft strömt von den Gebieten hohen Druckes nach denen niederen Druckes, wird dabei aber durch die Rotation der Erde auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt; sie bewegt sich daher in den Cyklonen um den Mittelpunkt des tiefsten Druckes in spiralförmigen Linien und zwar auf der südlichen Halbkugel in der Richtung des Uhrzeigers, auf der nördlichen in entgegengesetzter. In den Anticyklonen strömt die Luft aus dem Mittelpunkte des höchsten Druckes in Spiralen ab, auf der nördlichen Halbkugel im Sinne des Uhrzeigers, auf der südlichen in entgegengesetztem Sinne.

In der Nähe des Äquators, in den Stillen oder Kalmen steigt infolge der starken Erwärmung die Luft in die Höhe, wodurch starke Wolkenbildung und Regen verursacht wird, und fliefst dort gegen die Pole ab, während aus den ungefähr unter den 35. Breitegraden befindlichen Gebieten hohen Druckes wieder Luft zuströmt. Diese wird durch die Erdrotation nach Westen abgelenkt; so entsteht der NO-Passat auf der nördlichen, der SO-Passat auf der südlichen Halbkugel. Die Passate sind nur im Atlantischen und im Stillen Ozean schärfer ausgeprägt; ihre Grenzen wechseln mit den Jahreszeiten. Im Atlantischen Ozean befinden sich zwischen dem 25.° und 35.° n. Br. an der Nordgrenze des Passates die »Rofsbreiten«, ein Gebiet mit niedersteigender Luft und heiterem Wetter, in welchem im Sommer häufig lang andauernde Windstillen herrschen. Zwischen dem 30. und 60. Breitegrade herrschen vorwiegend westliche Winde,

auf der Südhalbkugel regelmäfsiger als auf der nördlichen, sie werden daher dort als brave Westwinde bezeichnet.

Im Indischen Ozean treten infolge der Verschiedenheit der Erwärmung der Land- und Wassermassen zwischen dem Äquator und dem nördlichen Wendekreis regelmäfsige Winde auf, welche Monsune heifsen: vom April bis Oktober der SW-, vom Oktober bis März der NO-Monsun.

Tagsüber erwärmt sich das feste Land rascher als die See, daher strömt die Luft von der See zum Lande, es weht Seebrise; des nachts kühlt sich die Luft über dem Lande wieder rascher ab, demgemäfs tritt die Landbrise auf. Diese lokalen Winde machen sich mit besonderer Regelmäfsigkeit an den tropischen und subtropischen Küsten bemerkbar, reichen aber nicht weit in die See hinein. Es mögen hier noch einige besondere Windbezeichnungen Platz finden:

Böen sind verhältnismäfsig kurz dauernde Windstöfse, welche gewöhnlich von Regen, Schnee oder Hagelschauern begleitet sind. Bora ist ein dem Föhn ähnlicher von der Höhe des Karstes herabkommender Fallwind an der dalmatinischen Küste. Pampero ist ein am La Plata häufig auftretender SW-Wind. Harmattan ist ein an der afrikanischen Westküste auftretender, aus der Wüste kommender O-Wind. Scirocco heifst in Italien ein heifser SO-Wind. Taifune heifsen die Stürme in der Chinesischen See. Tornados sind heftige Wirbelstürme von verhältnismäfsig geringer Ausdehnung, welche in den subtropischen Gebieten nicht selten auftreten.

10. Einflufs des Windes auf die Fahrt der Dampfer.

Bei Dampfern von mittlerer Maschinenstärke (ca. 16 Knoten Fahrt ist Mitwind (also recht von hinten bis 45° von beiden Seiten) ohne Einflufs auf die Fahrt, Querwind von geringer bis mäfsiger Stärke ist von geringem Einflufs; von Stärke 5 an (vgl. Nr. 13) wächst er und beeinträchtigt bei Stärke 8 die Fahrt um 2 Knoten. Gegenwind von recht vorne bis 45° rechts oder links hält den Dampfer schon von Stärke 4 an merklich, bei Stärke 8 etwa 5 Knoten zurück. (Untersuchung der Fahrten der »Werra« und »Fulda« von Dinklage.)

11. Wetterbezeichnung der Seewarte.

b klar (blue); c teilweise bewölkt (clouds); d Staubregen (drizzling); f neblig (foggy); g düster (gloomy); h Hagel (hail); l blitzen (lightening); m diesig (misty); o bedeckter Himmel (overcast); p Regenschauer (passing showers); q böig (squally); r stetiger Regen (rain); s Schnee (snow); t Donner (thunder); u drohend (ugly); v sehr durchsichtige Luft (visible); w Tau (wet). Unterstrichene Buchstaben bedeuten höhere Grade, h starker Hagel.

12. Wolkenformen.

Oberes Gewölk.

Cirrus (Cir.). Das sehr leichte Gewölk, welches wie Haare, Fäden oder Federn aussieht, »Windbäume« oder »Katzenhaar« genannt.

Cirro-cumulus (Cir-c.). Hochgehende Wolke, welche sich vom Cirrus durch ihre mehr kugelförmige Gestalt unterscheidet, »Schäfchenwolke«.

Cirro-stratus (Cir-s.). Streifenartige Cirrus.

Unteres Gewölk.

Stratus (Str.). Wolkenschicht von gleichförmiger Dicke, oft wie ein Streifen sich hebenden Nebels aussehend.

Cumulus (Cum.). Wolken, welche eine kugelförmige oder abgerundete Form haben; sie bilden oft lange, horizontale Wülste (Wulst-c.). Haufenwolken.

Cumulo-stratus Cum-s.). Eine Cumuluswolke, die an ihrem Grunde dunkel und flach ist und von horizontalen Linien dunklerer Wolken durchschnitten wird.

Nimbus (Nim.). Regenwolke.

Die Stärke der Bewölkung wird durch die Ziffern 0 bis 10 dargestellt; 0 bedeutet »keine Wolken«, 10 »ganz bedeckt«.

13. Windstärke nach Beaufort.

Sie ist charakterisiert durch die Segel, welche ein gutes Segelschiff noch eben führen könnte.

Bezeichnung	Segelführung	Geschwindigkeit d. Windes m/Sek	Sm/St	Druck kg/qm
0 Windstille . . .	Voll u. bei; alle Segel, kein Steuer	0—1,3	0	0—0,2
1 Leiser Zug . . .	Voll u. bei; alle Segel, eben Steuer	3,6	7,0	1,5
2 Schwacher Wind .	Voll u. bei; alle Segel, 1 bis 2 Kn. Fahrt . .	5,8	11,2	4,1
3 Leichter Wind . .	Voll u. bei; alle Segel, 3 bis 4 Kn. Fahrt . .	8,0	15,5	7,7
4 Mäfsiger Wind . .	Voll u. bei; alle Segel, 5 bis 6 Kn. Fahrt . .	10,3	20,0	12,6
5 Frischer Wind . .	Beim Winde; Oberbramsegel bei	12,5	24,2	18,9
6 Starker Wind . .	Beim Winde; Bramsegel bei	15,2	29,4	27,9
7 Harter Wind . .	Beim Winde; volle Marssegel bei	17,9	34,6	38,7
8 Stürmischer Wind	Beim Winde; gereffte Obermarssegel . . .	21,5	41,7	55,6
9 Sturm	Beim Winde; Untermarssegel	25,0	48,5	75,6
10 Starker Sturm . .	Beiliegend; Grofsuntermarssegel	29,1	56,4	102,5
11 Schwerer Sturm .	Beiliegend; Sturmstagsegel	33,5	65,0	135,7
12 Orkan	Beiliegend; ohne Leinwand	40,2	79,5	195,5

Zwischen 0 u. 3 stilles Wetter, zwischen 4 u. 7 windiges Wetter, zwischen 8 u. 12 stürmisches Wetter.

(Der Druck p auf 1 qm ebene Fläche senkrecht zur Windrichtung bei der Geschwindigkeit v ist berechnet nach der Formel $p = 0{,}122\ v^2$).

14. Seegang nach Beaufort.

0 vollkommen glatte See;
1 sehr ruhige See;
2 ruhige See;
3 leicht bewegte See (kleine Wellen);
4 mäfsig bewegte See (mäfsige Wellen);
5 ziemlich grobe See (ziemlich hohe Wellen);
6 grobe See (hohe Wellen);
7 hohe See (grofse Wellen);
8 sehr hohe See (sehr grofse Wellen);
9 gewaltig schwere See (grofse Wellenberge).

Die Höhe der Wellen (Höhenunterschied zwischen Wellenberg und Wellental) wird gewöhnlich überschätzt; die gröfsten Wellenhöhen der Nordsee betragen etwa 4 m, die des Mittelmeeres 4,5 m. Im Ozean sind Höhen über 7 m selten, 13 m werden wohl nicht überschritten. Die Wellenlänge (Abstand zweier Wellenberge) ist 25 bis 33 mal so grofs als die Wellenhöhe. Die Geschwindigkeit der Wellen beträgt 11 bis 12,5 m/Sek oder 21 bis 24 Sm/St.

15. Seewasser.

1000 g Seewasser enthalten 34 bis 39 g mineralische Bestandteile in Lösung; diese bewirken, dafs 1 l Seewasser 1024 bis 1028 g wiegt. Dampft man Seewasser ein, so enthalten 100 g des Rückstandes:

Chlornatrium (Kochsalz) 78,3 g, Chlormagnesium 9,5 g, Magnesiumsulfat (Bittersalz) 6,4, Calciumsulfat (Gips) 3,9 g, Chlorkalium 1,7 g, verschiedene andere Stoffe 0,2 g. In mehr oder weniger abgeschlossenen Binnenmeeren, in welche grofse Flüfse münden, ist der Salzgehalt geringer. In 1000 g Seewasser sind im Grofsen Belt bei Korsör an Rückständen noch 19 g, nördlich von Rügen 8,6 g, bei Kronstadt 1 g, im Schwarzen Meer 16 g. Dagegen hat man im Mittelmeer 37 bis 39 g, im Roten Meere 41 g.

16. Gezeiten.

Mond und Sonne bewirken durch ihre Anziehung täglich zweimal ein Steigen und ebenso oft ein Fallen des Meeresspiegels, die Gezeiten oder Tiden oder Ebbe und Flut. Da sich der Mond in 24 Std. 48 Min., die Sonne in 24 Std. 0 Min. einmal um die Erde dreht, so fallen die von beiden Gestirnen hervorgerufenen Gezeiten nur bei Vollmond und Neumond zusammen; sie summieren sich dann und bewirken die Springflut. Ist der Mond im 1. oder 3. Viertel, so subtrahieren sich Mondflut und Sonnenflut, so dafs der Spiegel nur wenig über bezw. unter Mittelwasser steigt und fällt; man hat dann taube Gezeiten. Die Zeit, zu welcher das Nachmittagshochwasser bei Voll- oder Neumond an einem Orte eintritt, heifst die Hafenzeit desselben. Aus der Hafenzeit und dem Mondesalter läfst sich der Eintritt der Gezeiten vorausbestimmen. Im »nautischen Jahrbuch« sind die mittleren Ortszeiten der Hoch- und Niedrigwasser in Cuxhaven sowie die der Hochwasser an der Londonbrücke angegeben.

17. Unterschied zwischen den Ortszeiten des Hochwassers an verschiedenen Küstenpunkten und der Ortszeit des Hochwassers in Cuxhaven.

	Mittlere Ortszeit des Hochwass. +spät. −früh. als in Cuxhafen Std.	Min.	Mittl. Fluthöhe oder Hub		Mittlere Ortszeit des Hochwass. +spät. −früh. als in Cuxhafen Std.	Min.	Fluthöhe bei Springflut über mittl. Niedrigw.
List, Rhede . .	+ 1	11	2,0	Rotterdam .	+ 3	1	2,1
Hoyerschleuse	+ 2	11	2,0	Vlissingen . .	+ 0	10	4,6
Husum	+ 1	31	3,4	Antwerpen .	+ 3	41	4,6
Tönning,				Ostende . . .	− 0	19	5,2
Dampfsch.-Br.	+ 0	38	2,6	Gravesend . .	+ 0	21	5,6
Helgoland . . .	− 1	19	2,1	London,			
Cuxhafen . . .	+ 0	0	2,8	Brücke . .	+ 1	14	6,3
Brunsbüttel . .	+ 1	4	2,7	Hull	+ 5	45	6,3
Glückstadt . .	+ 2	3	2,9	Newcastle . .	+ 2	48	4,7
Brunshausen .	+ 3	2	2,8	Glasgow,			
Blankenese . .	+ 3	47	—	Hafen . . .	+ 0	24	3,4
Hamburg, Pont.				Cardiff	+ 6	16	11,4
bei St. Pauli	+ 4	21	1,9	Plymouth,			
Harburg,				Wasser-			
Schleuse . .	+ 4	48	0,9	brecher . .	+ 4	53	4,7
Bremerhaven,				West-Cowes .	− 2	54	3,8
Einfahrt . . .	+ 0	15	3,3	Southampton	− 2	39	4,0
Geestemünde,				Dover	− 1	57	5,7
Einfahrt . . .	+ 0	19	3,3	Calais	− 1	20	5,9
Brake	+ 1	36	2,9	Boulogne . .	− 1	41	7,7
Elsfleth	+ 1	48	2,5	Le Havre . .	− 3	51	6,7
Vegesack . . .	+ 2	34	1,5	Cherbourg . .	− 5	9	5,2
Wangeroog . .	− 1	30	2,5	Brest	+ 3	3	5,8
Wilhelmshaven	+ 0	1	3,5	Bordeaux . .	+ 6	6	4,3
Spickeroog . .	− 1	35	2,6				
Norderney . . .	− 1	56	2,4				
Borkum	− 2	23	2,5				
Emden, Nesser-							
land. Schleuse	− 0	32	2,8				
Papenburger							
Schleuse . . .	+ 1	56	1,6				

18. Betonnungssysteme.

Deutschland. (Vergl. Tafel der Seezeichen.[1])

Ein von See kommendes Schiff findet zur Bezeichnung des Fahrwassers:

an Steuerbord: rote Spierentonnen, ausnahmsweise, wenn mehrere Fahrwasser nahe beisammen sind, stumpfe rote Tonnen,
oder rote Baken mit Spieren,
oder Stangenseezeichen;

an Backbord: schwarze spitze Tonnen,
oder schwarze Baken ohne Spieren,
oder Pricken (in den Grund gesteckte Äste).

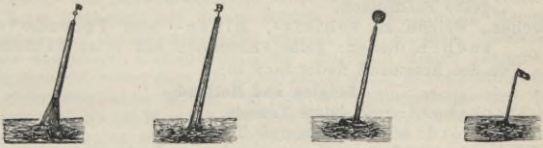
[1]) Diese Tafel ist aus dem Lehrbuche der Navigation, herausgegeben vom Reichs-Marineamt. (Berlin, E. S. Mittler u. Sohn.)

Bildliche Darstellung der Seezeichen in den deutschen Küstengewässern.

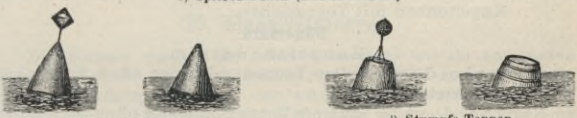
1. Schwimmende Seezeichen.

Bakentonnen. Heultonne. Leuchttonne. Glockentonne.

a) **Baken-, Heul-, Leucht- und Glockentonnen.**

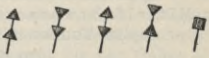


b) **Spierentonnen** (Steuerbord-Seite).



c) **Spitze Tonnen** (Backbord-Seite). d) **Stumpfe Tonnen.**

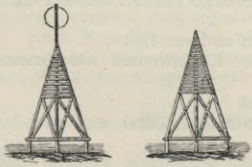
e) **Kugeltonne** (Mittelfahrwasser). f) **Fasstonnen.**



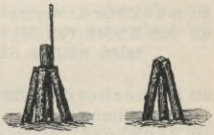
Nördlich, südlich, östlich, westlich von der Untiefe bezw. dem Wrack. Auf der Untiefe.

Toppzeichen für Seezeichen zur Kennzeichnung der außerhalb der Fahrwasser belegenen Untiefen sowie der Wracktonnen.

2. Feste Seezeichen.



a) **Baken.**
(Steuerbord). (Backbord).



b) **Dalben (Duc d'Alben).**
(Steuerbord). (Backbord).

c) **Stangenseezeichen** (Steuerbord).

d) **Pricken** (Backbord).

Es bezeichnen ferner:

Die Fahrwassermitte: schwarz und rot gestreifte Kugeltonnen,

die Enden von Mittelgründen[1]): schwarz und rot gestreifte Baken oder Bakentonnen mit einem Kreuz als Toppzeichen,

ausgedehntere Untiefen außerhalb des Fahrwassers: weiße Spierentonnen, Bakentonnen oder Baken,

wenig ausgedehnte Untiefen: schwarz und weiß gestreifte Spierentonnen, Bakentonnen oder Baken mit einem Zylinder von quadratischem Achsenschnitt als Toppzeichen,

Wracks: grüne Tonnen, spitz oder stumpf, oder grüne Faßstonnen,

Telegraphenkabel: grüne Kugeltonnen,

Quarantänegründe: gelbe Tonnen, spitz oder stumpf, oder gelbe Faßstonnen,

Flächen, welche zu Schieß-, Minen- oder Torpedoversuchen dienen: gelbe Faßstonnen mit roten Fähnchen.

Von See kommend findet man in:

Belgien und Holland

an Steuerbord: rote spitze Tonnen,

an Backbord: schwarze stumpfe Tonnen,

auf Mittelgründen: schwarz und rot horizontal gestreifte Kugeltonnen mit Toppzeichen.

Dänemark

im Hauptfahrwasser:

an Steuerbord: rote spitze Tonnen mit oder ohne nach oben gerichteten Besen,

an Backbord: weiße stumpfe Tonnen mit oder ohne nach unten gerichteten Besen,

in Mittelfahrwassern und Untiefen: rot und weiß gestreifte spitze Tonnen mit und ohne rot und weiß gestreiften Körben

im Nebenfahrwasser:

an Steuerbord: rote Stangen mit Besen nach oben,

an Backbord: weiße Stangen mit horizontalen Strohwischen,

in Mittelfahrwassern und Untiefen: rot und weiß horizontal gestreifte Stangen mit einem Besen über einem Strohwisch

England

an Steuerbord: spitze oder kugelförmige Tonnen von der nämlichen Farbe,

an Backbord: stumpfe Tonnen von anderer Farbe,

an den Enden von Mittelgründen: Kugeltonnen mit horizontalen weißen Streifen.

Frankreich

an Steuerbord: rote Tonnen mit rotem Kegel und geraden Nummern,

an Backbord: schwarze Tonnen mit schwarzem Zylinder und ungeraden Nummern,

an Gabelungen: Tonnen mit horizontalen weißen und schwarzen Streifen,

an Vereinigungen: Tonnen mit horizontalen weißen und roten Streifen.

an Untiefen: Tonnen mit horizontalen schwarzen und roten Streifen oder Baken mit rotem Ball.

---

[1]) Inseln oder Untiefen, welche das Fahrwasser in zwei sich päter wieder vereinigende Arme teilen.

Nordamerika

an Steuerbord: rote Bojen mit geraden Nummern,
an Backbord: schwarze Bojen mit ungeraden Nummern,
auf Mittelgründen: Bojen mit horizontalen schwarzen und roten Streifen,
in der Fahrwassermitte: Bojen mit vertikalen schwarzen und weifsen Streifen,
an Drehpunkten: Baken mit Toppzeichen.

19. Zeigen der Nationalflagge.

Alle Kauffahrteischiffe, sowie die Lotsen-, Hochseefischerei-, Bergungs- und Schleppfahrzeuge haben die Reichsflagge zu zeigen: a) beim Begegnen mit einem Schiffe der kaiserlichen Marine, welches die Reichskriegsflagge gesetzt hat, b) beim Passieren einer deutschen Küstenbefestigung innerhalb dreier Seemeilen vom Strande, wenn dort die Kriegsflagge weht, c) beim Einlaufen in einen deutschen Hafen. Im Zuwiderhandlungsfalle wird der Kapitän bis zu 150 M. oder mit Haft bestraft. (Gesetz vom 22. Juni 1899, Verordnung vom 21. August 1900.)

20. Signalverfahren.

Die Signale müssen da geheifst werden, wo sie am besten gesehen werden. Der Signalbuchwimpel (vergl. Flaggentafel) unter der Nationalflagge bedeutet »ich wünsche zu signalisieren«. Sobald der Empfänger das Signal sieht, läfst er den Antwortwimpel halb, und sobald er es verstanden hat, dicht vor, d. h. bis dicht unter den Flaggenknopf, Mastspitze etc. heifsen. Hat der Geber ein Signal herabgeholt, so holt der Empfänger den Antwortwimpel bis auf halbe Höhe herab und wartet bis der Geber ein neues Signal geheifst hat u. s. w.

Fahren die Schiffe rasch aneinander vorbei, so heifst der Geber einfach sein Signal und der Empfänger beantwortet es direkt. Die Signale werden im allgemeinen dem »Internationalen Signalbuch« entnommen, doch kann die Mitteilung mit Hilfe des Signalalphabets auch buchstabiert werden, wenn man vorher, um dies anzudeuten, den Signalbuchwimpel über E geheifst hat.

Nach Beendigung de Signalisierens holt der Geber die Nationalflagge und (wenn dies nicht schon vorher geschehen ist) den Signalbuchwimpel herab.

21. Signale mit einer Flagge.

nur zwischen schleppenden und geschleppten Schiffen; die Flagge wird mit der Hand über der Reling gezeigt (I wenn vom schleppenden, II wenn vom geschleppten Schiffe gezeigt).

Flagge	Bedeutung	Flagge	Bedeutung
A	Ist die Schlepptrosse fest?	E	Ich kann nicht mehr Trosse stecken.
B	Die Schlepptrosse ist fest.	F	Backbordtrosse kürzen!
C	Die Schlepptrosse ist nicht fest.	G	Steuerbordtrosse kürzen!
D	Macht die Trossen gleich steif.	H	Beide Trossen kürzen!
		I	Backbordtrosse stecken!

Flagge	Bedeutung
J	Steuerbordtrosse stecken!
K	Beide Trossen stecken!
L	Los Backbordtrosse!
M	Los Steuerbordtrosse!
N	Los beide Trossen!
O	I Ich fahre so langsam als möglich.
	II So langsam als möglich fahren!
P	I Ich fahre langsam.
	II Langsam fahren!
Q	I Ich fahre halbe Kraft.
	II Halbe Kraft fahren!
R	I Ich fahre volle Kraft.
	II Volle Kraft fahren!
S	I Ich mufs stoppen.
	II Maschine stoppen!
T	Mehr nach links steuern!
U	Mehr nach rechts steuern!
V	Jetzigen Kurs halten!
W	I Schiff steuert nicht gehörig.
	II 6 Strich vom Winde steuern!
X	Segel setzen!
Y	Schratsegel setzen!
Z	Mann über Bord.

22. Nachtsignale durch kurze Lichtblicke.

Ein Blick: Mehr nach rechts steuern!
Zwei Blicke: Mehr nach links steuern!
Vier Blicke: Los die Leinen!

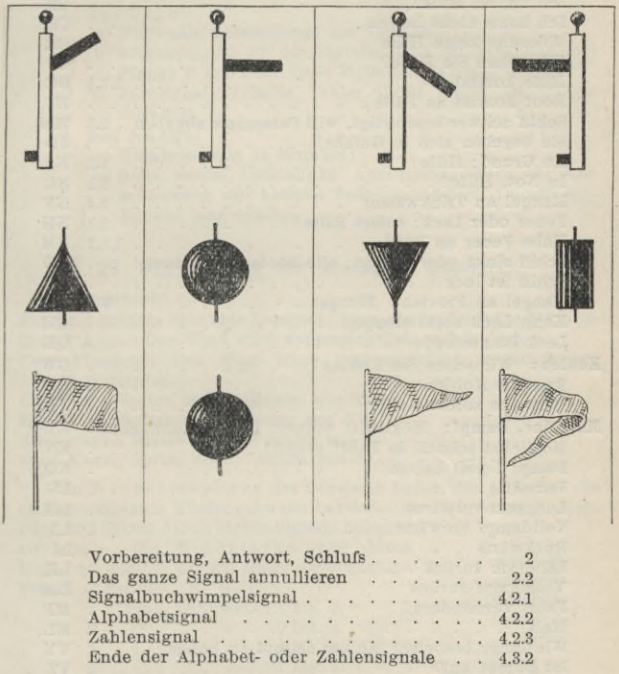
23. Wichtige Signale mit 2 Flaggen.

Signalbuchwimpel über einer Flagge.

Signalbuchwimpel über Flagge	bedeutet
A	Bin auf Probefahrt mit Volldampf.
B	Lade oder lösche Explosivstoffe.
C	Ja; bejahend.
D	Nein; verneinend.
E	»Das Folgende ist alphabetisch zu lesen«.
F	Punkt oder Ende eines Wortes.
G	»Alphabetische Signale beendet«.
H	Halt, beidrehen oder näher kommen, habe wichtige Nachricht für Sie.
I	Habe keinen reinen Gesundheitspafs.
J	Ich mache Fahrt voraus.
K	Ich mache Fahrt achteraus.
L	Hatte (habe) ansteckende Krankheit an Bord.
M	»Das Folgende ist als Zahl u lesen«.
N	Dezimalzeichen.
O	»Zahlensignale beendet.«
P	Bin im Begriff in See zu gehen.
Q	Habe reinen Gesundheitspafs, bin aber zu Quarantäne verpflichtet.
R	Nicht vor mir vorüber fahren!
S	Wünsche Lotsen.
T	Überholen Sie mich nicht!
U	Meine Maschine ist gestoppt.
V	Meine Maschine geht rückwärts.
W	Alle Boote sollen zum Schiffe zurückkehren!
X	Will vor Ihnen vorübergehen.
Y	Alle Schiffe des Convois sollen sich vereinigen!
Z	Will hinter Ihnen herumgehen.

24. Fernsignale.

Durch Gruppierung der Zahlen 1, 2, 3, 4, deren Darstellung durch Semaphor, durch Kegel, Ball und Zylinder sowie durch Flaggen und Ball die folgende Tafel zeigt, werden die den Signalflaggen entsprechenden Buchstaben sowie eine Reihe besonderer Signale dargestellt.



Vorbereitung, Antwort, Schlufs	2
Das ganze Signal annullieren	2.2
Signalbuchwimpelsignal	4.2.1
Alphabetsignal	4.2.2
Zahlensignal	4.2.3
Ende der Alphabet- oder Zahlensignale . .	4.3.2

Die einzelnen Buchstaben des Alphabets und die Zahlen werden durch folgende Gruppen dargestellt:

A 1	1.1.2	B 2	1.2.1	C 3	1.2.2	D 4	1.2.3	E 5	1.2.4
F 6	1.3.2	G 7	1.4.2	H 8	2.1.1	I 9	2.1.2	J 10	2.1.3
K 11	2.1.4	L 22	2.2.1	M 33	2.2.3	N 44	2.2.4	O 55	2.3.1
P 66	2.3.2	Q 77	2.3.3	R 88	2.3.4	S 99	2.4.1	T 100	2.4.2
U 0	2.4.3	V 00	3.1.2	W 000	3.2.1	X 0000	3.2.2	Y 00000	3.2.3

Z 000000 3.2.4

Eine Reihe von besonderen Fernsignalen, daran kenntlich, dafs nach jedem als Schlufs der Ball geheifst wird, sind unter Nr. 25 mit aufgeführt.

25. Weitere wichtige Signale.

(Die Zahlen bedeuten die entsprechenden Fernsignale.)

Gefahr, Hilfe: Das Schiff so schnell als möglich verlassen!		AB
Schiff nicht verlassen!	1.3.2	AC
Ruder gebrochen, kann nicht steuern		BI
Maschine gebrochen, bin hilflos		BJ
Schiff auf Grund	1.2.1	BZ
Schiff auf Grund; Gefahr aufzubrechen; sofort Hilfe!	1.2	CA
Ich treibe, Hilfe!		CM
Ich kann nicht helfen		CP
Wünsche keine Hilfe		CR
Wünschen Sie Hilfe?		CS
Hilfe kommt	2.1.1	DC
Boot kommt zu Hilfe		ET
Schiff schwer beschädigt, will Passagiere abgeben	2.3	HM
Sie begeben sich in Gefahr!		JD
An Grund; Hilfe!	1.2	NA
In Not, Hilfe!	2.1	NC
Mangel an Trinkwasser	2.4	NF
Feuer oder Leck; sofort Hilfe!	2.1	NH
Habe Feuer an Bord	1.1.2	NM
Schiff sinkt oder brennt; alle Boote zur Rettung!		NO
Schiff ist leck		NQ
Mangel an Proviant. Hunger	3.2	NV
Kann Leck nicht stoppen		QH
Leck ist gestoppt		QK
Kohlen: Wünschen Sie Kohlen?		GW
Brauche Kohlen		HB
Wünsche sofort Kohlen		YI
Maschine, Dampf: Möglichst schnell Dampf aufmachen!		KL
Möglichst schnell in Fahrt gehen!		KN
Dampf bereit halten!		KQ
Vorwärts		LG
Langsam vorwärts		LH
Volldampf vorwärts		LI
Rückwärts		LJ
Langsam zurück		LK
Volldampf zurück		LM
Fahrt vermindern!		MF
Halt!		ML
Wie lange brauchen Sie um Dampf zu haben?		VY
Ist Dampf auf?		VZ
Soll ich Dampf aufmachen?		WA
Dampf ist nicht fertig		WB
Dampf ist fertig		WC
Sofort Anker lichten!	2.4.2	ZS
Schlepper: Können Sie mich schleppen?		XU
Kann Sie nicht schleppen		XV
Wünsche geschleppt zu werden	2.2.3	XW
Soll ich Sie schleppen?		XY
Es sind keine Schlepper vorhanden		XZ
Schlepper kommt zu Ihnen		YA
Wünsche einen Schlepper	2.2.3	YP

Signale: Das letzte Signal annullieren! . . . . . 4.2 VE
Das ganze Signal annullieren! , ... 2.2 VF
Das Signal wiederholen! VI
Kann die Flagge nicht erkennen; Nahekommen oder Fernsignale . . . . . 2,4.1 VM.

26. Lotsensignale

(Verordnung vom 14. August 1876).

1. Bei Tage:
   a) Nationale Lotsenflagge am Vormast;
   b) Flaggensignal PT des »Internationalen Signalbuches«;
   c) Flagge S mit oder ohne Signalbuchwimpel darüber;
   d) Fernsignal: 2 Bälle, unter ihnen Kegel mit Spitze aufwärts.
2. Bei Nacht:
   a) Blaufeuer alle 15 Minuten;
   b) helle weifse Lichtblinke unmittelbar über der Verschanzung mit kleinen Zwischenräumen, immer eine Minute lang gezeigt.

27. Sturmsignale der Deutschen Seewarte.

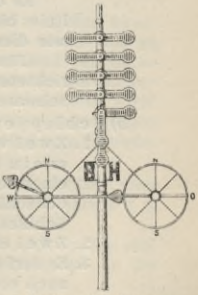
Es bedeutet:

Ein Ball (nachts eine rote Laterne): Eine atmosphärische Störung.
Eine Flagge: Der Wind wird voraussichtlich rechts drehen.
Zwei Flaggen: Der Wind wird voraussichtlich zurückdrehen (krimpen).
Ein Kegel, Spitze unten: Sturm aus SW.
Ein Kegel, Spitze ohen: Sturm aus NW.
Zwei Kegel, Spitze unten: Sturm aus SO.
Zwei Kegel, Spitze oben: Sturm aus NO.

Die Windsemaphore der Seewarte haben die Aufgabe, die an benachbarten Küstengebieten herrschenden Winde nach Richtung und Stärke durch eigene Signale bekannt zu geben. Die Windstärke wird durch Horizontalstellen der am Maste angebrachten Flügel angezeigt. Es bedeuten:

1 Flügel:	Windstärke	1 bis	2,
2 »	»	3 bis	4,
3 »	»	5 bis	6,
4 »	»	7 bis	8,
5 »	»	9 bis	10,
6 »	»	11 bis	12

der Beaufortschen Skala. Sind nur 4 Flügelpaare vorhanden (in Hela, Schiewenhorst, Pillau, Memel), so entspricht das Horizontalstellen aller Flügel den Windstärken 7 bis 12 (Beaufort). Die Windrichtung wird durch die Stellung der um die Mittelpunkte der Kreise drehbaren Zeiger angezeigt. Die Windmeldestationen werden durch ihre Anfangsbuchstaben neben den Kreisen auf der zugehörigen Seite des Windsemaphors bezeichnet.



Windsemaphor Cuxhaven.

Fig. 329

Bei Windstille sind alle Flügel gesenkt und der Zeiger auf *S* gestellt.

Eine halbe Stunde vor jedem Signalwechsel am Mittag und Abend, mit Eintritt der Dunkelheit, sowie wenn Störungen das Signalisieren des Windes unmöglich machen, wird das »Besondere Signal« gegeben, welches darin besteht, dafs das oberste Flügelpaar unter 45° nach aufwärts gerichtet wird, während die übrigen Flügelpaare gesenkt und die Zeiger auf *S* gerichtet sind.

Es bestehen Windsemaphore auf Hoheweg-Leuchtturm und in Cuxhaven mit Windsignalen von Borkum *(B)* und Helgoland *(H)*, auf Hela, in Schiewenhorst und in Pillau mit Windsignalen von Rixhöft *(R)* und Brüsterort *(B)* sowie in Memel mit Windsignalen von Brüsterort *(B)* und Libau *(L)*.

28. Sturmsignale in den Vereinigten Staaten.

Siehe Weltkarte.

29. Lichterführung.

(Seestrafsenordnung vom 5. Februar 1906.)

Von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang führt ein

a) Dampfer in Fahrt:

1. Ein weifses Licht am oder vor dem Fockmast in einer Höhe über dem Rumpfe gleich der Breite des Fahrzeuges, mindestens aber 6 m hoch. Es mufs wenigstens 5 Seemeilen weit ununterbrochen sichtbar sein von recht voraus bis 10 Strich nach beiden Seiten. (Bei Dampfern unter 113 cbm Bruttoraumgehalt braucht das Licht nur 2 Seemeilen weit sichtbar und nur 3 m über dem Schandeckel zu sein.)
2. Zwei mindestens 2 Seemeilen sichtbare Seitenlaternen, von welchen diejenige links ein rotes Licht von recht vorne bis 10 Strich nach Backbord, diejenige rechts ein grünes von recht vorne bis 10 Strich nach Steuerbord zeigt.[1])

   Es darf noch ein zweites weifses Licht in der Kiellinie hinter dem ersten und wenigstens $4^1/_2$ m höher wie dieses als Richtlicht geführt werden.

   (Ein Dampfer nur unter Segel aber mit aufgerichtetem Schornstein führt bei Tage vorne einen schwarzen Ball von 65 cm Durchmesser.)

b) Schleppender Dampfer in Fahrt:

1. Zwei weifse Lichter übereinander, wie bei a) 1., wenn er ein Fahrzeug, und drei solche, wenn er mehr als eines schleppt und wenn der Schleppzug vom Heck des schleppenden bis zum Heck des letzten geschleppten Schiffes länger als 180 m ist.
2. Zwei Seitenlichter wie bei a) 2.
3. Es darf ein kleines weifses Steuerlicht, das nicht weiter nach vorne als quer ab sichtbar ist, hinter dem Schornstein oder dem hintersten Maste geführt werden.

---

[1]) Die Lichtstärke einer Laterne mufs bei elektrischer Beleuchtung zwischen 25 und 32 Normalkerzen (nominell) betragen; Reflektoren dürfen dabei nicht verwendet werden.

c) Manövrierunfähiges Schiff:
1. Zwei rote Lichter 6—12 m über dem Rumpfe, 2 m auseinander, wo sie nach allen Seiten am besten sichtbar sind. (Bei Tage zwei schwarze Bälle von 65 cm Durchmesser an der gleichen Stelle.)
2. Seitenlichter wie bei a) 2., aber nur wenn das Schiff Fahrt macht.

d) Kabelfahrzeug:
1. An der Stelle des weifsen Lichtes unter a) 1 drei Lichter senkrecht übereinander und 2 m voneinander entfernt, das oberste und unterste rot, das mittlere weifs. (Bei Tage 3 Körper von 65 cm Durchmesser übereinander, der oberste und unterste kugelförmig und rot, der mittlere wie ein schräges Viereck geformt und weifs.)
2. Seitenlichter wie bei a) 2, aber nur wenn das Schiff Fahrt macht.

e) Segelfahrzeug in Fahrt und geschlepptes Fahrzeug:
Seitenlichter wie bei a) 2.

f) Lotsenfahrzeuge im Dienste:
1. ein weifses über den ganzen Horizont sichtbares Licht am Masttop.
2. Mindestens alle 15 Minuten ein oder mehrere Flackerfeuer.
3. Gebrauchsfertige Seitenlichter, welche in der Nähe anderer Fahrzeuge in kurzen Zwischenräumen an der richtigen Seite gezeigt werden.

Lotsendampfer für den Dienst staatlicher oder autorisierter Lotsen führen aufser den vorigen $2^1/_2$ m unter dem weifsen Lichte am Masttop ein über den ganzen Horizont sichtbares rotes Licht sowie, wenn sie in Fahrt sind, die Seitenlaternen a) 2.

g) Fischdampfer, welche mit dem Grundschleppnetze fischen:
1. An Stelle des weifsen Lichtes unter a) 1 eine dreifarbige Laterne, welche von recht voraus bis zu 2 Strich auf jedem Buge ein weifses und von da an bis 2 Strich hinter der Richtung quer ab am Steuerbord ein grünes, am Backbord ein rotes Licht wirft.
2. Ein weifses Licht ununterbrochen über den ganzen Horizont 2 bis $3^1/_2$ m unter der dreifarbigen Laterne.

h) Vor Anker liegendes Schiff:
1. Wenn es kürzer als 45 m ist, vorne ein weifses über den ganzen Horizont sichtbares Licht, höchstens 6 m hoch.
2. Wenn es 45 m und darüber ist, 2 weifse Lichter, das eine vorne 6—12 m über dem Rumpfe, das andere in der Nähe des Hecks $4^1/_2$ m tiefer.

i) Ein von einem andern überholtes Schiff zeigt dem überholenden vom Heck aus entweder eine Laterne, welche ein weifses 1 Seemeile sichtbares Licht über einen Sektor von 12 Strich nach rückwärts wirft, oder ein Flackerfeuer.

30. Nebelsignale.

Bei Nebel, dickem Wetter, Schneefall oder heftigen Regengüssen, es mag Tag oder Nacht sein, müssen folgende Schallsignale gegeben werden:

Von einem Dampfer, welcher Fahrt durch das Wasser macht: mindestens alle zwei Minuten ein langgezogener Ton mit der Dampfpfeife oder Sirene.

Von einem Dampfer in Fahrt, welcher seine Maschine gestoppt hat: mindestens alle zwei Minuten zwei langgezogene Töne mit einem Zwischenraum von einer Sekunde.

Von einem Segelfahrzeug in Fahrt: jede Minute ein Ton mit dem Nebelhorn, wenn es auf Steuerbord-Halsen (Wind von rechts ein), zwei Töne, wenn es auf Backbord-Halsen und drei Töne, wenn es mit raumem Winde (Wind achterlicher als dwars) segelt.

Von einem Fahrzeug vor Anker mindestens jede Minute fünf Sekunden lang Glockenläuten.

Von einem Fahrzeug, welches ein anderes schleppt, welches an einem Telegraphenkabel arbeitet oder welches zwar in Fahrt ist, aber nicht vorschriftsmäfsig manöverieren kann: alle zwei Minuten drei aufeinanderfolgende Töne, zuerst einen langen, dann zwei kurze.

Jedes Fahrzeug mufs bei Nebel, dickem Wetter, Schneefall oder heftigen Regengüssen, unter sorgfältiger Berücksichtigung der obwaltenden Umstände mit mäfsiger Geschwindigkeit fahren.

Ein Dampfer, welcher vor der Richtung quer ab das Nebelsignal eines Fahrzeuges hört, dessen Lage nicht auszumachen ist, mufs, sofern die Umstände dies gestatten, seine Maschine stoppen und dann vorsichtig manövrieren, bis die Gefahr des Zusammenstofsens vorüber ist.

31. Ausweichen.

Das überholende Schiff geht dem überholten aus dem Wege; dasjenige, welches nach den folgenden Regeln nicht auszuweichen hat, behält Kurs und Geschwindigkeit bei. Wenn jedoch infolge von dickem Wetter usw. zwei Fahrzeuge einander so nahe gekommen sind, dafs ein Zusammenstofs durch Manöver des zum Ausweichen verpflichteten Fahrzeuges allein nicht vermieden werden kann, so soll auch das andere so manövrieren, wie es zur Abwendung eines Zusammenstofsens am dienlichsten ist.

Segelschiffe:

Ein Schiff mit raumem Winde mufs einem beim Winde segelnden aus dem Wege gehen.

Ein Schiff, welches mit Backbord-Halsen beim Winde segelt (Wind kommt von links ein), geht einem mit Steuerbord-Halsen segelnden aus dem Wege.

Haben beide raumen Wind von verschiedenen Seiten, so mufs dasjenige, welches den Wind von Backbord hat, dem anderen aus dem Wege gehen.

Haben beide raumen Wind von derselben Seite, so mufs das luvwärts befindliche dem leewärts befindlichen aus dem Wege gehen.

Ein Schiff, welches vor dem Winde segelt, mufs dem andern aus dem Wege gehen.

Dampfschiffe:

Wenn die Kurse beinahe oder gerade entgegengesetzt sind, so dafs die Annäherung Gefahr des Zusammenstofsens mit sich bringt, weichen beide nach Steuerbord aus.

Wenn die Kurse sich kreuzen, mufs dasjenige aus dem Wege gehen, welches das andere an Steuerbord hat.

Das Dampfschiff weicht dem Segelschiff aus.

Das ausweichende Schiff hat es möglichst zu vermeiden, den Bug des andern zu kreuzen. In engen Fahrwassern hat der Dampfer, wenn dies ohne Gefahr ausführbar ist, sich an der Seite der Fahrrinne oder der Fahrwassermitte zu halten, welche an seiner Steuerbordseite ist.

Sind Fahrzeuge einander ansichtig, so mufs ein in Fahrt befindlicher Dampfer, wenn er einen diesen Vorschriften entsprechenden Kurs einschlägt, diesen Kurs mit Dampfpfeife oder Sirene anzeigen. Dabei bedeutet

1 kurzer Ton (1 Sek.) »ich richte meinen Kurs nach Steuerbord«,
2 kurze Töne »ich richte meinen Kurs nach Backbord«,
3 kurze Töne »meine Maschine geht mit voller Kraft rückwärts«.

32. Notsignale

1. Bei Tage:
   a) Kanonenschüsse oder Knallsignale in Zwischenräumen von einer Minute;
   b) Flaggensignal NC des »Internationalen Signalbuches«;
   c) Fernsignal, viereckige Flagge über oder unter einem Ball;
   d) Anhaltendes Ertönen eines Nebelsignalapparates.
2. Bei Nacht:
   a) Wie 1a oder 1d;
   b) Helle Flackerfeuer, brennende Öl- oder Teerfässer;
   c) Raketen oder Leuchtkugeln, in kurzen Zwischenräumen abgefeuert.

33. Gebrauch des Raketenapparates zur Rettung Schiffbrüchiger.

Die mit der Rakete kommende Leine wird festgehalten. Dann tritt ein Mann an Bord auf die Seite und signalisiert dies, indem er bei Tage eine Flagge, ein Tuch oder einen Hut schwenkt oder bei Nacht kurze Zeit eine Laterne zeigt oder eine Rakete abfeuert. Wenn dann an Land ein Mann auf die Seite tritt und eine rote Flagge schwenkt oder bei Nacht eine rote Laterne zeigt, wird an Bord die Raketenleine angeholt, bis man einen Steertblock mit Jolltau in Händen hat. Sobald dieser unterhalb der Saling oder sonst möglichst hoch befestigt ist, gibt man an Bord ein Signal wie vorhin. Dann wird von der Mannschaft an Land das Rettungstau am Jolltau befestigt und an Bord bewegt. Sobald es dort $^1/_2$ m oberhalb des Steertblockes und frei vom Jolltau befestigt ist, wird an Bord wieder ein Signal gegeben. Hierauf wird das Rettungstau an Land festgemacht und eine an ihm gleitende und am Jolltau befestigte Hosenboje von der Mannschaft an Land nach dem Schiffe geholt. Hat sich eine Person in die Hosenboje gesetzt, so

wird wieder von Bord aus das Signal gegeben, worauf die Rettungsmannschaft die Person an Land holt. Kann das Rettungstau nicht benutzt werden, so werden die Leute in der Hosenboje mit Hilfe des Jolltaues allein durch die Brandung geholt. Frauen, Kinder, Passagiere und Kranke sind stets zuerst zu landen.

34. Offene Boote in schwerer See und Brandung.

Mufs man mit einem Boot in offener See einen Sturm abreiten, so bietet es die gröfste Sicherheit, wenn man aus Masten, Riemen oder Segeln eine Art Flofs herstellt, unter dessen Lee man das Boot treiben läfst. Für den Fall des Reifsens der Verbindungsleine müssen stets einige Riemen zum sofortigen Gebrauch bereit sein. Beim Landen in der Brandung ist die Gefahr, dafs das Boot entweder mit dem Bug unter Wasser gedrückt wird, während die überholende Welle das Heck emporwirft, oder dafs es zur See geworfen wird, so dafs es vollschlägt oder kentert. Es ist am besten schon aufserhalb der Brandung den Bug des Bootes der See zuzuwenden und sich durch Streichen dem Lande zu nähern. Beim Heranrollen einer Brandungswelle läfst man einige Schläge anrudern, um sie schneller zu passieren. Man steuert mit einem Riemen. Zieht man es vor, mit dem Bug voran durch die Brandung zu rudern, so sichert man mittels eines Treib- oder Heckankers das Boot gegen Querschlagen. Stets ist der der See zugekehrte Teil des Bootes tiefer zu belasten als der entgegengesetzte, doch sollen zu schwere Gewichte nicht an die äufsersten Enden des Bootes gestaut werden.

Bei flachem Strande hält man das Boot so lange vor der See, bis es Grund findet, läfst dann die Mannschaft herausspringen und das Boot mit jeder folgenden Welle weiter auf den Strand ziehen. Bei steil abfallendem Küstenufer legt man im Augenblicke des Landens das Boot quer zur Richtung der Brandung und läfst es von dieser breitseit auf den Strand werfen. Will man seewärts fahren, so schiebt man das Boot mit der rücklaufenden Welle ab und gibt ihm bei Annäherung jeder Brandungswelle so viel Fahrt, dafs es nicht durch dieselbe zurückgeworfen wird. Hat das Boot aber bereits genügend Fahrtüberschufs, so kann man durch Hemmen der Fahrt das Ersteigen der Brandungswelle erleichtern.

35. Rettung Ertrinkender.

Man entkleide sich möglichst vollständig, mindestens löse man die Unterbeinkleider am Fufse, wenn sie zugebunden sind. Man warte, bis der Verunglückte etwas ruhig geworden ist, ergreife ihn beim Haar, werfe ihn möglichst schnell auf den Rücken und gebe ihm einen plötzlichen Ruck, um ihn oben zu halten. Dann werfe man sich selbst auf den Rücken, lege sich den Kopf des Verunglückten, den man an den Haaren festhält, mit dem Gesicht nach oben auf den Leib und schwimme dem Ufer zu. Man kann in dieser Lage lange treiben: daher ermüde man sich, wenn der Strom vom Lande absetzt, nicht mit dem Versuche dasselbe zu erreichen, sondern warte treibend bis Hilfe kommt.

(Nach Dittmer, Seeschiffahrtskunde.)

36. Das Segelschiff.

Unter Takelung oder Takelage versteht man alles, was zum Anbringen und Handhaben der Segel dient. Der Mast besteht bei grofsen Schiffen gewöhnlich aus dem Untermast, der auf dem Kielschwein ruht und unter dessen oberem Ende oder Topp sich die Saling befindet, auf welcher eine als Mars bezeichnete Plattform ruht. Auf die Saling stützt sich die Marsstenge, welche mit dem Topp des Untermastes durch das Eselshaupt verbunden ist. Am Topp der Marsstenge ist in ähnlicher Weise die Bramstenge befestigt. Die einzelnen Teile werden durch Taue festgehalten und zwar nach vorne durch die Stagen, nach den Seiten etwas nach hinten durch die Wanten, recht nach hinten durch die Pardunen. Die in die Wanten eingeflochtenen Querleinen, auf welchen die Mannschaft aufentert, heifsen Webeleinen. Das Bugspriet ist ein nach vorne etwas nach aufwärts über den Bug hinausragendes Rundholz, dessen Verlängerungen Klüverbaum und Aufsenklüverbaum heifsen. Am Maste hängen die Raaen (Unterraa, Marsraa, Bramraa, Oberbramraa) mittels an ihren Enden (Nocken) befestigter Taue, der Toppnanten. Mit Hilfe nach dem Decke herablaufender Taue, der Brassen, können die Raaen in der Horizontalebene gedreht und dadurch dem Winde entsprechend gestellt werden. Die oberen Raaen können durch Taue, welche man Fallen nennt, gesenkt oder gehoben werden.

Die Raasegel sind viereckig und mit ihrem oberen Rande an den Raaen befestigt. Sie heifsen von unten nach oben Untersegel, Marssegel, Bramsegel, Royal und Skysegel. Bei neueren Schiffen hat man doppelte Marssegel und doppelte Bramsegel. Schratsegel sind dreieckige oder viereckige Segel, welche nicht an einer Raa, sondern an einem Stag oder einem in der Vertikalebene des Kiels befindlichen Rundholz befestigt sind; sie können schräger gegen den Wind gestellt werden als die Raasegel. Gaffelsegel heifst ein Schratsegel, welches seine Befestigung am Maste selbst und an der Gaffel, einer Stange, deren eines Ende ausgeschnitten und um den Mast gelegt ist, hat. Sollen die Segel geborgen d. h. eingenommen werden, so rafft man sie erst mit den Geitauen an die Raaen, darauf treten die Matrosen in die Paarden oder Pferde, d. h. in Taue, welche unter den Raaen befestigt sind, rollen die Segel zusammen und schnüren sie fest. Die Untersegel und Marssegel können gerefft d. h. verkleinert werden.

Ein Mast heifst vollgetakelt, wenn er aus Untermast mit Unterraa, Marsstenge mit Marsraa, Bramstenge mit Bramraa und Royalraa besteht. Ein Vollschiff ist ein Segelschiff mit drei vollgetakelten Masten (Fock-, Grofs- und Kreuzmast) und einem vollgetakelten Bugspriet mit Klüverbaum. In neuerer Zeit baut man auch übervoll getakelte Schiffe, Viermast-Barkschiffe mit vollgetakeltem Fock-, Grofs- und Kreuzmast und einem Besanmast mit Gaffeltakelung, sowie Fünfmast-Barkschiffe mit vollgetakeltem Fock-, Grofs-, Mittel- und Kreuzmast und einem Besanmast mit Gaffeltakelung. Die Bark hat die zwei vorderen Masten vollgetakelt, während der dritte, der Besanmast, Gaffeltakelung hat. Die Schonerbark ist eine Bark, bei der Mars- und Bramstenge aus einer einzigen Spiere gebildet werden. Der Dreimastschoner hat Raatakelung am Fockmast, Gaffeltakelung am Grofs-

und Besanmast. Die Brigg hat zwei vollgetakelte Masten, der Schoner vollgetakelten Fockmast und Grofsmast mit Gaffeltakelung. Der Gaffelschoner hat nur Masten mit Schratsegeln. Jacht, Schlup, Galiote, Kutter, Ewer, Kuff, Tjalk, Schmack, Schnigge, Quatze etc. sind die Namen kleinerer Küstenfahrzeuge, welche teils durch die Form des Schiffsrumpfes, teils durch die Takelung charakterisiert sind.

37. Schiffsvermessung.

Der Bruttoraumgehalt wird in der Regel nach dem vollständigen Verfahren mit Hilfe der Simpsonschen Formel (S. 29) bestimmt; ausnahmsweise kann ein abgekürztes Verfahren angewandt werden, wenn das Schiff ganz oder teilweise beladen ist oder Umstände anderer Art die Vermessung nach dem vollständigen Verfahren nicht zulassen. Das Vermessungsdeck ist bei allen Schiffen mit mehr als einem Deck das zweite von unten. Die Räume unter diesem werden als Ganzes vermessen; die darüber befindlichen Decks werden einzeln vermessen. Zum Bruttoraumgehalt werden sämtliche Räume einschliefslich der festen Aufbauten auf Deck, aber ausschliefslich des Doppelbodens, soweit er nicht zur Aufnahme von Ladung, Brennstoff u. s. w. dient, gemessen. Aufserdem wird der Teil der über das Deck vorstehenden Luken, welcher 0,5% des Bruttoraumgehaltes übersteigt, mitvermessen. Nicht mitvermessen werden: Deckaufbauten zur Unterbringung der Hilfsmaschinen, Steuerhaus, Kombüse und Destillierraum, wenn sie nicht gröfser sind, als notwendig ist, Aborte für die Mannschaft und je ein Abort für 50 Fahrgäste, jedoch höchstens 12 Aborte.

Den Nettoraumgehalt erhält man, wenn man vom Bruttoraumgehalt abzieht:

alle Räume zum Gebrauch der Schiffsmannschaft,

alle Räume, welche zur Navigierung erforderlich sind,

die Räume für Hilfskessel und Hilfsmaschinen,

bei Segelschiffen den Raum für Segel, solange er $2^1/_2$% des Bruttoraumgehaltes nicht übersteigt,

bei Dampfern die Maschinen- und Kesselräume einschliefslich Wellentunnel und Schächte, aber ausschliefslich Bunker mit Berücksichtigung der folgenden Regeln.

Man mifst die mittlere Tiefe des Raumes von der unteren Fläche des zunächst über der Maschine befindlichen Decks bis zur oberen Fläche der Bodenwrangen bezw. des inneren Doppelbodens. Dann mifst man in halber Höhe dieses Raumes mindestens drei Breiten, aus denen das arithmetische Mittel gewonnen wird, sowie die mittlere Länge des Raumes zwischen den begrenzenden Querschotten. Das Produkt aus diesen drei Zahlen gibt den Kubikinhalt des Maschinenraumes unter dem zunächst darüber gelegenen Deck. Hierauf wird der Raumgehalt der über diesem Deck befindlichen Räume, die für die Maschine oder für den Zutritt von Licht und Luft zum Maschinenraum bis zum Oberdeck abgeschieden sind, ermittelt, indem für jeden das Produkt aus mittlerer Länge, Breite und Tiefe gebildet wird. Bei Schraubendampfern gehört dazu noch der Wellentunnel, dessen Inhalt ebenfalls das Produkt aus mittlerer Länge, Breite und Tiefe ist. Die Summe der erhaltenen Zahlen gibt den Inhalt des Maschinenraumes.

Beträgt der Inhalt der Maschinen- und Kesselräume bei Raddampfern weniger als 20%, bei Schraubendampfern weniger als 13% des Bruttoraumgehaltes, so werden bei ersteren 50%, bei letzteren 75% dem gemessenen Inhalte der Maschinen- und Kesselräume vorgeschlagen; beträgt der Inhalt bei Raddampfern 20 bis 30%, bei Schraubendampfern 13 bis 20%, so werden für Maschinen und Kesselräume bei Raddampfern 37%, bei Schraubendampfern 32% des Bruttoraumgehaltes des Schiffes in Abzug gebracht; beträgt der Inhalt über 80% bei Raddampfern, über 20% bei Schraubendampfern, so kann der Reeder wählen, nach welcher der beiden Regeln der Abzug stattfinden soll.

38. Entfernungen in Seemeilen.

In den Tabellen 6 und 8 bis 11 ist als Ausgangspunkt der Meridian des Feuerschiffes Aufsenweser genommen[1]); derselbe ist entfernt von: Wilhelmshaven 27, Bremerhaven 35, Bremen 69, Cuxhaven 37, Brunsbüttel 53, Hamburg 93 Seemeilen.

1. Bremen—Weser F.-Sch.

Bremen	0
Vegesack	7
Elsfleth	14
Brake	20
Nordenhamm	29
Bremerhaven	34
Meyerslegde	46
Hohenweg	51
Bremen F.-Sch.	57
Rothe Sand	60
Schlüsseltonne	66
Weser F.-Sch.	69

2. Hamburg—Elbe F.-Sch.

Hamburg	0
Blankenese	6
Brunshausen	17
Glückstadt	28
Brokdorf	33
Brunsbüttel Schleuse	40
Cuxhaven	56
Elbe F.-Sch. IV	61
Elbe F.-Sch. I	77

3. Kaiser Wilhelm-Kanal.

Kiel	0
Holtenau	3
Brunsbüttel Schleuse	56½
Cuxhaven	73
Weser F.-Sch.	110
Wilhelmshaven	138

4. Kiel—Memel.

Kiel	0
Stoller Grund	12
Markelsdorfer Huk	39
Marienleuchte	47
Travemünde	90
Gyedser F.-Sch.	79
Darser Ort	91
Stralsund	126
Arkona	128
Stubbenkammer	140
Greifswalder Oie	162
Swinemünde	186
Stettin	221
Adler Grund	161
Jörshöft	239
Rixhöft	300
Hela	324
Neufahrwasser	342
Danzig	347
Pillau	356
Königsberg	378
Elbing	394
Brüsterort	358
Memel	412

5. Wilhelmshaven—Kiel.

Wilhelmshaven	0
Weser F.-Sch.	27
Helgoland	45
Hornsriff	131
Bovbjerg	195
Hanstholm	235
Hirshals	295
Skagen F.-Sch.	330
Hirsholm	348
Läsö Rinn. F.-Sch.	365
Tangen	399
Fornäs	413
Läsö Trindel	357
Kobber Grund	376
Anholts Knob	405
Kullen	438
Helsingör	455
Kopenhagen	476
Falsterbo F.-Sch.	501
Fornäs	433
Schultz Grund	455
Roesnäs	482
Korsör	509
Fakkebjerg	551
Elephant Grund	497
Tranckjaer	535
Fakkebjerg	573
Friedrichsort	581
Kiel	585

6. Aufsenweser F.-Sch.—Kanal.

Aufsenweser F.-Sch.	0
Borkum F.-Sch.	53
Schiermonikoog	65
Ameland	84
Terschelling Tief	98
Terschelling F.-Sch.	109
Texel	121

[1]) Vergl. die ausführlichen Entfernungstabellen in J. Bortfeldts »Schiffstaschenbuch«, Bremen, Heinsius Nachf.

Kykduin	134
Haaks F.-Sch.	144
Ymuiden	177
Amsterdam	192
Maas F.-Sch.	204
Rotterdam	229
SchouwenF.-Sch.	222
Vlissingen	245
Antwerpen	290
Ushant	730
Nord Hinder	247
East Godwin	289
Dover	301
Dungeness	319
Havre	419
Ushant	656
Beachy Head	351
Owers	386
Southampton Water	416
Needles	434
Cherbourg	496
Bishop Rock	687
Needles	419
Start Point	502
Plymouth	527
Bishop Rock	624
Eddystone	526
Lizard	564
Bishop Rock	613

7. Bishop Rock — New York.

Nördlicher Weg vom 15. Juli bis 14. Jan.

a) Ausreise:

Bishop Rock	0
46° n. B. 49° w. L.	1703
43° » 60° »	2208
Nantucket	2664
Sandy Hook F.-Sch.	2858
Hoboken Pier	2881

b) Rückreise:

Hoboken Pier	0
Sandy Hook F.-Sch.	23
n. B. w. L.	
40° 10′ 70°	202
42° 5′ 60°	670
46° 30′ 45°	1368
Bishop Rock	2907

Südlicher Weg vom 15. Jan. bis 14. Juli.

c) Ausreise:

Bishop Rock	0
n. Br. w. L.	
42° 30′ 49°	1796
Nantucket	2733
Sandy Hook F.-Sch.	2927
Hoboken Pier	2950

d) Rückreise:

Hoboken Pier	0
Sandy Hook F.-Sch.	23
n. B. w. L.	
40° 10′ 70°	202
41° 40′ 49°	1162
Bishop Rock	2983

8. Aufsenweser F.-Sch. — Südamerika.

Antwerpen	290
Finisterre	1115
Vigo	1171
Oporto	1225
Lissabon	1396
Porto Grande	2953
Pernambuco	4565
Bahia	4955
Rio de Janeiro	5713
Santos	5919
Montevideo	6630
Buenos Aires	6757

9. Aufsenweser F.-Sch. — Ostasien.

Antwerpen	290
Southampton Water	539
Gibraltar	1764
Genua	2668
Neapel	3004
Port Said	4194
Suez	4201
Aden	5509
Colombo	7602
Penang	8880
Singapore	9275
Hongkong	10712
Futschau	11173
Shanghai	11582
Nagasaki	11994
Hiogo	12383
Yokohama	12713

10. Aufsenweser F.-Sch. — Australien.

Vergl. 9.

Colombo (vergl. 9)	7602
Fremantle	10722
Adelaide	12052
Melbourne	12537
Sydney	13097

11. Singapore — Sidney.

Singapore (vergl. 9)	0
Batavia	532
Macassar	1282
Berlin Hafen	2817
Friedrich Wilhelm Hafen	3092
Herbertshöhe	3634
Townsville	4769
Brisbane	5469
Sydney	5967

XII. Teil.

Gesetze und Vorschriften.

Vorschriften, betr. die Anlegung, Beaufsichtigung und den Betrieb von Dampfkesseln.

(Auszug.)

Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln.

(Vom 5. August 1890, R.-G.-Bl. S. 163.)

I. Bau der Dampfkessel.

§ 1. Kesselwandungen. Die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkessel, der Feuerröhren und der Siederöhren dürfen nicht aus Gufseisen hergestellt werden, sofern deren lichte Weite bei zylindrischer Gestalt 20 cm, bei Kugelgestalt 30 cm übersteigt.

Die Verwendung von Messingblech ist nur für Feuerröhren, deren lichte Weite 10 cm nicht übersteigt, gestattet.

§ 2. Feuerzüge. Die um oder durch einen Dampfkessel gehenden Feuerzüge müssen an ihrer höchsten Stelle in einem Abstand von mindestens 10 cm unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel des Kessels liegen. Dieser Minimalabstand mufs für Kessel auf Flufs- und Landseeschiffen bei einem Neigungswinkel der Schiffsbreite gegen die Horizontalebene von vier Grad, für Kessel auf Seeschiffen bei einem Neigungswinkel von acht Grad noch gewahrt sein.

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung auf Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Teiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser bespülte Kesselfläche, welche von dem Feuer vor Erreichung der vom Dampf bespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzug mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzug mindestens vierzigmal so grofs ist als die Fläche des Feuerrostes.

II. Ausrüstung der Dampfkessel.

§ 3. Speisung. An jedem Dampfkessel mufs ein Speiseventil angebracht sein, welches bei Abstellung der Speisevorrichtung durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird.

§ 4. Jeder Dampfkessel mufs mit zwei zuverlässigen Vorrichtungen zur Speisung versehen sein, welche nicht von derselben Betriebsvorrichtung abhängig sind, und von denen jede für sich imstande ist, dem Kessel die zur Speisung erforderliche Wasser-

menge zuzuführen. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Dampfkessel werden hierbei als ein Kessel angesehen.

§ 5. Wassertandszeiger. Jeder Dampfkessel mufs mit einem Wasserstandsglase und mit einer zweiten geeigneten Vorrichtung zur Erkennung seines Wasserstandes versehen sein. Jede dieser Vorrichtungen mufs eine gesonderte Verbindung mit dem Innern des Kessels haben, es sei denn, dafs die gemeinschaftliche Verbindung durch ein Rohr von mindestens 60 qcm lichtem Querschnitt hergestellt ist.

§ 6. Werden Probierhähne zur Anwendung gebracht, so ist der unterste derselben in der Ebene des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes anzubringen. Alle Probierhähne müssen so eingerichtet sein, dafs man behufs Entfernung von Kesselstein in gerader Richtung hindurchstofsen kann.

§ 7. Wasserstandsmarke. Der für den Dampfkessel festgesetzte niedrigste Wasserstand ist an dem Wasserstandsglase sowie an der Kesselwandung oder dem Kesselmauerwerk durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen.

An der Aufsenwand jedes Dampfschiffkessels ist die Lage der höchsten Feuerzüge nach der Richtung der Schiffsbreite in leicht erkennbarer dauerhafter Weise kenntlich zu machen; ferner sind an derselben zwei Wasserstandsgläser in einer zur Längenrichtung des Schiffes normalen Ebene, in gleicher Höhe, symmetrisch zur Kesselmitte und möglichst weit von ihr nach rechts und links abstehend, anzubringen. Durch das hierdurch bei Dampfschiffskesseln geforderte zweite Wasserstandsglas wird die im § 5 angeordnete zweite Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes nicht entbehrlich gemacht.

§ 8. Sicherheitsventil. Jeder Dampfkessel mufs mit wenigstens einem zuverlässigen Sicherheitsventil versehen sein.

Wenn mehrere Kessel einen gemeinsamen Dampfsammler haben, von welchem sie nicht einzeln abgesperrt werden können, so genügen für dieselben zwei Sicherheitsventile.

Dampfschiffs-, Lokomobil- und Lokomotivkessel müssen immer mindestens zwei Sicherheitsventile haben. Bei Dampfschiffskesseln, mit Ausschlufs derjenigen auf Seeschiffen, ist dem einen Ventil eine solche Stellung zu geben, dafs die vorgeschriebene Belastung vom Verdeck aus mit Leichtigkeit untersucht werden kann.

Die Sicherheitsventile müssen jederzeit gelüftet werden können. Sie sind höchstens so zu belasten, dafs sie bei Eintritt der für den Kessel festgesetzten höchsten Dampfspannung den Dampf entweichen lassen.

Bemerkung: Wenn auf langen Reisen die Spannkraft der Feder nachläfst, so dafs die Sicherheitsventile zu früh abblasen, dann ist der Obermaschinist berechtigt, ein Nachspannen der Federn vorzunehmen. Von dieser Änderung ist die zuständige Behörde sofort nach dem Eintreffen des Schiffes im Heimatshafen zu benachrichtigen.

§ 9. Manometer. An jedem Dampfkessel mufs ein zuverlässiges Manometer angebracht sein, an welchem die festgesetzte höchste Dampfspannung durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen ist.

An Dampfschiffskesseln müssen zwei dergleichen Manometer angebracht werden, von denen sich das eine im Gesichtskreise

des Kesselwärters, das andere, mit Ausnahme der Seeschiffe, auf dem Verdeck an einer für die Beobachtung bequemen Stelle befindet. Sind auf einem Dampfschiffe mehrere Kessel vorhanden, deren Dampfräume miteinander in Verbindung stehen, so genügt es, wenn aufser den an den einzelnen Kesseln befindlichen Manometern auf dem Verdeck ein Manometer angebracht ist.

§ 10. Fabrikschild. An jedem Dampfkessel mufs die festgesetzte höchste Dampfspannung, der Name des Fabrikanten, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung, bei Dampfschiffskesseln aufserdem die Mafsziffer des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes auf eine leicht erkennbare und dauerhafte Weise angegeben sein.

Diese Angaben sind auf einem metallenen Schilde (Fabrikschild) anzubringen, welches mit Kupfernieten so am Kessel befestigt ist, dafs es auch nach der Ummantelung oder Einmauerung des letzteren sichtbar bleibt.

III. Prüfung der Dampfkessel.

§ 11. Druckprobe. Jeder neu aufzustellende Dampfkessel mufs nach seiner letzten Zusammensetzung vor der Einmauerung oder Ummantelung unter Verschlufs sämtlicher Öffnungen mit Wasserdruck geprüft werden.

Die Prüfung erfolgt bei Dampfkesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als fünf Atmosphären Überdruck bestimmt sind, mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Überdrucks, bei allen übrigen Dampfkesseln mit einem Druck, welcher den beabsichtigten Überdruck um fünf Atmosphären übersteigt. Unter Atmosphärendruck wird ein Druck von einem Kilogramm auf das Quadratcentimeter verstanden.

Die Kesselwandungen müssen dem Probedruck widerstehen, ohne eine bleibende Veränderung ihrer Form zu zeigen und ohne undicht zu werden. Sie sind für undicht zu erachten, wenn das Wasser bei dem höchsten Druck in anderer Form als der von Nebel oder feinen Perlen durch die Fugen dringt.

§ 12. Wenn Dampfkessel eine Ausbesserung in der Kesselfabrik erfahren haben, oder wenn sie behufs der Ausbesserung an der Betriebsstätte ganz blofs gelegt worden sind, so müssen sie in gleicher Weise wie neu aufzustellende Kessel, der Prüfung mittels Wasserdrucks unterworfen werden.

Wenn bei Kesseln mit innerem Feuerrohr ein solches Rohr und bei den nach Art der Lokomotivkessel gebauten Kesseln die Feuerbuchse behufs Ausbesserung oder Erneuerung herausgenommen, oder wenn bei zylindrischen und Siedekesseln eine oder mehrere Platten neu eingezogen werden, so ist nach der Ausbesserung oder Erneuerung ebenfalls die Prüfung mittels Wasserdrucks vorzunehmen. Der völligen Blofslegung des Kessels bedarf es hier nicht.

§ 13. Prüfungsmanometer. Der bei der Prüfung ausgeübte Druck darf nur durch ein genügend hohes offenes Quecksilbermanometer oder durch das von dem prüfenden Beamten geführte amtliche Manometer festgestellt werden.

An jedem Dampfkessel mufs sich eine Einrichtung befinden, welche dem prüfenden Beamten die Anbringung des amtlichen Manometers gestattet.

Bestimmungen über die Genehmigung, Prüfung und Revision der Dampfkessel.

11. Jeder Dampfschiffskessel ist mindestens alljährlich einer äufseren Revision und alle zwei Jahre einer inneren Revision oder Wasserdruckprobe zu unterwerfen. Die innere Revision kann der Revisor nach seinem Ermessen durch eine Wasserdruckprobe ergänzen.

Diese Wasserdruckprobe erfolgt bei Kesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als 10 Atmosphären Überdruck bestimmt sind, mit dem anderthalbfachen Betrage des genehmigten Überdrucks, bei allen übrigen Kesseln mit einem Drucke, welcher den genehmigten Überdruck um 5 Atmosphären übersteigt. Bei der Probe ist, soweit dies vom Revisor verlangt wird, die Ummantelung des Kessels zu beseitigen.

Anweisung betreffend die Untersuchung der Dampfkessel.

V. Regelmäfsige technische Untersuchungen.

§ 29.

I. Jeder zum Betriebe aufgestellte Dampfkessel, er mag unausgesetzt oder nur in bestimmten Zeitabschnitten oder unter gewissen Voraussetzungen (z. B. als Reservekessel) betrieben werden, ist von Zeit zu Zeit einer technischen Untersuchung zu unterziehen.

§ 32.

I. Die amtliche Untersuchung der Dampfkessel ist eine äufsere oder eine innere oder eine Prüfung durch Wasserdruck. Für die nachgenannten Untersuchungsfristen sind die Etatsjahre, d. h. der Zeitraum zwischen dem ersten April des einen und des folgenden Jahres mafsgebend.

II. Die regelmäfsige äufsere Untersuchung findet bei feststehenden Dampfkesseln alle zwei Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln alle Jahre statt.

III. Die regelmäfsige innere Untersuchung ist bei feststehenden Kesseln alle vier Jahre, bei beweglichen alle drei Jahre und bei Schiffsdampfkesseln alle zwei Jahre vorzunehmen.

IV. Die regelmäfsige Wasserdruckprobe findet bei feststehenden Kesseln mindestens alle acht Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln mindestens alle sechs Jahre statt und ist mit der in demselben Jahre fälligen inneren Untersuchung möglichst zu verbinden.

§ 33.

I. Die äufsere Untersuchung besteht vornehmlich in einer Prüfung der ganzen Betriebsweise des Kessels; eine Unterbrechung des Betriebes darf dabei nur verlangt werden, wenn Anzeichen gefahrbringender Mängel, deren Vorhandensein und Umfang nicht anders festgestellt werden kann, sich ergeben haben.

II. Die Untersuchung ist zu richten:

Auf die Ausführung und den Zustand der Speisevorrichtungen, der Wasserstandsvorrichtungen, wobei zu bemerken ist, dafs Probierhähne während des Betriebes in gerader Richtung durchstofsbar sein müssen, der Sicherheitsventile und etwaiger anderer Sicherheitsvorrichtungen, der Feuerungsanlage und der Mittel zur

Regelung und Absperrung des Zutritts der Luft und zur tunlichst schnellen Beseitigung des Feuers;

auf alle ohne Unterbrechung oder Schädigung des Betriebes zugänglichen Kesselteile, namentlich die Feuerplatten, soweit sie zur Besichtigung freiliegen;

auf die Anordnung und den Zustand der Abblasevorrichtungen, die Vorkehrungen zur Reinigung des Kesselinnern oder des Speisewassers und der Feuerzüge, sowie

auf alle etwa noch zum Betriebe des Kessels gehörigen Einrichtungen.

III. Die Betriebseinrichtungen sind in der Regel durch Ingangsetzen zu prüfen.

IV. Ebenso ist bei der äufseren Untersuchung zu prüfen, ob der Kesselwärter die zur Sicherheit des Betriebes erforderlichen Vorrichtungen anzuwenden und die im Augenblicke der Gefahr notwendigen Mafsnahmen zu ergreifen versteht, und ob er mit der sachgemäfsen Behandlung der Feuerung und aller Betriebseinrichtungen vertraut ist.

§ 34.

I. Die innere Untersuchung bezweckt die Prüfung der Beschaffenheit des Kesselkörpers, welcher dabei, soweit wie nötig, von innen und aufsen durch den Kesselprüfer genau zu besichtigen ist.

III. Die innere Untersuchung ist vornehmlich zu richten:

Auf die Beschaffenheit der Kesselwandungen, Niete, Anker, Heiz- und Rauchrohre, wobei zu ermitteln ist, ob die Widerstandsfähigkeit dieser Teile durch den Gebrauch gefährdet ist;

auf das Vorhandensein und die Natur des Kesselsteins, seine genügende Beseitigung und die Mittel dazu;

auf den Zustand der Wasserzuleitungsröhren und der Reinigungsöffnungen;

auf den Zustand der Speise- und Dampfventile;

auf den Zustand der Verbindungsröhren zwischen Kessel und Manometer bezw. Wasserstandszeiger sowie der übrigen Sicherheitsvorrichtungen;

auf den Zustand der ganzen Feuerungseinrichtung sowie der Feuerzüge aufserhalb wie innerhalb des Kessels.

§ 36.

I. Werden bei einer Untersuchung erhebliche Unregelmäfsigkeiten in dem Betriebe ermittelt oder erscheint die Beobachtung eines zur Zeit noch unbedenklichen Schadens geboten, so kann nach dem Ermessen des Kesselprüfers in kürzerer Frist, als im § 32 festgesetzt ist, eine aufserordentliche Untersuchung vorgenommen werden.

II. Hat eine Untersuchung Mängel ergeben, welche Gefahr herbeiführen können, und wird diesen nicht sofort abgeholfen, so mufs nach Ablauf der zur Herstellung des vorschriftsmäfsigen Zustandes festzusetzenden Frist die Untersuchung von neuem vorgenommen werden.

§ 37.

I. Die äufsere Untersuchung erfolgt ohne vorherige Benachrichtigung des Kesselbesitzers. Ausnahmsweise kann bei denjenigen beweglichen und Dampfschiffskesseln, welche ihren Be-

triebsort häufig wechseln, der Zeitpunkt für diese Untersuchung mit dem Kesselbesitzer vereinbart werden.

II. Von einer bevorstehenden inneren Untersuchung oder Wasserdruckprobe ist der Besitzer mindestens vier Wochen vorher zu unterrichten.

VI. Durch die Untersuchung der Dampfschiffskessel dürfen die Fahrten der Schiffe nicht gestört werden; die innere Untersuchung und Wasserdruckprobe von Dampfschiffskesseln ist vor dem Beginn der Fahrten des betreffenden Jahres zu bewirken.

§ 38.

I. Der Befund der Untersuchungen ist in das Revisionsbuch einzutragen.

VII. Sonstige Bestimmungen.

§ 45.

I. Die Kesselbesitzer oder deren Stellvertreter sind verpflichtet von jeder vorkommenden Explosion eines Dampfkessels in erster Linie dem für den Bezirk zuständigen Staatsbeamten, auch wenn der Kessel unter Überwachung eines Vereins steht, unverzüglich Anzeige zu erstatten. Die gleiche Anzeige ist, wenn der Kessel der Überwachung durch Vereinsingenieure unterliegt, an den Vereinsingenieur zu richten.

II. Eine Dampfkesselexplosion liegt vor, wenn die Wandung des Kessels durch den Dampfkesselbetrieb eine Trennung in solchem Umfange erleidet, dafs durch Ausströmen von Wasser und Dampf ein plötzlicher Ausgleich der Spannungen innerhalb und aufserhalb des Kessels stattfindet.

III. Für die amtliche Untersuchung explodierter Kessel sind Gebühren nicht zu entrichten.

Anweisung zur Vorbereitung der Kessel für die innere Untersuchung und zur Wasserdruckprobe.

I. Vorbereitung zur inneren Untersuchung.

Vor der Untersuchung mufs der Kesselstein und Schlamm im Innern des Kessels und der Rufs und die Flugasche am Äufsern des Kessels vollständig beseitigt und eine gründliche Reinigung der Feuerzüge (gründliches Abbürsten mit Drahtbürsten) von Asche und Rufs vorgenommen sein.

Ausziehbare Kessel sind auseinandergenommen zur Untersuchung zu stellen.

Stehen angeheizte Kessel mit dem zu untersuchenden in Verbindung, so ist die Speise- und Dampfleitung durch einen Blindflansch abzusperren, oder es ist ein Stück der Leitung auszuschalten.

Das Anstreichen der Kesselwandungen innen oder aufsen vor der Untersuchung ist unstatthaft. Sämtliche Hähne, Ventile, Dichtungen und Verschraubungen sind zur Untersuchung gründlich nachzusehen, nachzuschleifen und zu dichten. Zur Untersuchung sind zwei Kerzen, Handhammer, Flach- und Kreuzmeifsel bereit zu halten.

II. Vorbereitung zur Wasserdruckprobe.

Der Kessel ist vollständig mit Wasser zu füllen. Es ist darauf zu achten, dafs beim Füllen die Luft aus dem Kessel vollständig

entweichen kann, erforderlichenfalls ist an der höchsten Stelle eine Entlüftungsvorrichtung (Hahn oder Schraube) anzubringen.

Sämtliche Dichtungen und Verpackungen sind vorher gründlich zu untersuchen, auch sind alle Hähne, Ventile und Verschraubungen nachzuschleifen und zu verdichten.

Die Druckpumpe mufs in brauchbarem Zustande und ihre Verbindung mit dem Kessel vor Ankunft des Kesselprüfers hergestellt sein.

Zur Beseitigung etwaiger Undichtigkeiten vor der amtlichen Probe ist der Kessel mit einem die festgesetzte höchste Dampfspannung um eine Atmosphäre übersteigenden Druck vorzupressen. Die dabei auftretenden Undichtigkeiten sind zu beseitigen.

Das Sicherheitsventil ist für diese Untersuchung festzukeilen, jedoch nicht durch einen Blindflansch abzusperren. Nach der Druckprobe wird die Belastung des Ventils geprüft, daher ist dasselbe vorher sauber einzuschleifen und erforderlichenfalls nachzudrehen.

Die Reinigungsöffnungen in den Feuerzügen sind sämtlich zu öffnen; die Kesselwandungen und die Feuerzüge sind in derselben Weise zu reinigen, wie dieses für die innere Untersuchung vorgeschrieben ist (s. v.).

Soll bei befahrbaren Kesseln die innere Untersuchung mit der Wasserdruckprobe an demselben Tage vorgenommen werden, so ist der zu untersuchende Kessel zuerst zur inneren Untersuchung vorzubereiten.

Bei Kesseln, welche ihrer Bauart wegen nicht in allen Teilen genau besichtigt werden können, tritt an Stelle der inneren Untersuchung die Wasserdruckprobe; demnach sind diese Kessel stets zur Wasserdruckprobe vorzubereiten.

Die Ummantelung und Einmauerung von Kesseln mit nicht befahrbaren Zügen ist vor der Druckprobe so weit zu entfernen, dafs sämtliche Nähte zugänglich sind.

Bremisches Gesetz,

betr. die Führung und Behandlung des Maschinentagebuches auf Seedampfschiffen der Handelsflotte.

Der Senat verordnet im Einverständnis mit der Bürgerschaft:

§ 1. Auf jedem im Bremischen Staatsgebiete beheimateten, zur Handelsflotte gehörigen Seedampfschiff ist ein Maschinentagebuch unter Aufsicht des leitenden Maschinisten zu führen und von diesem täglich zu unterschreiben.

Die Führung des Maschinentagebuches kann unterbleiben bei allen Fahrten, auf welchen für die Leitung der Maschine ein Maschinist IV. Klasse genügt, und bei regelmäfsigen, unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht mehr als zwölf Stunden andauernden Fahrten auch dann, wenn für die Leitung der Maschine ein Maschinist III. Klasse erforderlich ist.

§ 2. Das Maschinentagebuch ist nach einem Schema zu führen, welches den Zeitraum eines bürgerlichen Tages umfafst.

Das Tagebuch mufs, wenn es in Gebrauch genommen wird, mit fortlaufenden Seitenzahlen versehen sein. Das Herausreifsen von Blättern ist nicht statthaft, auch dürfen Radierungen nicht

vorgenommen werden. Etwaige Änderungen der Eintragungen sind durch einfaches Durchstreichen so zu bewirken, dafs das Durchgestrichene leserlich bleibt. Nachträgliche Einschaltungen und Zusätze sind ausdrücklich als solche zu bezeichnen.

§ 3. In das Maschinentagebuch sind einzutragen:

1. von Tag zu Tag:
   Vorrat, Verbrauch und Rest des Heizmaterials;
2. von Wache zu Wache:
   Nr. 3. Salzgehalt im Kesselwasser,
   » 4. Temperatur des Speisewassers,
   » 5. Temperatur des Schraubenrohr-(Stevenrohr-) Wassers;
3. von Stunde zu Stunde:
   Nr. 6. Dampfdruck im Kessel,
   » 7. Temperatur im Maschinenraum,
   » 8. Temperatur im Kesselraum,
   » 9. Luftleere im Kondensator,
   » 10. Umdrehungen in der Minute.

Die Temperatur im Maschinenraum ist am Standorte des Maschinisten in Kopfhöhe, diejenige im Kesselraum möglichst nahe der Arbeitsstelle der Heizer ebenfalls in Kopfhöhe zu messen.

Unter den »Bemerkungen« sind alle den Kessel und die Maschinen betreffenden erheblichen Vorfälle einzutragen, namentlich:

a) die Zeit, zu welcher die Feuer angesteckt worden sind,
b) die Zeit, zu welcher die Maschine in und aufser Betrieb gesetzt worden ist,
c) sämtliche gröfseren Arbeiten, welche zur Unterhaltung oder Reparatur der Maschine oder Kessel während der Reise vorgenommen werden,
d) Änderungen und Unterbrechungen des Ganges der Maschine währand der Fahrt oder wenigstens soweit durch die Umstände, insbesondere durch die häufige und schnelle Aufeinanderfolge des Wechsels in Revieren und Häfen, eine genaue Eintragung ausgeschlossen wird, allgemeine Vermerke über Manövrieren mit der Maschine,
e) sämtliche Maschinen- oder Kesselhavarien,
f) das Einnehmen und Auspumpen von Wasserballast.

§ 4. Bei allen Eintragungen ist der Zeitpunkt der Beobachtungen, welche den Eintragungen zugrunde liegen, anzugeben.

§ 5. Bei Fahrten, auf welchen für die Leitung der Maschine ein Maschinist III. Klasse genügt, kann die Ausfüllung folgender Spalten unterlassen werden:

Nr. 4. Temperatur des Speisewassers,
» 5. Temperatur des Schraubenrohrwassers,
» 6. Temperatur des Seewassers,
» 7. Temperatur im Maschinenraum,
» 8. Temperatur im Kesselraum.

§ 6. Das Maschinentagebuch ist fünf Jahre, von dem Tage der letzten Eintragung an gerechnet, aufzubewahren.

Die Aufbewahrung kann an Bord oder am Lande erfolgen.

§ 7. Bei Seeunfällen hat der leitende Maschinist, soweit es nach der Lage der Umstände geschehen kann, für die Rettung des Maschinentagebuches zu sorgen.

§ 8. Dem Maschinentagebuch ist eine Beschreibung der Maschine und der Kessel voranzuschicken. Diese Beschreibung mufs sich auf die in der Anlage bezeichneten Angaben erstrecken und nach jedem Umbau der Maschine oder der Kessel oder wesentlicher Teile derselben berichtigt werden.

§ 9. Der Schiffer ist verpflichtet, einen Abdruck dieser Vorschriften an Bord zu führen.

§ 10. Zuwiderhandlungen gegen diese Vorschriften werden mit Geldstrafen bis zu 100 Mark bestraft.

§ 11. Dieses Gesetz tritt am 1. Januar 1904 in Kraft. Beschlossen: Bremen in der Versammlung des Senats am 5. Mai und bekanntgemacht am 11. Mai 1893.

Die gleichen Vorschriften sind für die in Preufsen heimatlichen Kauffahrteischiffe durch Verordnung des Ministers für Handel und Gewerbe, datiert: Berlin, den 27. April 1893, erlassen worden.

Verzeichnis der Angaben,

auf welche die dem Maschinentagebuche vorauszuschickende Beschreibung der Maschine und der Kessel sich zu erstrecken hat.

A. Maschine:

1. Erbaut von wem und wann? System und indizierte Pferdekräfte. Es ist anzugeben, ob die Maschinen
   1. »horizontale, vertikale, schrägliegende, Hammermaschinen oder oszillierende«,
   2. »direkt-, indirekt-, oder rückwirkend«,
   3. »einfache, zweifache (Compound- oder Woolfsche), dreifache oder vierfache Expansionsmaschinen«,
   4. »mit Einspritz- oder Oberflächenkondensator versehen oder ohne Kondensator« sind.

2. Durchmesser, Steigung und Flügelzahl der Schraube und bei Raddampfern: Durchmesser der Räder, Anzahl und Gröfse der Schaufeln.

3. Anzahl und Durchmesser der Zylinder sowie Kolbenhublänge.

4. Anzahl, Länge und Durchmesser der Kondensatorrohre.

5. Anzahl, Hublänge und Kolbendurchmesser sämtlicher Pumpen.

6. Beschreibungen sämtlicher Lenzvorrichtungen mit Angabe darüber, ob und wo Rückschlagventile vorhanden sind.

B. Kessel (nach Mafsgabe der amtlichen Kesselpapiere):

1. Erbaut von wem und wann? Anzahl, System und Material.

2. Länge und Durchmesser der Kessel; Dicke der Aufsenwandung.

3. Anzahl und Durchmesser der Feuer- (bzw. Siede-)Rohre.

4. Anzahl, Durchmesser und Belastung der Sicherheitsventile an jedem Kessel.

5. Gesamtzahl, Dimensionen und Blechstärke der Feuerstellen (Feuerbüchsen).

6. Gesamtgröfse der Rostfläche.

7. Zulässiger Druck.

8. Raumgehalt jedes einzelnen Kohlenbunkers.

Auszug aus den Unfallverhütungsvorschriften der See-Berufsgenossenschaft.

I. Allgemeine Bestimmungen.

§ 6. Aufserhalb der kleinen Küstenfahrt mufs auf jedem Schiffe ein Journal und ein Maschinenjournal geführt werden, in welches für jede Reise alle erheblichen Begebenheiten, seit mit dem Einnehmen der Ladung oder des Ballastes begonnen ist, einzutragen sind.

Ferner ist auf jedem Schiffe ein Unfalljournal zu führen, in welches jeder Unfall einzutragen ist, durch welchen eine auf dem Schiffe beschäftigte Person auf der Reise getötet wird oder eine Körperverletzung erleidet, die eine völlige oder teilweise Arbeitsunfähigkeit von mehr als drei Tagen oder den Tod zur Folge hat.

§ 36. Die Triebräder der Steuergeschirre, der Dampfwinden und wo angängig auch der übrigen Winden sind mit Schutzblechen oder sonst geeigneten Schutzvorrichtungen zu versehen.

§ 38. Bei allen Schiffen ist an sämtlichen zum Löschen und Laden bestimmten Kränen von 3000 kg Tragfähigkeit und darüber die zulässige Belastung in deutlich sichtbarer Weise anzugeben. Die an den Kränen vermerkte gröfste zulässige Belastung derselben darf in keinem Falle überschritten werden.

VII. Feuerlöschvorrichtungen.

§ 45. Auf jedem Schiffe über 150 cbm Brutto-Raumgehalt mufs eine Dampfpumpe als Feuerspritze eingerichtet, sowie genügende Schlauchlängen, Mundstück und passende Verschraubungen an Bord sein.

§ 46. Alle Dampfer in langer und atlantischer Fahrt, an deren Bord sich in der Regel mehr als 100 Personen befinden, müssen Vorrichtungen zum Löschen von etwa ausbrechendem Feuer durch Dampf besitzen. Beträgt die Länge dieser Dampfer mehr als 100 m, so müssen dieselben auch in allen durchlaufenden Decks über dem Schottendeck sowie in allen langen Aufbauten, in welchen Ladung gefahren wird, in Abständen von höchstens 40 m mit eisernen oder stählernen Querschotten (Feuerschotten) versehen sein. Diese Bestimmungen treten in Kraft für Schiffe, deren Bau später als sechs Monate nach Bekanntmachung dieser Vorschriften begonnen wurde.

§ 47. An Bord eines jeden in transatlantischer Fahrt beschäftigten Passagierdampfers von mehr als 5000 t R. Brutto-Raumgehalt müssen zwei Rauchhelme vorhanden sein.

VIII. Vorkehrungen im Maschinen- und Heizraum sowie sonst unter Deck.

Die Kessel- und Maschinenräume müssen den Vorschriften der Anlage IV entsprechen.

Anlage IV.

§ 1. Die Kessel- und Maschinenräume eines jeden Dampfers müssen gut ventiliert sein.

§ 2. Die vom Deck nach den Kessel- oder Maschinenräumen führenden Treppen und Leitern müssen von hinreichender Breite und so bequem und sicher eingerichtet sein, dafs die Mannschaft sich jederzeit rasch aus den genannten Räumen entfernen kann.

§ 3. Wenn Kessel- und Maschinenraum voneinander getrennt, oder wenn Kessel so aufgestellt sind, dafs die Feuerungen von der Maschine abgewendet sind, müssen für Maschinen- und Kesselraum gesonderte Niedergangstreppen oder Leitern vorhanden sein.

§ 4. An den Wänden der Maschinenräume und in den Tunneln sind Handleisten oder andere geeignete Vorkehrungen anzubringen, an welchen sich das Maschinenpersonal halten und vor dem Ausgleiten bewahren kann.

§ 5. Alle Rohrleitungen, welche Dampf mit vollem Kesseldruck führen, aufserdem bei Dampfern, welche in der Regel mehr als 10 Passagiere befördern, alle Dampfzuführungsrohre der Hilfsdampfleitungen, auch wenn sie Dampf mit reduziertem Druck führen, müssen zur Verhütung von Wasserschlägen jederzeit, auch während des Betriebes, entwässert werden können.

Beim Einbauen der Dampfrohre ist die Niet-, Löt- oder Schweifsnaht nicht nach unten, sondern nach oben zu legen. Kupferrohre von mehr als 20 cm Durchmesser, welche unter einem Arbeitsdruck von mehr als 10 Atm. stehen, sind durch Umwickelungen oder andere geeignete Schutzvorrichtungen gegen Aufreifsen zu sichern.

§ 6. In allen Dampfrohrleitungen sind Vorrichtungen anzubringen, welche die Expansion und Kontraktion ohne wesentliche Anstrengung der Rohre zulassen und die mit den nötigen Sicherungen gegen Herauspressen der Rohre aus Stopfbüchsen durch den Dampfdruck versehen sind.

Zwischen der Haupt- und Hilfsdampfleitung ist, soweit angängig, eine Verbindung herzustellen, so dafs beim Betriebe der Hauptmaschine nur je ein Ventil an jedem Kessel geöffnet zu werden braucht.

§ 7. Die einzelnen Teile der Hauptdampfrohrleitungen der Schiffsmaschine und der Hilfsmaschinen, soweit sie nicht frei über Deck liegen, sind vor der Montage mit dem doppelten Arbeitsdruck des Kessels zu prüfen. Diese Probe ist in der Höhe des für die Kessel vorgeschriebenen Probedrucks alle 6 bis 7 Jahre bei Gelegenheit einer erforderlichen, amtlichen Kesseldruckprobe zu wiederholen.

§ 8. Bei liegenden Maschinen mufs die durch den Zylinder gehende Kolbenstange auf der der Kurbel entgegengesetzten Seite durch eine starke, geschlossene Hülse oder durch Schutzbleche, Schutzstangen oder andere geeignete Vorrichtungen geschützt sein.

§ 9. Die Maschinen sind mit Schutzvorrichtungen zu versehen, welche tunlichst verhüten, dafs das Maschinenpersonal durch Fehltritte oder heftige Bewegung des Schiffes in arbeitende Maschinenteile gerät.

§ 10. Vorstehende Bolzen an Wellenkuppelungen sind mit Schutzblechen zu verkleiden.

§ 11. Die Wasserstandsgläser und Manometer sind gut sichtbar anzubringen. Die Wasserstandsgläser sind in durch Längeneinschnitte unterbrochene Metallhülsen oder in Drahtnetze einzuschliefsen oder durch andere geeignete Vorrichtungen zu schützen.

Für Wasserstandsgläser müssen geeignete, leicht erreichbare Abschlufsvorrichtungen vorhanden sein, durch welche in verläfslicher Weise nach einem etwaigen Zerbrechen der Gläser die Bedienungsmannschaft vor dem Verbrühen geschützt wird.

§ 12. Wasserstandszeiger dürfen nur so weit aus der Kesselmitte nach rechts oder links angebracht werden, dafs sie auch beim Rollen des Schiffes den jeweiligen Wasserstand mit Sicherheit erkennen lassen.

§ 13. Dampfkochapparate müssen hinter dem Reduzierventil ein Sicherheitsventil haben, welches Dampf von höherer Spannung, als die Töpfe vertragen können, entweichen läfst.

Durch geeignete Anordnungen ist eine Verstellung oder Erhöhung der Belastung der Ventile durch Unberufene zu verhüten.

---

§ 49. Die Dampfkessel unterliegen hinsichtlich ihres Baues, ihrer Aufstellung, Ausrüstung, Prüfung und Behandlung den reichs- und landesgesetzlichen Bestimmungen. Insbesondere darf die Belastung der Sicherheitsventile nicht ohne behördliche Erlaubnis vergröfsert werden.

§ 50. Wo zwei oder mehr Dampfkessel mit einer gemeinsamen Dampf- oder Speise- oder Abblase-Rohrleitung verbunden sind, ist der der inneren Revision zu unterwerfende Dampfkessel, falls einer der übrigen Kessel in Betrieb ist, zum Schutze der untersuchenden Personen von jeder der gemeinsamen Rohrleitungen in augenfälliger, wirksamer Weise durch geeignete Einrichtungen zu trennen.

§ 51. Die zum Aschehieven verwendeten Taue und Ketten müssen stets von guter Beschaffenheit und mit Karabinerhaken, Klapphaken oder mit spiralförmigen Haken versehen sein oder in anderer geeigneter Weise Sicherung gegen das Herunterfallen der Aschpützen aufweisen.

§ 52. Bei Arbeiten in engen, schlecht ventilierten Räumen, wie z. B. in der Hinterpiek beim Auftauen der festgefrorenen Schraubenwelle, darf kein offenes Koks- oder Kohlenfeuer angewendet werden. Werden dazu mit Koks oder Kohlen gefüllte Öfen benutzt, so sind zweckmäfsige Vorkehrungen für den Abzug der Verbrennungsgase zu treffen.

§ 53. Gesundheitsschädliche und feuergefährliche Farben sind in festen, dichten, mit festen, gutschliefsenden Deckeln oder Stöpseln versehenen Behältern aufzubewahren; die Behälter müssen aufserdem mit einer die Gefährlichkeit des Inhalts kennzeichnenden Warnung versehen sein und gut im Schiff verstaut werden. Die Räume zur Aufbewahrung feuergefährlicher Farben dürfen nicht zu warm, d. h. nicht in der Nähe von Maschinen- und Kesselräumen, liegen und müssen, wenn möglich, durch Tageslicht erhellt sein. Sind die Räume dunkel, so dürfen sie nur mit einer Sicherheitslampe, nicht aber mit offenem Licht betreten werden. Das Abfüllen und Umfüllen solcher gefährlicher Farben darf nur auf dem Oberdeck und mufs bei feuergefährlichen Farben fern von offenem Feuer und zur Tageszeit geschehen.

§ 54. Arsenhaltige Farben dürfen nirgends zum Anstreichen der Innenräume und feuergefährliche Farben nirgends in völlig geschlossenen Räumen, als Wasser- und Ballasttanks, Doppelböden, Vor- und Hinterpiek und in sonstigen Räumen, in denen keine ausreichende Ventilation stattfinden kann, Verwendung finden. Wo gesundheitsschädliche und feuergefährliche Farben in Innenräumen verwendet werden, sind diese vor Beginn, während und nach der Arbeit zu lüften. Während der Arbeit darf bei

Verwendung feuergefährlicher Farben kein offenes Licht benützt werden.

§ 55. Schiffsräume, wie Balasttanks, Hinter- und Vorderpiektanks, Trinkwassertanks usw., welche längere Zeit luftdicht verschlossen gewesen sind, dürfen nicht eher betreten werden, bis die Ungefährlichkeit der in denselben befindlichen Luft erwiesen ist. Zu diesem Zwecke ist eine Sicherheitslampe an einer Leine in den betreffenden Raum hinabzulassen. Züngelt hierbei die Flamme in der Lampe empor oder erlischt dieselbe, so ist Gefahr vorhanden. Es ist alsdann für Lüftung des Raumes zu sorgen. Falls die Lüftung nicht durch einen Windsack auszuführen ist, kann durch Eingiefsen von heifsem Wasser in den Raum eine Besserung der Luft herbeigeführt werden. Ist auch dieses Mittel nicht ausführbar, so kann eine Pütze mit ungelöschtem Kalk, der vorher mit Wasser begossen ist, in den Raum hinabgelassen werden.

Erst nachdem durch eine wiederholte Probe mit der Lampe die Ungefährlichkeit der Luft erwiesen worden ist, darf der betreffende Raum betreten werden.

§ 56. Petroleumtanks müssen fest und dicht hergestellt werden. Der Aufstellungsort ist so zu wählen, dafs das Tageslicht oder das Licht der zur allgemeinen Beleuchtung dienenden Lampen zur Entnahme von Petroleum aus den Tanks ausreicht. Der Gebrauch von offenem Licht bei dieser Arbeit ist verboten.

Sind die Petroleumtanks unter Deck angebracht, so sind dieselben mit zwei Rohrleitungen nach dem Oberdeck zu versehen, von denen die eine zum Füllen, die andere zum Ein- und Austreten der Luft und Entweichen von etwa sich bildenden Gasen dient.

Wird ein Standrohr zum Anzeigen des im Tank befindlichen Petroleumvorrats angebracht, so mufs dieses vom Tank abgeschlossen werden können und das Glasrohr mit einer geeigneten Schutzvorrichtung versehen sein.

§ 57. Die Schiffsöfen dürfen nicht mit Verstellklappen oben am Schornstein und die Ofenröhren nicht mit Verschlüssen (Schossen) versehen sein.

X. Reserveteile.

§ 69. An Bord jedes Dampfers müssen sich folgende Reserveteile für die Maschine befinden und möglichst bei der Hand sein:

A. In langer und atlantischer Fahrt:

Eine Schieberstange für jeden Zylinder passend. (Wenn alle Schieberstangen einander gleich sind, so genügt eine im ganzen)

Ein Kurbellager und ein Kreuzkopflager komplett.

Je ein Satz Kurbellagerbolzen, Kreuzkopflagerbolzen und Grundlagerbolzen mit den dazu gehörenden Muttern.

Eine Zirkulationspumpen-Kolben- oder Zugstange und eine Luftpumpen-Kolben- oder Zugstange. (Ist anstatt der Zirkulationspumpe eine Zentrifugalpumpe vorhanden, so sind für diese Maschine Lager und Lagerbolzen von jeder Dimension sowie Schieberstange, Kolben und Kolbenstange in Reserve zu halten.)

Ein Satz Kuppelungsbolzen von jeder Dimension.

Eine komplette Schnalle zu jeder Pumpe und Balancier.

Ein vollständiger Satz Ventile für Zirkulations- und Luftpumpe.
Bilgepumpen, Speisepumpen- und Kesselspeiseventile, ein Satz für jede Pumpe oder, wenn gleiche Pumpen vorhanden sind, für je zwei gleiche Pumpen.
Zylinder- und Schieberkastendeckel-Stiftschrauben, Kolbenschrauben, Luft- und Zirkulationspumpen-Stiftschrauben mit Muttern, je 10% von der in Gebrauch befindlichen Anzahl.
Ein halber Satz Kolbenfedern, wo gewöhnliche Federn im Gebrauch sind.
Eine Sicherheitsventilfeder von jeder Dimension für die Kessel.
Zwei Prozent der Anzahl der Kondenserrohre nebst Verschlufs.
Zwei Prozent der Anzahl der Kesselrohre.
Für jeden Kessel 6 Satz Wasserstandsgläser nebst Dichtungsringen.
Ein halber Satz Roststäbe.
Eine Tafel Eisenblech von 3 mm und eine von 6 mm Dicke; 2 Stangen Flacheisen, 3 Stangen Rundeisen, 1/2 Stange Stahl; je ein Dutzend Schrauben mit Muttern und Scheiben von 3, 13, 16, 22 und 25 mm Durchmesser; ein halbes Bund Bandeisen.
Für je 50 Siederohre ein Kesselrohrstopfer.

B. In grofser Küstenfahrt.

Eine Schieberstange für jeden Zylinder passend. (Wenn alle Schieberstangen einander gleich sind, so genügt eine im ganzen.)
Je ein Satz Kurbellagerbolzen, Kreuzkopflagerbolzen und Grundlagerbolzen mit den dazu gehörenden Muttern.
Ein Satz Kuppelungsbolzen von jeder Dimension.
Ein vollständiger Satz Ventile für Zirkulations- und Luftpumpe.
Speisepumpenventile, ein Satz für jede Pumpe oder, wenn gleiche Pumpen vorhanden sind, für je zwei gleiche Pumpen.
Kolbenschrauben, Luft- und Zirkulationspumpen-Stiftschrauben mit Muttern, je 10% der in Gebrauch befindlichen Anzahl.
Zwei Prozent der Anzahl der Kondenserrohre nebst Verschlufs.
Für jeden Kessel 4 Satz Wasserstandsgläser nebst Dichtungsringen.
Ein halber Satz Roststäbe.
Für je 50 Siederohre ein Kesselrohrstopfer.

C. In kleiner Küstenfahrt.

Ein Satz Kuppelungsbolzen.
Ein Kurbellagerbolzen, ein Kreuzkopflagerbolzen und ein Grundlagerbolzen.
Je ein halber Satz Zirkulations- und Luftpumpenventile.
Speisepumpenventile, ein Satz für jede Pumpe oder, wenn gleiche Pumpen vorhanden sind, ein Satz für je zwei gleiche Pumpen.
Für jeden Kessel 2 Satz Wasserstandsgläser nebst Dichtungsringen.
Ein viertel Satz Roststäbe.
Zwei Kesselrohrstopfer.

D. In der Wattfahrt.

Je ein halber Satz Zirkulations- und Luftpumpenventile.
Ein halber Satz Speisepumpenventile.
Für jeden Kessel 2 Satz Wasserstandsgläser nebst Dichtungsringen.
Ein viertel Satz Roststäbe.
Zwei Kesselrohrstopfer oder -anker.

Für Fischdampfer gelten die Bestimmungen für kleine Küstenfahrt.

§ 97 der **Ausführungsbestimmungen:**

Wattfahrt ist die Fahrt auf Watten, Haffen, Bodden, Föhrden und ähnlichen Gewässern, wo hoher Seegang ausgeschlossen ist.

Kleine Küstenfahrt ist die Fahrt längs den Küsten des Festlandes und den Inseln der Nordsee vom Kap Gris Nez bis zum Aggerkanal, einschliefslich Fahrten vom Festlande nach Helgoland, im Kattegatt südlich von Frederikshavn und Gothenburg, in den Belten und im Sund sowie längs den Küsten der Ostsee.

Grofse Küstenfahrt ist die Fahrt zwischen allen Häfen Europas, des Mittelländischen und des Schwarzen Meeres sowie die Fahrt in überseeischen Gewässern ähnlicher Art.

Atlantische Fahrt ist die Fahrt innerhalb des Atlantischen Ozeans und die Fahrt innerhalb des Indischen und Stillen Ozeans.

Lange Fahrt ist diejenige Fahrt, welche die für die vorstehenden Fahrten festgesetzten Grenzen überschreitet.

Auszug aus der Seemannsordnung

vom 2. Juni 1902 u. Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 16. Juni 1903.

Einleitende Vorschriften.

§ 2. Kapitän im Sinne dieses Gesetzes ist der Führer des Schiffes (Schiffer), in dessen Ermangelung oder Verhinderung sein Stellvertreter.

Schiffsoffiziere im Sinne dieses Gesetzes sind diejenigen zur Unterstützung des Kapitäns in der Führung des Schiffes bestimmten Angestellten, welche zur Ausübung ihres Dienstes eines staatlichen Befähigungsnachweises bedürfen. Aufserdem gelten als Schiffsoffiziere die Ärzte, Proviant- und Zahlmeister.

Schiffsmann im Sinne dieses Gesetzes ist jede sonstige zum Dienste auf dem Schiffe während der Fahrt für Rechnung des Reeders angestellte Person, ohne Unterschied, ob die Anmusterung (§ 13) erfolgt ist oder nicht. Auch die weibliche Angestellte hat die Rechte und Pflichten des Schiffsmanns. Der Lootse gilt nicht als Schiffsmann. Die Gesamtheit der Schiffsleute bildet die Schiffsmannschaft.

§ 3. Der Kapitän ist der Dienstvorgesetzte der Schiffsoffiziere und Schiffsleute. Seine Stellvertretung liegt, soweit nicht vom Reeder oder vom Kapitän hinsichtlich der Vertretung in einzelnen Dienstzweigen anderweitige Anordnung getroffen ist, dem Steuermann, in Ermangelung eines solchen dem Bestmann ob.

Die Schiffsoffiziere sind Vorgesetzte sämtlicher Schiffsleute. Auf die Schiffsoffiziere finden die für die Schiffsmannschaft oder

de Schiffsmann geltenden Vorschriften, soweit nicht ausdrücklich ein anderes festgesetzt ist, Anwendung.

Das dienstliche Verhältnis der Schiffsoffiziere untereinander, insbesondere das Verhältnis zwischen Offizieren verschiedener Dienstzweige, bestimmt sich nach den vom Reeder oder vom Kapitän getroffenen besonderen Festsetzungen Auf Dampfschiffen ist jedoch während der Ausübung des Wachtdienstes der wachthabende Maschinist dem wachthabenden Steuermann insofern untergeordnet, als er die von diesem nach der Maschine gegebenen Befehle auszuführen hat.

Die aufser den Schiffsoffizieren in den einzelnen Dienstzweigen als Vorgesetzte geltenden Schiffsleute werden vom Kapitän bestimmt und sind der Schiffsmannschaft durch Aushang bekannt zu geben.

§ 4. Der Bundesrat erläfst Bestimmungen über Zahl und Art der Schiffsoffiziere, mit welchen die Schiffe zu besetzen sind, sowie über den Grad des Befähigungszeugnisses, dafs der Kapitän und die Schiffsoffiziere besitzen müssen Die Bestimmungen sind dem Reichstage bei seinem nächsten Zusammentritte zur Kenntnisnahme vorzulegen.

Seefahrtsbücher und Musterung.

§ 7. Niemand darf im Reichsgebiet als Schiffsmann in Dienst treten, bevor er sich über Namen, Geburtsort und Alter vor einem Seemannsamt ausgewiesen und von demselben ein Seefahrtsbuch ausgefertigt erhalten hat.

Ist der Schiffsmann ein Deutscher, so darf er vor vollendetem vierzehnten Lebensjahre zur Übernahme von Schiffsdiensten nicht zugelassen werden; auch hat er sich über seine Militärverhältnisse sowie, wenn er noch minderjährig ist, darüber auszuweisen, dafs er von seinem gesetzlichen Vertreter zur Übernahme von Schiffsdiensten ermächtigt worden ist. Der Genehmigung des Vormundschaftsgerichts bedarf es nicht.

Mit dem Seefahrtsbuch ist dem Schiffsmanne zugleich ein Abdruck der Seemannsordnung, des Gesetzes, betreffend die Verpflichtung der Kauffahrteischiffe zur Mitnahme heimzuschaffender Seeleute, des Gesetzes, betreffend die Stellenvermittlung für Schiffsleute, und einer amtlichen Zusammenstellung der Bestimmungen über die Militärverhältnisse der seemännischen und halbseemännischen Bevölkerung auszuhändigen.

Der Bundesrat bestimmt, inwieweit als Schiffsleute nur solche Personen angemustert werden dürfen, welche nach Untersuchung ihres körperlichen Zustandes für den zu übernehmenden Dienst geeignet sind.

§ 8. Die für einen einzelnen Fall erteilte Ermächtigung des gesetzlichen Vertreters (§ 7) gilt im Zweifel als ein für allemal erteilt.

Kraft derselben ist der Minderjährige für solche Rechtsgeschäfte unbeschränkt geschäftsfähig, welche die Eingehung oder Aufhebung von Heuerverträgen oder die Erfüllung der sich aus einem solchen Vertrag ergebenden Verpflichtungen betreffen.

§ 9. Wer bereits ein Seefahrtsbuch ausgefertigt erhalten hat, mufs behufs Erlangung eines neuen Seefahrtsbuchs das ältere vorlegen oder dessen Verlust glaubhaft machen. Dafs dies geschehen, wird von dem Seemannsamt in dem neuen Seefahrtsbuche vermerkt.

Wird der Verlust glaubhaft gemacht, so ist diesem Vermerke zugleich eine Bescheinigung des Seemannsamts über die früheren Rang- und Dienstverhältnisse sowie über die Dauer der Dienstzeit und über die dem Schiffsmann anzurechnenden Beitragswochen für die Invalidenversicherung, soweit derselbe sich hierüber genügend ausweist, beizufügen.

§ 10. Wer nach Inhalt seines Seefahrtsbuchs angemustert ist, darf nicht von neuem angemustert werden, bevor er sich über die Beendigung des früheren Dienstverhältnisses durch den in das Seefahrtsbuch einzutragenden Vermerk (§§ 22, 25) ausgewiesen hat. Kann nach dem Ermessen des Seemannsamts ein solcher Vermerk nicht beigebracht werden, so dient statt desselben, sobald die Beendigung des Dienstverhältnisses auf andere Art glaubhaft gemacht ist, ein vom Seemannsamte hierüber einzutragender Vermerk im Seefahrtsbuche.

§ 11. Einrichtung und Preis des Seefahrtsbuchs bestimmt der Bundesrat. Die Ausfertigung erfolgt kosten- und stempelfrei.

Das Seefahrtsbuch mufs über die Militärverhältnisse und die Invalidenversicherung des Inhabers Auskunft geben.

§ 12. Der Kapitän hat die Musterung (Anmusterung, Abmusterung) der Schiffsmannschaft nach Mafsgabe der folgenden Bestimmungen (§§ 13 bis 26) zu veranlassen.

Der Kapitän oder ein zum Abschlusse von Heuerverträgen bevollmächtigter Vertreter der Reederei und der Schiffsmann müssen bei der Musterung zugegen sein; gewerbsmäfsige Stellenvermittler für Schiffsleute dürfen als Vertreter nicht bestellt werden.

§ 13. Die Anmusterung besteht in der Verlautbarung des mit dem Schiffsmanne geschlossenen Heuervertrags vor einem Seemannsamte. Sie mufs vor Antritt oder Fortsetzung der Reise, wenn dies aber ohne Verzögerung der Reise unausführbar ist, sobald ein Seemannsamt angegangen werden kann, erfolgen; die Gründe für die Verzögerung oder Unterlassung der Anmusterung sind in das Schiffstagebuch einzutragen. Geschieht die Anmusterung innerhalb des Reichsgebiets, so ist dabei das Seefahrtsbuch vorzulegen.

§ 14. Die Anmusterungsverhandlung wird vom Seemannsamt als Musterrolle ausgefertigt. Wenn die gesamte Schiffsmannschaft nicht gleichzeitig mittels einer Verhandlung angemustert wird, so erfolgt die Ausfertigung auf Grund der ersten Verhandlung.

Die Musterrolle mufs enthalten: Namen und Nationalität des Schiffes, Namen und Wohnort des Kapitäns, Namen, Wohnort und dienstliche Stellung jedes Schiffsmanns, den Hafen der Ausreise, die Bestimmungen des Heuervertrags, namentlich auch den Überstundenlohnsatz (§ 35 Abs. 3, § 37 Abs. 3) und etwaige besondere Verabredungen. Insbesondere mufs aus der Musterrolle erhellen, was dem Schiffsmanne für den Tag an Speise und Trank gebührt. Bei besonderen Verabredungen mit Schiffsoffizieren kann die Eintragung auf die Wiedergabe des wesentlichen Inhalts beschränkt werden Abreden, welche nach § 1 Abs. 2 unzulässig sind, dürfen nicht aufgenommen werden.

Im übrigen wird die Einrichtung der Musterrolle vom Bundesrate bestimmt.

Die Musterrolle mufs sich während der Reise an Bord befinden auf Erfordern ist sie dem Seemansamte vorzulegen.

§ 15. Wird ein Schiffsmann erst nach Ausfertigung der Musterrolle angemustert, so hat das Seemannsamt eine solche Musterung in die Musterrolle einzutragen.

§ 16. Bei jeder innerhalb des Reichsgebiets erfolgenden Anmusterung wird vom Seemannsamte hierüber und über die Zeit des Dienstantritts in das Seefahrtsbuch jedes Schiffsmanns ein Vermerk eingetragen, welcher zugleich als Ausgangs- oder Seepafs dient. Aufserhalb des Reichsgebiets erfolgt eine solche Eintragung nur, wenn das Seefahrtsbuch zu diesem Zwecke vorgelegt wird.

Das Seefahrtsbuch ist demnächst vom Kapitän für die Dauer des Dienstverhältnisses in Verwahrung zu nehmen.

§ 17. Wird ein angemusterter Schiffsmann durch ein unabwendbares Hindernis aufser Stande gesetzt, den Dienst anzutreten, so hat er sich hierüber sobald wie möglich gegen den Kapitän und das Seemannsamt, vor welchem die Anmusterung erfolgt ist, auszuweisen. Der Kapitän hat das Seefahrtsbuch dem Schiffsmann oder dem Seemannsamte, vor welchem die Anmusterung erfolgt ist, sobald als tunlich zu übersenden.

§ 18. Die Abmusterung besteht in der Verlautbarung der Beendigung des Dienstverhältnisses seitens des Kapitäns und der aus diesem Verhältnis ausscheidenden Mannschaft vor einem Seemannsamte. Sie mufs, sobald das Dienstverhältnis beendigt ist, erfolgen, und zwar, wenn nicht ein anderes vereinbart wird, vor dem Seemannsamte desjenigen Hafens, wo das Schiff liegt, und nach Verlust des Schiffes vor demjenigen Seemannsamte, welches zuerst angegangen werden kann.

§ 19. Vor der Abmusterung hat der Kapitän dem abzumusternden Schiffsmann im Seefahrtsbuche die bisherigen Rang- und Dienstverhältnisse und die Dauer der Dienstzeit zu bescheinigen, auf Verlangen auch ein Führungszeugnis zu erteilen. Das Zeugnis darf in das Seefahrtsbuch nicht eingetragen werden. Dasselbe ist kosten- und stempelfrei.

§ 20. Die Unterschriften des Kapitäns unter der Bescheinigung und dem Zeugnisse (§ 19) werden von dem Seemannsamte, vor welchem die Abmusterung stattfindet, kosten- und stempelfrei beglaubigt.

§ 21. Verweigert der Kapitän die Ausstellung des Zeugnisses (§ 19), oder enthält dieses oder die Bescheinigung im Seefahrtsbuche (§ 19) Angaben, deren Richtigkeit der Schiffsmann bestreitet, so hat auf dessen Antrag das Seemannsamt den Sachverhalt zu untersuchen und das Ergebnis der Untersuchung dem Schiffsmanne zu bescheinigen.

§ 22. Die erfolgte Abmusterung wird vom Seemannsamt in dem Seefahrtsbuche des abgemusterten Schiffsmanns und in der Musterrolle vermerkt.

§ 23. Sind seit der Ausfertigung der Musterrolle mindestens zwei Jahre verflossen, so ist auf Antrag des Kapitäns diesem vom Seemannsamt ein dem gegenwärtigen Bestande der Schiffsmannschaft entsprechender beglaubigter Auszug aus der Musterrolle zu erteilen, welcher fernerhin als Musterrolle zu benutzen ist.

§ 24. Die Musterrolle sowie der etwa nach § 23 erteilte Auszug sind nach Beendigung derjenigen Reise oder derjenigen Zeit, auf welche die als Musterrolle ausgefertigte Anmusterungsverhandlung (§ 14) sich bezieht, dem Seemannsamte, vor welchem abgemustert wird, zu überliefern.

Letzteres übersendet die Schriftstücke dem Seemannsamte des Heimatshafens und in Ermanglung eines solchen dem Seemannsamte des Registerhafens.

§ 25. Erfährt der Bestand der Mannschaft Änderungen, bei welchen eine Musterung (§ 12) nach Maſsgabe vorstehender Bestimmungen ohne Verzögerung der Reise unausführbar ist, so hat der Kapitän, sobald ein Seemannsamt angegangen werden kann, bei demselben unter Darlegung der Hinderungsgründe die Musterung nachzuholen oder, sofern auch diese nachträgliche Musterung nicht mehr möglich ist, den Sachverhalt anzuzeigen. Ein Vermerk über die Anzeige ist vom Seemannsamt in die Musterrolle und in die Seefahrtsbücher der beteiligten Schiffsleute einzutragen.

§ 26. Die Kosten der Musterungsverhandlungen, einschlieſslich der Ausfertigung der Musterrolle, fallen dem Reeder zur Last.

Die Bestimmungen über die in gleicher Höhe für alle Seemannsämter innerhalb des Reichsgebiets festzustellenden Kosten erfolgen durch den Bundesrat.

Vertragsverhältnis.

§ 27. Die Gültigkeit des Heuervertrags ist durch schriftliche Abfassung und durch den nachfolgenden Vollzug der Anmusterung nicht bedingt. Jedoch ist dem Schiffsmanne bei der Anheuerung ein von dem Kapitän oder dem Vertreter der Reederei (§ 12 Abs. 2) unterschriebener Ausweis (Heuerschein) zu geben, welcher enthält:

Namen des Schiffes,
Angabe der Dienststellung,
Angabe der Reise oder Dauer des Vertrags,
Höhe der Heuer,
Zeit und Ort der Anmusterung.

Aufkündigungsfristen und sonstige die Lösung des Heuervertrags betreffende Zeitbestimmungen sollen für beide vertragschlieſsende Teile gleich sein. Bei entgegenstehender Vereinbarung kann der Schiffsmann die dem andern Teile zugestandene Frist oder Zeitbestimmung für sich in Anspruch nehmen.

§ 28. Der Heuervertrag kann für eine Reise oder auf Zeit abgeschlossen werden.

Ist bei der Anheuerung für eine Reise deren Endziel nicht angegeben, so läuft in Ermanglung anderweitiger Vereinbarung, unbeschadet der Vorschrift des § 69, der Heuervertrag bis zur Rückkehr in den Hafen der Ausreise (§ 14).

Bei Anheuerung auf unbestimmte Zeit soll im Heuervertrag eine Kündigungsfrist angegeben oder in anderer Weise über die Beendigung des Dienstverhältnisses Bestimmung getroffen werden. Ist dies nicht geschehen, so kann jeder Teil in jedem Hafen, welchen das Schiff zum Löschen und Laden anläuft, vom Vertrag unter Einhaltung einer Kündigungsfrist von vierundzwanzig Stunden zurücktreten.

§ 29. Ist bei dem Abschlusse des Heuervertrags die Vereinbarung über den Betrag der Heuer nicht durch ausdrückliche Erklärung getroffen worden, so wird im Zweifel die Heuer als vereinbart angesehen, die das Seemannsamt des Hafens, in welchem der Schiffsmann angemustert wird, für die daselbst zur Zeit der Anmusterung übliche erklärt.

§ 30. Hat ein Schiffsmann sich durch mehrere Verträge für ein und dieselbe Zeit verheuert, so geht, falls auf Grund eines

der Verträge eine Anmusterung stattgefunden hat, dieser, sonst der zuerst abgeschlossene Vertrag vor.

§ 31. Wird ein Schiffsmann erst nach Anfertigung der Musterrolle geheuert, so gelten für ihn in Ermanglung anderer Vertragsbestimmungen die nach Inhalt der Musterrolle mit der übrigen Schiffsmannschaft getroffenen Abreden.

§ 32. Die Verpflichtung des Schiffsmanns, sich mit seinen Sachen an Bord einzufinden und Schiffsdienste zu leisten, beginnt, wenn nicht ein anderes bedungen ist, mit der Anmusterung. Der Zeitpunkt, zu welchem der Dienstantritt erfolgen soll, ist dem Schiffsmanne bei der Anheuerung, der Liegeplatz oder ein Meldeort ist ihm bei der Anmusterung anzugeben.

Wenn der Schiffsmann den Dienstantritt länger als 24 Stunden verzögert, ist der Kapitän oder der Reeder zum Rücktritte von dem Heuervertrage befugt. Die Ansprüche wegen etwaiger Mehrausgaben für einen Ersatzmann und wegen sonstiger aus der Verzögerung erwachsener Schäden werden hierdurch nicht berührt.

§ 33. Der Schiffsmann, welcher nach der Anmusterung ohne einen genügenden Entschuldigungsgrund dem Antritt oder der Fortsetzung des Dienstes sich entzieht, kann auf Antrag des Kapitäns vom Seemannsamte, wo aber ein solches nicht vorhanden ist, von der Ortspolizeibehörde zwangsweise zur Erfüllung seiner Pflicht angehalten werden.

Die daraus erwachsenden Kosten hat der Schiffsmann zu ersetzen.

§ 34. Der Schiffsmann ist verpflichtet, in Ansehung des Schiffsdienstes den Anordnungen des Kapitäns, der Schiffsoffiziere und seiner sonstigen Dienstvorgesetzten unweigerlich Gehorsam zu leisten und zu jeder Zeit alle für Schiff und Ladung ihm übertragene Arbeiten zu verrichten.

Er hat diese Verpflichtung zu erfüllen, sowohl an Bord des Schiffes und in dessen Booten, als auch in den Leichterfahrzeugen und auf dem Lande, sowohl unter gewöhnlichen Umständen, als auch unter Havarie.

Ohne Erlaubnis des Kapitäns oder eines Schiffsoffiziers darf er das Schiff bis zur Abmusterung nicht verlassen, doch darf ihm in einem Hafen des Reichsgebiets in seiner dienstfreien Zeit, wenn nicht triftige Gründe vorliegen, die Erlaubnis nicht verweigert werden. Ist ihm eine solche Erlaubnis erteilt, so mufs er zur festgesetzten Zeit zurückkehren.

§ 35. Liegt das Schiff im Hafen oder auf der Reede, so ist der Schiffsmann nur in dringenden Fällen schuldig, länger als zehn Stunden täglich zu arbeiten. In den Tropen wird diese Zeit, soweit es sich nicht ausschliefslich um Aufsichtsdienst oder Arbeiten zur Verpflegung und Bedienung der an Bord befindlichen Personen handelt, auf acht Stunden beschränkt. Bei Berechnung dieser Arbeitsdauer ist der Wachtdienst in Rechnung zu bringen.

Die Vorschriften des Abs. 1 finden auf Schiffsoffiziere keine Anwendung. Den Schiffsoffizieren ist im Hafen oder auf der Reede eine Ruhezeit von mindestens acht Stunden innerhalb jeder vierundzwanzig Stunden zu gewähren.

Arbeit, welche über die im Abs. 1 bestimmte Dauer von zehn oder acht Stunden geleistet wird, ist als Überstundenarbeit zu vergüten, soweit sie nicht zur Verpflegung und Bedienung der an Bord befindlichen Personen oder zur Sicherung des Schiffes in dringender Gefahr erforderlich ist.

§ 36. Auf See geht die Mannschaft des Decks- und Maschinendienstes Wache um Wache. Die abgelöste Wache darf nur in dringenden Fällen zu Schiffsdiensten verwendet werden. Auf Dampfschiffen ist die ablösende Maschinenwache verpflichtet, das vor der Ablösung erforderliche Aschehieven zu besorgen. Diese Vorschriften gelten nicht für Fahrten von nicht mehr als zehnstündiger Dauer.

Auf Dampfschiffen in transatlantischer Fahrt wird für das Maschinenpersonal der Dienst in drei Wachen eingeteilt.

Auf Passagierdampfern in transatlantischer Fahrt mit mehr als 200 Reisenden an Bord und mehr als 12 Knoten Durchschnittsgeschwindigkeit ist der Dienst der Wachoffiziere auf Deck in 3 Wachen einzuteilen, soweit nicht einzelne Wachen mit mehr als 1 Offizier besetz sind.

§ 37. An Sonn- und Festtagen dürfen, solange das Schiff im Hafen oder auf der Reede liegt, Arbeiten, einschließlich des Wachtdienstes, nur gefordert werden, soweit sie unumgänglich oder unaufschieblich oder durch den Personenverkehr bedingt sind.

Mit Löschen und Laden dürfen, solange das Schiff innerhalb des Reichsgebiets im Hafen oder auf der Reede liegt, die zur Schiffsmannschaft gehörigen Personen an Sonn- und Festtagen nicht beschäftigt werden. Diese Vorschrift gilt nicht für die Ladung derjenigen Dampfschiffe, welche in regelmäßigem Fahrplane die Kaiserlich deutsche Post befördern, und für die zum Löschen und Laden dieser Dampfschiffe dienenden Fahrzeuge, sowie für das Gepäck der Reisenden und für leicht verderbende Güter. Außerdem können von einer durch die Zentralbehörde des Bundesstaats zu bestimmenden Behörde in Notfällen Ausnahmen von dieser Vorschrift auf jedesmaligen Antrag gestattet werden.

Sonn- und Festtagsarbeit (Abs. 1, 2) ist als Überstundenarbeit zu vergüten, soweit sie nicht zur Verpflegung und Bedienung der an Bord befindlichen Personen oder zur Sicherung des Schiffes in dringender Gefahr erforderlich ist.

Soweit nicht dringende Gründe entgegenstehen, ist an Sonn- und Festtagen im Hafen und auf der Reede der Schiffsmannschaft Gelegenheit zur Teilnahme am Gottesdienst ihrer Konfession zu geben und der hierzu erforderliche Urlaub zu erteilen.

§ 38. Auf See darf an Sonn- und Festtagen über das hinaus, was zur Sicherheit und zur Fahrt des Schiffes, zur Bedienung der Maschine, zum Segeltrocknen, Bootsdienst und zur Verpflegung und Bedienung der an Bord befindlichen Personen unbedingt erforderlich ist, der Schiffsmannschaft Arbeit nur in dringenden Fällen auferlegt werden.

Die Vorschrift des § 37 Abs. 4 findet auf See entsprechende Anwendung. Auch ist dem Schiffsmanne, der es verlangt, die Teilnahme an gemeinschaftlichen Andachten seiner Konfession zu gestatten.

§ 39. Als Festtage im Sinne der §§ 37, 38 gelten im Inlande die von der Landesregierung des Liegeorts bestimmten Tage, im Ausland und auf See die Festtage des inländischen Heimatshafens; in Ermangelung eines solchen werden die Festtage durch Anordnung des Reichskanzlers bestimmt. Im Sinne des § 37 Abs. 4 gelten als Festtage im Ausland auch die kirchlich gebotenen Festtage des Liegeorts.

§ 40. Die Vorschriften des § 35 Abs. 3 und des § 37 Abs. 3 finden auf Schiffsoffiziere keine Anwendung, sofern nicht ein anderes vereinbart ist.

§ 41. Bei Seegefahr, besonders bei drohendem Schiffbruche, sowie bei Gewalt und Angriff gegen Schiff oder Ladung hat der Schiffsmann alle befohlene Hilfe zur Erhaltung von Schiff und Ladung unweigerlich zu leisten, und darf ohne Einwilligung des Kapitäns, solange dieser selbst an Bord bleibt, das Schiff nicht verlassen.

Er bleibt verbunden, bei Schiffbruch für Rettung der Personen und ihrer Sachen, sowie für Sicherstellung der Schiffsteile, der Gerätschaften und der Ladung, den Anordnungen des Kapitäns gemäfs, nach besten Kräften zu sorgen, und bei der Bergung gegen Fortbezug der Heuer und der Verpflegung Hilfe zu leisten.

§ 42. Der Schiffsmann ist, auch wenn der Heuervertrag infolge eines Verlustes des Schiffes beendigt ist (§ 69), verpflichtet, auf Verlangen bei der Verklarung mitzuwirken, und seine Aussage eidlich zu bestärken.

Dieser Verpflichtung hat er gegen Zahlung der etwa erwachsenden Versäumnis-, Reise- und Verpflegungskosten, deren Höhe im Streitfalle die Verklarungsbehörde, im Auslande der Konsul, festzusetzen hat, nachzukommen. Auf Verlangen des Schiffsmanns ist ihm für die Versäumnis-, Reise- und Verpflegungskosten ein angemessener Vorschufs zu zahlen.

§ 43. Stellt sich nach Antritt der Reise heraus, dafs der Schiffsmann zu dem Dienste, zu welchem er sich verheuert hat, untauglich ist, so ist der Kapitän befugt, ihn im Range herabzusetzen, und seine Heuer verhältnismäfsig zu verringern. Diese Befugnis besteht nicht gegenüber Schiffsoffizieren.

Wird von dieser Befugnis Gebrauch gemacht, so hat der Kapitän die getroffene Anordnung und die die Anordnung begründenden Tatsachen, sobald tunlich, in das Schiffstagebuch einzutragen, die Eintragung dem Schiffsmanne vorzulesen und in dem Tagebuche zu vermerken, dafs, und wann dies geschehen ist. Vor der Eröffnung und Eintragung tritt die Verringerung der Heuer nicht in Wirksamkeit.

Dem Schiffsmann ist auf Verlangen eine vom Kapitän unterzeichnete Abschrift der Eintragung auszuhändigen.

Gegen die getroffene Anordnung kann der Schiffsmann die Entscheidung des Seemannsamtes anrufen, welches zuerst angegangen werden kann. Erst nach Entscheidung des Seemannsamts, falls aber ein solches nicht angerufen ist, bei der Abmusterung, dürfen Eintragungen über den Sachverhalt in das Seefahrtsbuch, und zwar nur durch das Seemannsamt, vorgenommen werden.

§ 44. Die Heuer ist vom Tage der Anmusterung, falls diese dem Dienstantritte vorangeht, sonst vom Tage des Dienstantritts an zu zahlen.

Als Dienstzeit gilt auch die zur Erreichung des Meldeorts (§ 32) erforderliche Reisezeit.

§ 45. Die Heuer hat der Schiffsmann, sofern keine andere Vereinbarung getroffen ist, erst nach Beendigung der Reise oder des Dienstverhältnisses zu beanspruchen.

Der Schiffsmann kann jedoch in einem Hafen, in welchem das Schiff ganz oder zum gröfseren Teil entlöscht wird, die Auszahlung

der Hälfte der bis dahin verdienten Heuer (§ 80) verlangen, sofern bereits drei Monate seit der Anmusterung verflossen sind. In gleicher Weise ist der Schiffsmann bei Ablauf je weiterer drei Monate nach der früheren Auszahlung wiederum die Auszahlung der Hälfte der seit der letzten Auszahlung verdienten Heuer zu fordern berechtigt.

Ist die Anheuerung auf Zeit erfolgt (§ 28), so kann der Schiffsmann bei Rückkehr in den Hafen der Ausreise die bis dahin verdiente Heuer beanspruchen.

§ 46. Die Auszahlung des dem Schiffsmanne bei der Beendigung des Dienstverhältnisses zustehenden Heuerguthabens mufs an ihn persönlich und, soweit nicht im Auslande die dortigen Gesetze eine andere Behörde bestimmen, vor dem abmusternden Seemannsamt oder durch dessen Vermittelung geschehen und von diesem in der Abmusterungsverhandlung bescheinigt werden. Bei Verhinderung des Schiffsmanns ist mit dessen Zustimmung die Auszahlung an ein Familienmitglied zulässig. In einer Gast- oder Schankwirtschaft darf die Auszahlung nicht vorgenommen werden.

Von der Mitwirkung des Seemannsamts darf abgesehen werden, wenn sie ohne Verzögerung der Reise nicht herbeigeführt werden kann.

Das Seemannsamt ist verpflichtet, bei der Abmusterung die dem Schiffsmann auszuzahlende Heuer auf dessen Antrag ganz oder teilweise in Empfang zu nehmen und nach Angabe des Schiffsmanns an auswärts wohnende Angehörige desselben oder an Sparkassen oder sonstige Verwahrungsstellen gebührenfrei zu übermitteln. Die durch die Übermittelung entstehenden baren Auslagen werden, sofern der Schiffsmann ein Deutscher ist, von dem Rheder getragen.

§ 47. Inwieweit vor dem Antritte der Reise Vorschufszahlungen auf die Heuer zu leisten oder Handgelder zu zahlen sind, bestimmt in Ermangelung einer Vereinbarung der Ortsgebrauch des Hafens, in welchem der Schiffsmann angemustert wird.

§ 48. Alle Zahlungen an Schiffsleute müssen nach Wahl derselben, Vorschufszahlungen jedoch nach Wahl des Kapitäns, entweder in bar oder mittels einer auf den Rheder ausgestellten Anweisung geleistet werden. Die Zahlbarkeit der Anweisungen darf bei Vorschufszahlungen an die Bedingung geknüpft werden, dafs der Schiffsmann sich bei der Abfahrt des Schiffes an Bord befindet. Im Übrigen mufs die Anweisung unbedingt und auf Sicht gestellt sein.

§ 49. Vor Antritt der Reise ist ein Abrechnungsbuch anzulegen, in welchem die verdiente Heuer und der verdiente Überstundenlohn in regelmäfsigen Zeitabschnitten zu berechnen, sowie alle auf die Heuer geleisteten Vorschufs- und Abschlagszahlungen und die etwa gegebenen Handgelder, bei Zahlung in fremder Währung auch der zu Grunde gelegte Kurs, einzutragen sind. In dem Abrechnungsbuch ist von dem Schiffsmann über den Empfang jeder Zahlung zu quittieren. Die Zahl der geleisteten Überstunden, sowie der darnach verdiente Überstundenlohn, ist wöchentlich und spätestens am Tage nach dem jedesmaligen Verlassen eines Hafens in dem Abrechnungsbuche zu vermerken; sodann ist dieser Vermerk dem Schiffsmanne zur unterschriftlichen Anerkennung vorzulegen. Verweigert er die Anerkennung, so ist

auch dies uud der hierfür angegebene Grund im Abrechnungsbuche zu vermerken.

Ferner ist jedem Schiffsmanne, der es verlangt, noch ein besonderes Heuerbuch zu übergeben, und darin ebenfalls die verdiente Heuer, der verdiente Überstundenlohn, sowie jede auf die Heuer des Inhabers geleistete Zahlung, bei Zahlung in fremder Währung auch der zugrunde gelegte Kurs, einzutragen. Vor der Abmusterung ist dem Schiffsmann in diesem Heuerbuch sein Gesamtguthaben zu berechnen.

§ 50. Wenn die Zahl der Mannschaft des Decks- oder Maschinendienstes sich während der Reise vermindert, und der weitere Verlauf der Reise eine Verminderung der Arbeitsanforderungen nicht in Aussicht stellt, so mufs der Kapitän die Mannschaft ergänzen, soweit die Umstände es gestatten. Solange eine Ergänzung nicht erfolgt, sind die während der Fahrt ersparten Heuergelder unter diejenigen Schiffsleute desselben Dienstzweigs, welchen dadurch eine Mehrarbeit erwachsen ist, nach Verhältnis dieser und der Heuer zu verteilen. Ein Anspruch auf die Verteilung findet jedoch nicht statt, wenn die Verminderung der Mannschaft durch Entweichung herbeigeführt ist, und die Sachen des entwichenen Schiffsmanns nicht an Bord zurückgeblieben sind.

§ 51. Wird ein Schiffsmann bei Abfahrt des Schiffes vermifst, so hat der Kapitän demjenigen Seemannsamt, in dessen Bezirke zuerst diese Wahrnehmung gemacht wird, behufs Ermittlung sobald als tunlich Anzeige zu erstatten, und das Seefahrtsbuch des Vermifsten zu übermitteln.

§ 52. In allen Fällen, in welchen ein Schiff mehr als zwei Jahre auswärts verweilt, tritt für den seit zwei Jahren im Dienste befindlichen Schiffsmann eine Erhöhung der Heuer ein, wenn diese nach Zeit bedungen ist.

Diese Erhöhung wird, wie folgt, bestimmt:

1. der Schiffsjunge tritt mit Beginn des dritten Jahres in die in der Musterrolle bestimmte oder aus derselben als Durchschnittsbetrag sich ergebende Heuer der Leichtmatrosen und mit Beginn des vierten Jahres in die in der Musterrolle bestimmte Heuer der Vollmatrosen ein;
2. der Leichtmatrose erhält mit Beginn des dritten Jahres die in der Musterrolle bestimmte Heuer der Vollmatrosen und mit Beginn des vierten Jahres ein Fünftel derselben mehr an Heuer;
3. für die übrige Schiffsmannschaft steigt die in der Musterrolle angegebene Heuer mit Beginn des dritten Jahres um ein Fünftel, und mit Beginn des vierten um ein ferneres Fünftel ihres ursprünglichen Betrags.

In den Fällen des Abs. 2 Nr. 1, 2 tritt der Schiffsmann mit der Erhöhung der Heuer zugleich in die entsprechende Rangklasse ein.

§ 53. Die aus den Dienst- und Heuerverträgen herrührenden Forderungen des Kapitäns und der zur Schiffsmannschaft gehörigen Personen, welche auf einem nach den §§ 862, 863 des Handelsgesetzbuches als verschollen anzusehenden Schiffe sich befunden haben, werden fällig mit Ablauf der Verschollenheitsfrist. Das Dienstverhältnis gilt sodann einen halben Monat, nach dem Tage für beendet, bis zu welchem die letzte Nachricht über das Schiff reicht.

Der Betrag der Forderungen ist dem Seemannsamte des Heimatshafens, und in Ermangelung eines solchen, dem Seemannsamte des Registerhafens zu übergeben. Das Seemannsamt hat die Aushändigung an die Empfangsberechtigten zu vermitteln.

§ 54. Dem Schiffsmanne gebührt Beköstigung für Rechnung des Schiffes von dem Zeitpunkte des Dienstantritts an bis zur Abmusterung, jedoch wenn diese ohne Verzögerung der Reise unausführbar ist, bis zur Beendigung des Dienstverhältnisses. Er darf die verabreichten Speisen und Getränke nur zu seinem eigenen Bedarfe verwenden, und nichts davon veräufsern, vergeuden oder sonst beiseite bringen. Anstatt der Beköstigung kann auf Grund besonderer Abrede eine entsprechende Geldentschädigung gewährt werden.

§ 55. Die Schiffsmannschaft hat an Bord des Schiffes vom Zeitpunkte des Dienstantritts an bis zur Abmusterung, jedoch wenn diese ohne Verzögerung der Reise unausführbar ist, bis zur Beendigung des Dienstverhältnisses Anspruch auf einen, ihrer Zahl und der Gröfse des Schiffes entsprechenden, nur für sie und ihre Sachen bestimmten, wohlverwahrten und genügend zu lüftenden Logisraum.

Kann dem Schiffsmann infolge eines Unfalls oder aus anderen Gründen zeitweilig ein Unterkommen auf dem Schiffe nicht gewährt werden, so ist ihm ein anderweitiges angemessenes Unterkommen zu verschaffen.

§ 56. Die dem Schiffsmanne für den Tag mindestens zu verabreichenden Speisen und Getränke (§ 54) bestimmen sich, soweit nicht ein anderes vereinbart ist, nach dem örtlichen Rechte des Heimatshafens und in Ermangelung eines solchen nach dem örtlichen Rechte des Registerhafens. Der Erlafs näherer Bestimmungen steht den Landesregierungen im Verordnungswege und, sofern es an einem inländischen Heimatshafen oder Registerhafen fehlt, dem Reichskanzler zu.

Über Gröfse und Einrichtung des Logisraums (§ 55), über die Einrichtung von Wasch- und Baderäumen und Aborten an Bord der Schiffe und die mindestens mitzunehmenden Heilmittel beschliefst der Bundesrat. Die Beschlüsse des Bundesrats sind dem Reichstage bei seinem nächsten Zusammentritte zur Kenntnisnahme vorzulegen.

§ 57. Der Kapitän ist berechtigt, bei ungewöhnlich langer Dauer der Reise oder wegen eingetretener Unfälle, eine Kürzung der Rationen oder eine Änderung hinsichtlich der Wahl der Speisen und Getränke eintreten zu lassen.

Er hat im Schiffstagebuche zu vermerken, wann, aus welchem Grunde und in welcher Weise eine Kürzung oder Änderung eingetreten ist.

Dem Schiffsmanne gebührt eine den erlittenen Entbehrungen entsprechende Vergütung. Über diesen Anspruch entscheidet unter Vorbehalt des Rechtswegs das Seemannsamt, vor welchem abgemustert wird.

§ 58. Wenn ein Schiffsoffizier oder nicht weniger als drei Schiffsleute bei einem Seemannsamte Beschwerde darüber erheben, dafs das Schiff, für welches sie angemustert sind, nicht seetüchtig ist, oder dafs die Vorräte, welche das Schiff für den Bedarf der Mannschaft an Speisen und Getränken mit sich führt, ungenügend oder verdorben sind, so hat das Seemannsamt mit möglichster

Beschleunigung unter Hinzuziehung von erreichbaren Sachverständigen und der ortsanwesenden Beschwerdeführer eine Untersuchung des Schiffes oder der Vorräte zu veranlassen und das Ergebnis in das Schiffstagebuch einzutragen. Auch hat das Seemannsamt, falls die Beschwerde sich als begründet erweist, für die geeignete Abhilfe Sorge zu tragen.

Kommt der Kapitän den zu diesem Behufe getroffenen Anordnungen nicht nach, so kann jeder Schiffsoffizier und jeder Schiffsmann seine Entlassung mit der für den Fall § 74 Nr. 1 vorgesehenen Wirkung (§ 76) fordern.

§ 59. Falls der Schiffsmann nach Antritt des Dienstes oder nach der Anmusterung erkrankt oder eine Verletzung erleidet, so trägt der Rheder die Kosten der Verpflegung und Heilbehandlung. Vorbehaltlich der Vorschrift im Absatz 2 erstreckt sich diese Verpflichtung:

1. wenn der Schiffsmann wegen der Krankheit oder Verletzung die Reise nicht antritt, bis zum Ablaufe von sechsundzwanzig Wochen seit der Erkrankung oder Verletzung;
2. wenn er die Reise angetreten hat, bis zum Ablaufe von sechsundzwanzig Wochen nach dem Verlassen des Schiffes.

Bei Verletzungen infolge eines Betriebsunfalles werden die Fristen im Abs. 1 auf dreizehn Wochen beschränkt, im Falle der Nr. 2 jedoch nur, wenn der Schiffsmann das Schiff in einem deutschen Hafen verläfst, oder wenn er aus einem außerdeutschen Hafen in die Krankenanstalt eines deutschen Hafens überführt wird. Die Verpflichtung des Rheders hört dem Verletzten gegenüber auf, sobald und soweit die Berufsgenossenschaft die Fürsorge übernimmt.

Der Rheder ist berechtigt, die Verpflegung und Heilbehandlung dem Schiffsmann in einer Krankenanstalt zu gewähren.

Ein Schiffsmann, der wegen Krankheit oder Verletzung aufserhalb des Reichsgebiets zurückgeblieben ist, kann mit seiner Einwilligung und der des behandelnden Arztes oder des Seemannsamts nach einem deutschen Hafen in eine Krankenanstalt überführt werden. Ist der Schiffsmann aufser stande, die Zustimmung zu erteilen, oder verweigert er sie ohne berechtigten Grund, so kann sie nach Anhörung eines Arztes durch dasjenige Seemannsamt ersetzt werden, in dessen Bezirke der Schiffsmann sich zur Zeit befindet.

Der Schiffsmann, welcher sich der Heilbehandlung ohne berechtigten Grund entzieht und hierdurch nach ärztlichem Gutachten die Heilung vereitelt oder wesentlich erschwert hat, verliert den Anspruch auf kostenfreie Verpflegung und Heilbehandlung. Über die Berechtigung des Grundes sowie über Beginn und Dauer des Verlustes entscheidet vorläufig das Seemannsamt.

Dem Schiffsmanne gebührt, falls er nicht mit dem Schiffe nach dem Hafen der Ausreise (§ 14) zurückkehrt, freie Zurückbeförderung (§§ 78, 79) nach diesem Hafen oder nach Wahl des Kapitäns eine entsprechende, im Streitfalle vom Seemannsamte vorläufig festzusetzende Vergütung.

§ 60. Liegt der Hafen der Ausreise aufserhalb des Reichsgebiets, so kann der in einem deutschen Hafen geheuerte Schiffsmann in den Fällen des § 59 Abs. 6, des § 66 Abs. 3 und der §§ 69, 71, 72, 79 die Rückbeförderung auch nach dem Hafen, an welchem er geheuert ist, verlangen. Im übrigen kann vereinbart werden,

dafs für die dem Schiffsmann in den vorbezeichneten Fällen zustehenden Rückbeförderungsansprüche an Stelle des Hafens der Ausreise ein anderer Hafen, insbesondere derjenige, an welchem die Heuerung oder die Anmusterung stattgefunden hat, treten soll.

Unterläfst es der Rheder oder sein Vertreter, dem Anspruche des Schiffsmanns auf freie Zurückbeförderung innerhalb einer vom Seemannsamte gestellten Frist zu genügen, oder befindet sich der Rheder oder sein Vertreter wegen Abwesenheit nicht in der Lage, entsprechende Vorkehrungen zu treffen, so kann das Seemannsamt, sofern dadurch dem Rheder keine höheren Kosten erwachsen, auf Antrag des Schiffsmanns anordnen, dafs an die Stelle des gesetzlich oder vertragsmäfsig bestimmten Rückbeförderungshafens ein anderer, vom Seemannsamte zu bezeichnender Hafen tritt.

§ 61. Die Heuer bezieht der erkrankte oder verletzte Schiffsmann:

1. wenn er die Reise nicht antritt, bis zur Einstellung des Dienstes:
2. wenn er die Reise angetreten hat, bis zu dem Tage, an welchem er das Schiff verläfst.

Für die Dauer des Aufenthalts in einer Krankenanstalt gebührt dem Schiffsmanne keine Heuer. Hat er aber Angehörige, deren Unterhalt er bisher ganz oder überwiegend aus seinem Arbeitsverdienst als Schiffsmann bestritten hat, so ist ein Viertel der Heuer zu zahlen. Für Schiffsleute, die zur Verpflegung und Bedienung der an Bord befindlichen Personen angenommen sind, tritt in diesem Falle, sofern es für den Schiffsmann günstiger ist, an Stelle der vertragsmäfsigen Monatsheuer der gemäfs § 10 des See-Unfallversicherungsgesetzes vom Reichskanzler festgesetzte Durchschnittsbetrag des Monatslohnes ohne Hinzurechnung des Wertes der gewährten Beköstigung. Die Zahlung kann unmittelbar an die Angehörigen erfolgen.

Ist der Schiffsmann bei der Verteidigung des Schiffes zu Schaden gekommen, so hat er auf eine angemessene, im Streitfalle vom Seemannsamte vorläufig festzusetzende Belohnung Anspruch.

§ 62. Auf den Schiffsmann, welcher die Krankheit oder Verletzung durch eine strafbare Handlung sich zugezogen oder den Dienst ohne einen ihn nach § 74 dazu berechtigenden Grund verlassen hat, finden die §§ 59 bis 61 keine Anwendung.

Ob die Voraussetzungen des Abs. 1 vorliegen, entscheidet vorläufig das Seemannsamt.

§ 63. Mufs der Schiffsmann wegen Erkrankung oder Versetzung am Lande zurückgelassen werden, so hat, soweit der Schiffsmann nicht ein anderes bestimmt, der Kapitän die Sachen und das Heuerguthaben des Schiffsmanns behufs Fürsorge für deren Aufbewahrung dem am Orte der Zurücklassung befindlichen Seemannsamte zu überliefern. Mit Genehmigung dieses Seemannsamtes kann die Überlieferung an eine andere geeignete Stelle, insbesondere an die Verwaltung der Krankenanstalt, in welche der Schiffsmann aufgenommen ist, erfolgen. Das Gleiche gilt, wenn sich am Orte der Zurücklassung kein Seemannsamt befindet. In diesem Falle hat der Kapitän dem Seemannsamt, in dessen Bezirke die Zurücklassung erfolgt, von dem Sachverhalt Anzeige zu machen.

Der Kapitän hat bei Überlieferung der Sachen eine von ihm und einem Schiffsoffizier, in Ermangelung eines solchen von einem Schiffsmanne, zu unterschreibende Aufzeichnung der Sachen und des Betrags des Heuerguthabens beizufügen und ein zweites Exemplar der Aufzeichnung unter Vermerk der Aufbewahrungsstelle dem Schiffsmanne zu übergeben.

Bei Erkrankung oder Verletzung des Kapitäns hat der Stellvertreter mit den Sachen des Kapitäns nach den Vorschriften der Abs. 1, 2 zu verfahren.

§ 64. Stirbt der Schiffsmann nach Antritt des Dienstes, so hat der Rheder die bis zum Todestag verdiente Heuer (§ 80) zu zahlen und, sofern der Tod innerhalb der Zeit der Fürsorgepflicht des Rheders (§ 59) erfolgt, die Bestattungskosten zu tragen.

Ist anzunehmen, dafs das Schiff innerhalb vierundzwanzig Stunden einen Hafen erreicht, so ist, falls nicht gesundheitliche Bedenken entgegenstehen, die Leiche mitzunehmen und für deren Bestattung am Lande Sorge zu tragen.

Die Art der Bestattung auf See mufs den Seegebräuchen entsprechen.

Wird der Schiffsmann bei Verteidigung des Schiffes getötet, so hat der Rheder eine angemessene, erforderlichenfalls von dem Richter zu bestimmende Belohnung zu entrichten.

§ 65. Der auf dem Schiffe während der Reise eintretende Tod des Kapitäns oder eines Schiffsmanns ist gemäfs §§ 61 bis 64 des Gesetzes über die Beurkundung des Personenstandes und die Eheschliefsung vom 6. Februar 1875 (Reichs-Gesetzbl. S. 23) bei Vermeidung der im § 68 daselbst angedrohten Strafe zu beurkunden.

Soweit der Nachlafs eines verstorbenen Schiffsmanns sich an Bord befindet, hat der Kapitän für die Aufzeichnung und sorgfältige Aufbewahrung sowie erforderlichenfalls für den Verkauf des Nachlasses im Wege der Versteigerung Sorge zu tragen. Die Aufzeichnung ist unter Zuziehung von zwei Schiffsoffizieren oder anderen glaubhaften Personen vorzunehmen.

Die Nachlafsgegenstände selbst, der etwaige Erlös aus denselben sowie das etwaige Heuerguthaben sind nebst der erwähnten Aufzeichnung und dem Nachweis über den Todesfall demjenigen Seemannsamte, bei dem es zuerst geschehen kann, oder mit dessen Genehmigung dem Seemannsamte des Ausreise- oder des Heimatshafens zu übergeben.

Für den Nachlafs des während der Reise verstorbenen Kapitäns hat der Stellvertreter nach Mafsgabe der Vorschriften der Abs. 2, 3 Sorge zu tragen.

§ 66. Der für eine Reise geheuerte Schiffsmann ist verpflichtet, während der ganzen Reise, einschliefslich etwaiger Zwischenreisen, bis zur Beendigung der Rückreise im Dienste zu verbleiben, wenn in dem Heuervertrage nicht ein anderes bestimmt ist.

Unter Rückreise im Sinne des Abs. 1 ist die Reise nach dem Hafen zu verstehen, von welchem das Schiff seine Ausreise angetreten hat. Wenn jedoch das Schiff von einem nichteuropäischen Hafen (§ 82) kommt und seine Ausreise von einem deutschen Hafen angetreten hat, so gilt auch jede Reise nach einem Hafen Grofsbritanniens, des Kanals, der Nordsee, des Kattegats, des Sundes oder der Ostsee als Rückreise, falls die Reise tatsächlich in dem betreffenden Hafen endet, und dies der Schiffsmannschaft spätestens alsbald nach der Ankunft vom Kapitän erklärt wird.

Endet die Rückreise nicht in dem Hafen der Ausreise, so hat der Schiffsmann Anspruch auf freie Zurückbeförderung (§§ 78, 79) nach diesem Hafen, oder nach Wahl des Kapitäns auf eine entsprechende, im Streitfalle vom Seemannsamte vorläufig festzusetzende Vergütung; aufserdem gebührt ihm neben der verdienten Heuer die Heuer für die Dauer der Zurückbeförderung (§ 73).

§ 67. Der für eine bestimmte Zeit geheuerte Schiffsmann ist, sofern keine andere Vereinbarung getroffen ist, verpflichtet, bis zum Ablaufe dieser Zeit im Dienst zu verbleiben.

Läuft die Dienstzeit während einer Reise ab, so kann in Ermangelung einer anderen Vereinbarung der Schiffsmann seine Entlassung erst im nächsten Hafen, welchen das Schiff zum Löschen oder Laden anläuft, verlangen. Ist es nach Bescheinigung des Seemannsamtes oder in Ermangelung eines solchen der örtlichen Behörde dem Kapitän nicht möglich, in dem Hafen einen Ersatzmann anzuheuern, so ist der Schiffsmann verpflichtet, gegen eine Erhöhung der Heuer um ein Viertel, den Dienst bis zu einem Hafen, in welchem der Ersatz möglich ist, längstens aber noch drei Monate fortzusetzen. Ist der Schiffsmann in einem deutschen Hafen geheuert, so mufs auf sein Verlangen das Dienstverhältnis unter den bisherigen Bedingungen bis zur Rückkehr nach einem deutschen Hafen, längstens aber noch drei Monate hindurch fortgesetzt werden.

§ 68. Nach beendigter Reise kann der Schiffsmann seine Entlassung nicht früher verlangen, als bis die Ladung gelöscht, das Schiff gereinigt, und im Hafen oder an einem anderen Orte festgemacht, auch die etwa erforderliche Verklarung abgelegt ist.

§ 69. Der Heuervertrag endet, wenn das Schiff durch einen Zufall dem Rheder verloren geht, insbesondere:

1. wenn es verunglückt;
2. wenn es als reparaturunfähig oder reparaturunwürdig kondemnirt (§ 479 des Handelsgesetzbuches) und in dem letzteren Falle ohne Verzug öffentlich verkauft wird;
3. wenn es geraubt wird;
4. wenn es aufgebracht oder angehalten und für gute Prise erklärt wird.

Der Schiffsmann hat alsdann Anspruch auf freie Zurückbeförderung (§§ 78, 79) nach dem Hafen der Ausreise oder nach Wahl des Kapitäns auf eine entsprechende, im Streitfalle vom Seemannsamte vorläufig festzusetzende Vergütung; aufserdem ist ihm neben der verdienten Heuer noch der Betrag der halben Heuer für die Dauer der Zurückbeförderung (§ 73) zu gewähren.

§ 70. Der Kapitän kann den Schiffsmann vor Ablauf der Dienstzeit entlassen:

1. solange die Reise noch nicht angetreten ist, wenn der Schiffsmann zu dem Dienste, zu welchem er sich verheuert hat, untauglich ist;
2. wenn der Schiffsmann eines groben Dienstvergehens, insbesondere wiederholten Ungehorsams, fortgesetzter Widerspenstigkeit, wiederholter Trunkenheit im Dienste oder der Schmuggelei sich schuldig macht;
3. wenn der Schiffsmann des Vergehens des Diebstahls, Betrugs, der Untreue, Unterschlagung, Hehlerei oder Urkundenfälschung, oder einer mit Todesstrafe oder mit Zuchthaus bedrohten Handlung sich schuldig macht;

4. wenn der Schiffsmann durch eine strafbare Handlung eine Krankheit oder Verletzung sich zuzieht, welche ihn arbeitsunfähig macht;
5. wenn der Schiffsmann mit einer geschlechtlichen Krankheit behaftet ist, die den übrigen an Bord befindlichen Personen Gefahr bringen kann. Ob dies der Fall ist, bestimmt sich, sofern ein Arzt zu erlangen ist, nach dessen Gutachten;
6. wenn die Reise, für welche der Schiffsmann geheuert war, wegen Krieg, Embargo oder Blokade, wegen eines Ausfuhr- oder Einfuhrverbots oder wegen eines anderen, Schiff oder Ladung betreffenden Zufalls nicht angetreten oder fortgesetzt werden kann.

Der Kapitän mufs die Entlassung sowie deren Grund, sobald es geschehen kann, dem Schiffsmanne mitteilen und in den Fällen des Abs. 1 Nr. 2—5 spätestens, bevor dieser das Schiff verläfst, in das Schiffstagebuch eintragen. Dem Schiffsmann ist auf Verlangen eine vom Kapitän unterzeichnete Abschrift der Eintragung auszuhändigen.

§ 71. Dem Schiffsmanne gebührt in den Fällen des § 70 Nr. 1 bis 4 nicht mehr als die verdiente Heuer (§ 80).

Im Falle der Nr. 5 bestimmen sich die Anprüche des Schiffsmanns nach den Vorschriften der §§ 59—61. Dies gilt für Angehörige eines auswärtigen Staates nur insoweit, als nach einer im Reichs-Gesetzblatt enthaltenen Bekanntmachung Deutschen, die zum Dienste auf einem Schiffe dieses Staates angestellt sind, durch die dortige Gesetzgebung oder durch Staatsvertrag eine entsprechende Fürsorge gewährleistet ist.

In den Fällen der Nr. 6 stehen dem Schiffsmanne, wenn die Entlassung nach Antritt der Reise erfolgt, die im § 69 Abs. 2 bezeichneten Ansprüche zu.

§ 72. Der für eine Reise geheuerte Schiffsmann, welcher aus anderen als aus den im § 70 erwähnten Gründen vor Ablauf des Heuervertrags entlassen wird, erhält als Entschädigung die Heuer für einen Monat unter Anrechnung der etwa empfangenen Hand- und Vorschufsgelder.

Ist die Entlassung erst nach Antritt der Reise erfolgt, so hat er aufserdem Anspruch auf freie Zurückbeförderung (§§ 78, 79) nach dem Hafen der Ausreise oder nach Wahl des Kapitäns auf eine entsprechende, im Streitfalle von dem Seemannsamte vorläufig festzusetzende Vergütung. Auch erhält er aufser der im Abs. 1 vorgesehenen und der verdienten Heuer (§ 80) die Heuer für die nach § 73 zu berechnende voraussichtliche Dauer seiner Reise nach dem Rückbeförderungshafen.

§ 73. Ist der Rückbeförderungshafen ein deutscher, so wird in Fällen vorzeitiger Entlassung nach Antritt der Reise (§ 72 Abs. 2) behufs Ermittelung der dem Schiffsmanne für die Rückreise gebührenden Heuer die Dauer der Reise unter Zugrundelegung von Dampfschiffsbeförderung, wie folgt, gerechnet:

bei Entlassung	zu:
a) in einem Hafen der Nordsee oder des Englischen Kanals, der Ostsee oder der an diese angrenzenden Gewässer	1/2 Monat,
b) in einem sonstigen europäischen Hafen (§ 82)	1 „

c) in einem aufsereuropäischen Hafen, mit Ausnahme der unter d genannten . . . . . $1\frac{1}{2}$ „
d) in einem Hafen des Grofsen Ozeans oder Australiens . . . . . 2 „

Mufs die Rückbeförderung ganz oder teilweise mittels Segelschiffs stattfinden, so ist für die mittels Segelschiffs zurückzulegende Strecke das Doppelte der Dauer der Dampfschiffsbeförderung zu rechnen.

Erfolgt in den Fällen a und b des Abs. 1 die Rückbeförderung unter ausschliefslicher Benutzung der Eisenbahn, so wird die Dauer der Reise nicht in Ansatz gebracht.

Die Dauer der Rückreise wird nach Mafsgabe des Vorstehenden, bei Rückbeförderung nach einem aufserdeutschen Hafen unter angemessener Berücksichtigung der Sätze a bis d, im Streitfalle vom Seemannsamte vorläufig festgesetzt.

§ 74. Der Schiffsmann kann seine Entlassung fordern:

1. wenn sich der Kapitän einer schweren Verletzung seiner Pflichten gegen den Schiffsmann, insbesondere durch Mifshandlung oder durch Duldung solcher seitens anderer Personen der Schiffsbesatzung, durch grundlose Vorenthaltung von Speise und Trank oder durch Verabreichung verdorbenen Proviants schuldig macht;
2. wenn das Schiff die Flagge wechselt;
3. wenn nach Beendigung der Ausreise eine Zwischenreise beschlossen, oder wenn eine Zwischenreise beendigt ist, sofern seit dem Dienstantritt ein oder ein und ein halbes Jahr, je nachdem das Schiff in einem europäischen (§ 82) oder in einem nichteuropäischen Hafen sich befindet, verflossen ist;
4. wenn das Schiff nach einem Hafen bestimmt ist, oder einen Hafen anlaufen soll, der schon zur Zeit der Anmusterung durch Pest, Cholera oder Gelbfieber verseucht war, sofern nicht dem Schiffsmanne bei der Anmusterung dieser Hafen und die Verseuchung mitgeteilt worden ist. Der Anspruch auf Entlassung fällt fort, sobald die Verseuchung aufgehört hat;
5. wenn der Schiffsmann beabsichtigt, sich für die Maschinisten-, Steuermanns- oder Schifferprüfung vorzubereiten oder eine ihm nachweislich angebotene Stellung als Kapitän anzunehmen, sofern er einen geeigneten Ersatzmann stellt und durch den Wechsel dem Schiffe kein Aufenthalt entsteht. Ob der vorgeschlagene Ersatzmann geeignet ist, entscheidet im Streitfalle das nächste Seemannsamt.

Der Wechsel des Rheders oder Kapitäns gibt dem Schiffsmanne kein Recht, die Entlassung zu fordern.

§ 75. Im Falle des § 74 Nr. 3 kann die Entlassung nicht gefordert werden:

1. wenn der Schiffsmann für eine längere als die daselbst angegebene Zeit sich verheuert hat. Die Verheuerung auf unbestimmte Zeit oder mit der allgemeinen Bestimmung, dafs nach Beendigung der Ausreise der Dienst für alle Reisen, welche noch beschlossen werden möchten, fortzusetzen sei, wird als Verheuerung auf solche Zeit nicht angesehen;
2. sobald die Rückreise angeordnet ist.

§ 76. Der Schiffsmann hat in den Fällen des § 74 Nr. 1, 2 dieselben Ansprüche, welche für den Fall des § 72 bestimmt sind.

In den Fällen des § 74 Nr. 3—5 gebührt ihm nicht mehr als die verdiente Heuer. Jedoch hat er im Falle der Nr. 4 die im § 72 bestimmten Ansprüche, sofern bei der Anmusterung im Heimatshafen der Rheder, sein Vertreter (§ 12 Abs. 2) oder der Kapitän, bei der Anmusterung in einem anderen Hafen der Kapitän von der Verseuchung Kenntnis hatte.

§ 77. Im Auslande darf der Schiffsmann, welcher seine Entlassung fordert, aufser in dem Falle eines Flaggenwechsels gegen den Willen des Kapitäns erst auf Grund einer vorläufigen Entscheidung des Seemannsamts (§ 129) den Dienst verlassen.

§ 78. Ist nach den Bestimmungen dieses Gesetzes ein Anspruch auf freie Zurückbeförderung begründet, so umfafst er auch den Unterhalt während der Reise, sowie die Beförderung der Sachen des Schiffsmanns. Den Schiffsoffizieren ist die Zurückbeförderung und der Unterhalt in der Kajüte zu gewähren.

Im Streitfalle entscheidet über die Art der Zurückbeförderung vorläufig das abmusternde Seemannsamt.

§ 79. Dem Anspruch auf freie Zurückbeförderung und auf Fortbezug von Heuer für die Dauer der Zurückbeförderung wird genügt, wenn dem Schiffsmanne, welcher arbeitsfähig ist, mit Genehmigung des Seemannsamts ein seiner früheren Stellung entsprechender und durch angemessene Heuer zu vergütender Dienst auf einem deutschen Kauffahrteischiffe nachgewiesen wird, welches nach dem Rückbeförderungshafen oder einem demselben nahe belegenen Hafen geht; im letzteren Falle gebührt dem Schiffsmann eine entsprechende Vergütung für die weitere freie Zurückbeförderung (§ 78) bis zu dem zuerst bezeichneten Hafen.

Ist der Schiffsmann kein Deutscher, so wird ein Schiff seiner Nationalität einem deutschen Schiffe gleichgeachtet.

§ 80. In den Fällen der §§ 45, 53, 61, 64, 69, 71, 72, 76 wird die verdiente Heuer, sofern die Heuer nicht zeitweise, sondern in Bausch und Bogen für die ganze Reise bedungen ist, mit Rücksicht auf den vollen Heuerbetrag nach Verhältnis der geleisteten Dienste sowie des etwa zurückgelegten Teiles der Reise bestimmt. Zur Ermittlung der in den §§ 72, 73 erwähnten Heuer für einzelne Monate wird die durchschnittliche Dauer der Reise, einschliefslich der Ladungs- und Löschungszeit, unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Schiffes in Ansatz gebracht, und danach die Heuer für die einzelnen Monate berechnet. Bei Berechnung der Heuer für einzelne Tage wird der Monat zu dreifsig Tagen gerechnet.

§ 81. Der dem Schiffsmann als Lohn zugestandene Anteil an der Fracht oder am Gewinne wird als Heuer im Sinne dieses Gesetzes nicht angesehen.

§ 82. In den Fällen der §§ 66, 73, 74 sind die nicht europäischen Häfen des Mittelländischen und des Schwarzen Meeres den europäischen Häfen gleichzustellen.

§ 83. Der Kapitän darf einen Schiffsmann aufserhalb des Reichsgebiets nicht ohne Genehmigung des Seemannsamts zurücklassen. Wenn für den Fall der Zurücklassung eine Hilfsbedürftigkeit des Schiffmanns zu besorgen ist, so kann die Erteilung der Genehmigung davon abhängig gemacht werden, dafs der Kapitän

gegen den Eintritt der Hilfsbedürftigkeit für einen Zeitraum bis zu drei Monaten Sicherstellung leistet.

Ist der Schiffsmann mit der Zurücklassung einverstanden und befindet sich kein Seemannsamt am Platze und läfst sich auch die Genehmigung eines anderen Seemannsamts ohne Verzögerung der Reise nicht einholen, so ist der Kapitän befugt, den Schiffsmann ohne Genehmigung zurückzulassen. Der Rheder bleibt in diesem Falle für die aus einer etwaigen Hilfsbedürftigkeit des Schiffsmanns während der nächsten drei Monate erwachsenden Kosten haftbar.

Die Bestimmungen des § 127 werden hierdurch nicht berührt.

Vierter Abschnitt.

Disziplinarvorschriften.

§ 84. Der Schiffsmann ist der Disziplinargewalt des Kapitäns unterworfen. Die Ausübung der Disziplinargewalt des Kapitäns kann nur auf den ersten Offizier des Decksdienstes und den ersten Offizier des Maschinendienstes innerhalb ihres Dienstbereichs übertragen werden. Dieselben haben jeden Fall der Ausübung der Disziplinargewalt binnen vierundzwanzig Stunden dem Kapitän anzuzeigen.

§ 85. Der Schiffsmann ist verpflichtet, sich stets nüchtern zu halten und gegen jedermann ein angemessenes und friedfertiges Betragen zu beobachten.

Dem Kapitän, den Schiffsoffizieren und seinen sonstigen Vorgesetzten hat er mit Achtung zu begegnen und ihren dienstlichen Befehlen unweigerlich Folge zu leisten.

§ 86. Der Schiffsmann hat dem Kapitän auf Verlangen wahrheitsgemäfs und vollständig mitzuteilen, was ihm über die den Schiffsdienst betreffenden Angelegenheiten bekannt ist.

§ 87. Der Schiffsmann darf ohne Erlaubnis des Kapitäns keine Güter an Bord bringen oder bringen lassen. Für die gegen dieses Verbot beförderten eigenen oder fremden Güter mufs er die höchste am Abladungsorte zur Abladungszeit für solche Reisen und Güter bedungene Fracht erstatten, unbeschadet der Verpflichtung zum Ersatz eines erweislich höheren Schadens.

Der Kapitän ist auch befugt, solche Güter über Bord zu werfen, wenn ihr Verbleib an Bord Schiff oder Ladung oder die Gesundheit der an Bord befindlichen Personen gefährden oder das Einschreiten einer Behörde zur Folge haben kann.

§ 88. Die Vorschriften des § 87 finden auch Anwendung, wenn der Schiffsmann ohne Erlaubnis des Kapitäns Waffen oder Munition, Branntwein oder andere geistige Getränke oder mehr an Tabak und Tabakswaren, als er zu seinem Gebrauch auf der beabsichtigten Reise bedarf, an Bord bringt oder bringen läfst.

Die gegen dieses Verbot mitgenommenen Gegenstände verfallen dem Schiffe.

§ 89. Der Kapitän hat die auf Grund der Vorschriften der §§ 87, 88 getroffenen Anordnungen, sobald es geschehen kann, in das Schiffstagebuch einzutragen.

§ 90. Liegt das Schiff im Hafen oder auf der Rhede, so ist der Kapitän befugt, wenn nach den Umständen eine Entweichung zu befürchten ist, die Sachen der Schiffsleute bis zur Abreise des Schiffes in Verwahrung zu nehmen.

§ 91. Zur Aufrechterhaltung der Ordnung und zur Sicherung der Regelmäfsigkeit des Dienstes ist der Kapitän befugt, die geeigneten Mafsregeln zu ergreifen. Geldbufsen, Kostschmälerung von mehr als dreitägiger Dauer, Einsperrung und körperliche Züchtigung darf er jedoch zu diesem Zwecke weder als Strafe verhängen, noch als Zwangsmittel anwenden.

Bei einer Widersetzlichkeit oder bei beharrlichem Ungehorsam ist der Kapitän zur Anwendung aller Mittel befugt, welche erforderlich sind, um seinen Befehlen Gehorsam zu verschaffen. Zu diesem Zwecke ist ihm auch die Anwendung von körperlicher Gewalt in dem durch die Umstände gebotenen Mafse gestattet. Er darf ferner gegen die Beteiligten die geeigneten Sicherungsmafsregeln ergreifen und sie nötigenfalls während der Reise fesseln.

Jeder Schiffsmann mufs dem Kapitän auf Erfordern Beistand zur Aufrechterhaltung der Ordnung sowie zur Abwendung oder Unterdrückung einer Widersetzlichkeit leisten.

Im Auslande kann der Kapitän in dringenden Fällen die Kommandanten der ihm zugänglichen Schiffe der Kriegsmarine des Reiches um Beistand zur Aufrechterhaltung der Disziplin angehen.

§ 92. Der Kapitän hat jede in Gemäfsheit der Vorschriften des § 91 getroffene Mafsregel mit Angabe der Veranlassung, sobald es geschehen kann, in das Schiffstagebuch einzutragen.

Sechster Abschnitt.

Allgemeine Vorschriften.

§ 128. Jedes Seemannsamt ist verpflichtet, die gütliche Ausgleichung der zu seiner Kenntnis gebrachten, zwischen dem Kapitän und dem Schiffsmanne bestehenden Streitigkeiten zu versuchen. Insbesondere hat das Seemannsamt, vor welchem die Abmusterung des Schiffsmanns erfolgt, hinsichtlich solcher Streitigkeiten einen Güteversuch zu veranstalten.

§ 129. Der Schiffsmann darf den Kapitän vor einem ausländischen Gerichte weder strafrechtlich noch zivilrechtlich belangen, sofern gegen ihn ein Gerichtsstand im Inlande begründet ist. Handelt er dieser Bestimmung zuwider, so ist er nicht allein für den daraus entstehenden Schaden verantwortlich, sondern er wird aufserdem der bis dahin verdienten Heuer verlustig.

Er kann in den Fällen, die keinen Aufschub leiden, die vorläufige Entscheidung des Seemannsamts nachsuchen. Die Gelegenheit hierzu darf der Kapitän ohne dringenden Grund nicht versagen. Auch dem Kapitän steht unter denselben Voraussetzungen, wie dem Schiffsmanne, die Befugnis zu, die Entscheidung des Seemannsamts nachzusuchen.

Jeder Teil hat die Entscheidung des Seemannsamts einstweilen zu befolgen, vorbehaltlich der Befugnis, seine Rechte vor der zuständigen Behörde geltend zu machen.

Im Falle eines Zwangsverkaufs des Schiffes finden die Vorschriften des Abs. 1 auf die Geltendmachung der Forderungen des Schiffsmanns aus dem Heuervertrage keine Anwendung.

§ 130. Im Inlande wird der Streit zwischen dem Kapitän und dem Schiffsmanne, welcher nach der Anmusterung über den Antritt oder die Fortsetzung des Dienstes entsteht, von dem See-

mannsamt, in dessen Bezirke das Schiff liegt, unter Vorbehalt des Rechtswegs entschieden.

§ 131. Die nach den §§ 129, 130 getroffene Entscheidung des Seemannsamts steht einem für vorläufig vollstreckbar erklärten Urteile gleich. Der Erteilung der Vollstreckungsklausel bedarf es nicht. Ist die zuständige Behörde angerufen oder der Rechtsweg beschritten, so findet § 707 der Zivilprozefsordnung entsprechende Anwendung.

§ 132. Die nach den Vorschriften des fünften Abschnitts festgesetzten oder erkannten Geldstrafen fliefsen der Seemannskasse und in Ermangelung einer solchen der Ortsarmenkasse des inländischen Heimatshafens des Schiffes, welchem der Täter zur Zeit der Begehung der strafbaren Handlung angehörte, zu, insofern sie nicht im Wege der Landesgesetzgebung zu anderen ähnlichen Zwecken bestimmt werden. In Ermangelung eines inländischen Heimatshafens tritt an dessen Stelle der inländische Registerhafen; fehlt es auch hieran, so erfolgt die Bestimmung durch den Reichskanzler.

§ 133. Ein Abdruck dieses Gesetzes, der für das Schiff über Kost und Logis geltenden Vorschriften (§ 56) und einer amtlichen Zusammenstellung der Bestimmungen über die Militärverhältnisse der seemännischen und halbseemännischen Bevölkerung (§ 7) sowie eine Abschrift der in der Musterrolle enthaltenen Bestimmungen des Heuervertrags einschliefslich aller Nebenbestimmungen müssen im Volkslogis zur jederzeitigen Einsicht der Schiffsleute vorhanden sein.

§ 134. Die Anwendung des § 1 Abs. 2, des zweiten Abschnitts, der §§ 36, 43, 44, des § 49, der §§ 59—64, des § 65 Abs. 2, 3 und des § 133 auf kleinere Fahrzeuge (Küstenfahrer usw.) kann durch Verordnung des Bundesrats ganz oder teilweise ausgeschlossen werden. Die Verordnung ist dem Reichstage bei seinem nächsten Zusammentritte zur Kenntnisnahme vorzulegen.

Gesetz, betreffend Abänderung seerechtlicher Vorschriften des Handelsgesetzbuches.

Vom 2. Juni 1902.

§ 481. Zur Schiffsbesatzung werden gerechnet der Schiffer, die Schiffsoffiziere, die Schiffsmannschaft, sowie alle übrigen auf dem Schiffe angestellten Personen.

§ 547. Wird ein Schiffer, der für eine bestimmte Reise angestellt ist, entlassen, weil die Reise wegen Krieg, Embargo oder Blokade, wegen eines Einfuhr- oder Ausfuhrverbots oder wegen eines anderen Schiff oder Ladung betreffenden Zufalls nicht angetreten oder fortgesetzt werden kann, so erhält er gleichfalls nur dasjenige, was er von der Heuer, einschliefslich aller sonst bedungenen Vorteile, bis dahin verdient hat. Dasselbe gilt, wenn ein auf unbestimmte Zeit angestellter Schiffer aus einem der angeführten Gründe entlassen wird, nachdem er die Ausführung einer bestimmten Reise übernommen hat.

Erfolgt in diesen Fällen die Entlassung während der Reise, so kann der Schiffer aufserdem nach seiner Wahl entweder freie Rück-

beförderung nach dem Hafen, wo er geheuert worden ist, oder eine entsprechende Vergütung beanspruchen.

Ein nach den Vorschriften dieses Gesetzbuchs begründeter Anspruch auf freie Rückbeförderung umfaſst auch den Unterhalt während der Reise sowie die Beförderung der Sachen des Schiffers.

§ 548. Wird ein Schiffer, der auf unbestimmte Zeit angestellt ist, aus anderen als den in den §§ 546, 547 angeführten Gründen entlassen, nachdem er die Ausführung einer bestimmten Reise übernommen hat, so erhält er aufser demjenigen, was ihm nach den Vorschriften des § 547 gebührt, als Entschädigung noch die Heuer für einen Monat und für die nach § 73 der Seemannsordnung zu berechnende voraussichtliche Dauer seiner Reise nach dem Rückbeförderungshafen.

§ 549. War die Heuer nicht zeitweise, sondern in Bausch und Bogen für die ganze Reise bedungen, so wird in den Fällen der §§ 546 bis 548 die verdiente Heuer mit Rücksicht auf den vollen Heuerbetrag nach dem Verhältnisse der geleisteten Dienste sowie des etwa zurückgelegten Teiles der Reise bestimmt. Zur Ermittelung der Heuer für einzelne Monate wird die durchschnittliche Dauer der Reise, einschliefslich der Ladungs- und Löschungszeit, unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Schiffes in Ansatz gebracht und danach die Heuer für die einzelnen Monate berechnet. Bei Berechnung der Heuer für einzelne Tage wird der Monat zu dreifsig Tagen gerechnet.

§ 553. Falls der Schiffer nach Antritt des Dienstes erkrankt oder eine Verletzung erleidet, trägt der Rheder die Kosten der Verpflegung und Heilbehandlung. Vorbehaltlich der Vorschrift im Abs. 2 erstreckt sich diese Verpflichtung:

1. wenn der Schiffer wegen der Krankheit oder Verletzung die Reise nicht antritt, bis zum Ablaufe von sechsundzwanzig Wochen seit der Erkrankung oder Verletzung;
2. wenn er die Reise angetreten hat, bis zum Ablaufe von sechsundzwanzig Wochen nach dem Verlassen des Schiffes.

Bei Verletzungen infolge eines Betriebsunfalles werden die Fristen im Abs. 1 auf 13 Wochen beschränkt, im Falle der Nr. 2 jedoch nur, wenn der Schiffer das Schiff in einem deutschen Hafen verläfst, oder wenn er aus einem aufserdeutschen Hafen in die Krankenanstalt eines deutschen Hafens überführt wird. Die Verpflichtung des Rheders hört dem Verletzten gegenüber nuf, sobald und soweit die Berufsgenossenschaft die Fürsorge übernimmt.

Im Falle einer Verletzung hört die Verpflichtung des Rheders dem Verletzten gegenüber auf, sobald und soweit die Berufsgenossenschaft die Fürsorge übernimmt.

Der Rheder ist berechtigt, die Verpflegung und Heilbehandlung dem Schiffer in einer Krankenanstalt zu gewähren. Hat der Schiffer seinen Wohnsitz an dem Orte, wo er das Schiff verläfst, oder an dem Orte der Krankenanstalt, in welche er aufgenommen werden soll, so kann die Aufnahme nur erfolgen:

1. für den Schiffer, welcher verheiratet ist oder eine eigene Haushaltung hat oder Mitglied der Haushaltung seiner Familie ist, mit seiner Zustimmung, oder unabhängig von derselben, wenn die Art der Krankheit Anforderungen an die Behandlung oder Verpflegung stellt, welchen in der

Familie des Erkrankten oder Verletzten nicht genügt werden kann, oder wenn die Krankheit eine ansteckende ist, oder wenn der Zustand oder das Verhalten des Schiffers eine fortgesetzte Beobachtung erfordert;

2. in sonstigen Fällen unbedingt.

Ein Schiffer, der wegen Krankheit oder Verletzung aufserhalb des Reichsgebiets zurückgeblieben ist, kann mit seiner Einwilligung und der des behandelnden Arztes oder des Seemannsamts nach einem deutschen Hafen in eine Krankenanstalt überführt werden. Ist der Schiffer aufserstande, die Zustimmung zu erteilen, oder verweigert er sie ohne berechtigten Grund, so kann sie nach Anhörung eines Arztes durch dasjenige Seemannsamt ersetzt werden, in dessen Bezirke der Schiffer sich zur Zeit befindet.

Der Schiffer, welcher sich der Heilbehandlung ohne berechtigten Grund entzieht und hierdurch nach ärztlichem Gutachten die Heilung vereitelt oder wesentlich erschwert hat, verliert den Anspruch auf kostenfreie Verpflegung und Heilbehandlung. Über die Berechtigung des Grundes sowie über Beginn und Dauer des Verlustes entscheidet vorläufig das Seemannsamt.

Falls der Schiffer nicht mit dem Schiffe nach dem Heimatshafen, oder dem Hafen, wo er geheuert worden ist, zurückkehrt, gebührt ihm ferner freie Zurückbeförderung (§ 547) oder nach seiner Wahl eine entsprechende Vergütung.

§ 553a. Die Heuer, einschliefslich aller sonst bedungenen Vorteile, bezieht der erkrankte oder verletzte Schiffer:

wenn er die Reise nicht antritt, bis zur Einstellung des Dienstes; wenn er die Reise angetreten hat, bis zu dem Tage, an welchem er das Schiff verläfst.

Der Bezug der Heuer wird während des Aufenthalts in einer Krankenanstalt nicht gekürzt.

Ist der Schiffer bei Verteidigung des Schiffes zu Schaden gekommen, so hat er überdies auf eine angemessene, erforderlichenfalls von dem Richter zu bestimmende Belohnung Anspruch.

§ 553b. Auf den Schiffer, welcher die Krankheit oder Verletzung durch eine strafbare Handlung sich zugezogen oder den Dienst widerrechtlich verlassen hat, finden die §§ 553, 553a keine Anwendung.

§ 749. Wird ein Schiff oder dessen Ladung ganz oder teilweise von einem anderen Schiffe geborgen oder gerettet, so wird der Berge- oder Hilfslohn zwischen dem Rheder, dem Schiffer und der übrigen Besatzung des anderen Schiffes in der Weise verteilt, dafs zunächst dem Rheder die Schäden am Schiffe und Betriebsmehrkosten ersetzt werden, welche durch die Bergung oder Rettung entstanden sind, und dafs von dem Reste der Rheder eines Dampfschiffs zwei Drittel, eines Segelschiffs die Hälfte, der Schiffer und die übrige Besatzung eines Dampfschiffs je ein Sechstel, eines Segelschiffs je ein Viertel erhält.

Der auf die Schiffsbesatzung mit Ausnahme des Schiffers entfallende Betrag wird unter alle Mitglieder derselben mit besonderer Berücksichtigung der sachlichen und persönlichen Leistungen eines jeden verteilt. Die Verteilung erfolgt durch den Schiffer mittels eines vor Beendigung der Reise der Besatzung bekannt zu

gebenden Verteilungsplans, der den jedem Beteiligten zukommenden Bruchteil festsetzt.

Gegen den Verteilungsplan ist Einspruch bei demjenigen Seemannsamte zulässig, welches nach Bekanntgabe des Planes zuerst angegangen werden kann. Das Seemannsamt entscheidet nach Anhörung der Beteiligten endgültig, unter Ausschlufs des Rechtswegs, über den Einspruch und eine etwaige andere Verteilung. Beglaubigte Abschrift der Entscheidung ist dem Rheder vom Seemannsamte mit tunlichster Beschleunigung mitzuteilen.

Vereinbarungen, welche den Vorschriften der Abs. 1, 2 zuwiderlaufen, sind nichtig.

Diese Vorschriften finden für den Fall der Bergung oder Rettung durch Bergungs- oder Schleppdampfer keine Anwendung.

XIII. Teil.

Verschiedene Tabellen.

Tabelle No. 34.

Ausländische Währung, verglichen mit deutscher.

	ℳ	₰
Ägypten:		
1 Courant Piaster = 40 Para = 100 Aspern . . .	0	20¼
1 Beutel = 5 Sequin (ägyptisch. Pfund) = 500 Piaster.		
20 Piaster = 1 Maria-Theresia-Thaler.		
Argentinien:		
1 Peso oro = 100 Centavos	4	05
1 Peso Papier = $\frac{100}{100 + a}$ Mark, wenn a das Gold-Agio bedeutet.		
Belgien: Wie Frankreich.		
Brasilien:		
1 Milreïs ($) = 1000 Reïs	2	29
1 Conto (:) = 1000 Milreïs.		
1 Milreïs Papier = 2,29 $\frac{K}{27}$ = 0,848 K Mark, wenn K den Milreïs-Kurs in Pence bedeutet.		
Chile:		
1 Peso nuevo Silber = 100 Centavos	1	53
1 Condor Gold = 2 Doblons = 20 Pesos.		
1 Escudo = 5 Pesos.		
China:		
1 Haikwan-(Regierungs-)Taël = 10 Mace = 100 Canda reens = 1000 Cash ca.	5	37
1 Shanghai Taël = 100 Cents Silber	4	82
1 Mexikanischer Piaster. Silber	3	50
Dänemark: 1 Krone = 100 Oere	1	12½
Deutsches Reich:		
1 Mark = 100 Pfennige.		
1 Krone = 10 Mark.		
1 kg reines Gold = 15½ kg Silber = 2790 Mark.		
Frankreich:		
1 Franc = 20 Sous = 100 Centimes	0	81
1 Zwanzigfrancstück	16	20
Griechenland:		
1 Drachme (Franc) = 100 Lepta	0	81
1 alte Drachme	0	72½
Grofsbritannien und Irland:		
1 Pfund Sterling (£) = 20 Shillings (s) zu 12 Pence (d)	20	43
1 Sovereign = 1 Pfd. Sterling.		
Haïti: 1 Peso (nordamerik. Dollar) = 100 Centavos . .	4	20

	ℳ	₰
Italien:		
1 Lire (Franc) = 100 Centesimi	0	81
1 Scudo = 5 Lire.		
(Hauptsächlich Papier in Umlauf.)		
Japan: 1 Yen = 100 Sen zu 10 Rin	2	09
Mexiko:		
1 Piaster (Peso) = 8 Reales = = 100 Centavos	4	39
1 Onza = 16 Piaster.		
Niederlande:		
1 Gulden = 100 Cents	1	69
1 Tientje (Goldstück) = 10 Gulden.		
Norwegen: 1 Krone = 100 Oere	1	12½
Österreich-Ungarn:		
1 Gulden (fl) = 100 Neukreuzer	1	70
1 Krone — 100 Heller	0	85
1 Dukaten	9	60
Ost-Indien, britisch:		
1 Company's Rupee = 16 Annas zu 12 Pies	1	36
(Entsprechend einem Kurs von 16 Pence.)		
1 Mohur = 15 Rupien.		
Ost-Indien, französisch: Mexikanische oder span. Piaster.		
Persien: 1 Toman = 10 Kran = 100 Senaar = 1000 Bisti ca.	8	10
Peru: 1 Sol (5 Fcs.) = 100 Centavos	4	05
Portugal:		
1 Milreïs ($) = 1000 Reïs	4	53½
1 Conto (:) = 1000 Milreïs.		
1 Tostao (Silber) = 100 Reïs (Scheidemünze).		
Rumänien: 1 Lei (Piaster) = 100 Bani (Para)	0	81
Rufsland:		
1 Rubel Papier = 100 Kopeken	2	16
1 Rubel Gold (alt)	3	24
1 Rubel Gold (neu)	2	16
½ Imperial = 5 Rubel (alt)	16	20
— *(Finnland):* 1 Mark = 100 Penni	0	80,6
Schweden: 1 Krone = 100 Oere	1	12,5
Schweiz: (Wie Frankreich.) 1 Franc = 100 Rappen	0	81
Siam:		
1 Tikal (Bat) = 4 Salungs = 8 Fuangs	2	49
(Im ansländischen Handel mexikanische Piaster.)		
Spanien:		
1 Peseta = 100 Centesimos	0	81
1 Duro (Peso, Piaster) = 20 Reales	4	21
Türkei:		
1 Piaster = 40 Para zu 3 Courant Asper	0	18½
1 Beutel = 5 Goldmedjidié (türk. Lira) = 500 Piaster.		
1 Juslik = 100 Piaster.		
1 Jirmilik = 20 Piaster.		
Uruguay:		
1 Peso = 100 Centimos	4	35
1 Doblon = 10 Pesos.		
Venezuela: 1 Peso (5 Fcs.) = 5 Bolivares zu 10 Centimos	4	05
Vereinigte Staaten von Nordamerika:		
1 Dollar ($) = 100 Cents	4	20
1 Eagle = 10 Dollars.		

Tabelle No. 35.

Hauptmafse und Hauptgewichte verschiedener Länder.

Aegypten: Gesetzlich: Metrisches Mafs und Gewicht.

1 Pik ägyptisch = 0,5826 m.
1 Pik Endasch = 0,638 m.
1 Ardeb = 6 Qubèhs = 197,75 l.
1 Cantar forforo zu 100 Rotoli = 44,546 kg.
1 Oka zu 400 Drachmen = 1237 g.

Belgien: Metrisches Mafs und Gewicht.

1 Brabanter Elle = 0,695 m.
1 Rasière Getreide = 48,75 l.

Brasilien: Metrisches Mafs und Gewicht.

1 Braza = 2 Vara = 2,2 m.
1 Legua = 6,6 km.
1 Moio = 60 Alqueïren = 240 Maquias = 2176,2 l.
1 Pipe = 420 l, 1 Almude = 31.94 l.
1 Quintal = 4 Arrobas = 2048 Unzen = 58,759 kg.

Chile: Metrisches System.

1 Tonne Guano = 920 kg.

Columbia: Metrisches System.

Dänemark:

1 Alen (Elle) = 2 Fod = 0,6277 m.
1 Meile = 7532,48 m.
1 Gallon (St. Croix) = 3,756 l.
1 Zentner = 100 Pfund = 10 000 Quintin = 50 kg.
1 Schiffspfund = 20 Liespfund = 320 Pfund = 160 kg.
1 Schiffslast zu 16,25 Schiffspfund = 2600 kg.

Deutsches Reich: Metrisches System.

1 Meter = 100 Zentimeter = 1000 Millimeter.
1 geogr. Meile = 7,4 Kilometer = 7420 Meter.
1 Liter = 0,001 Kubikmeter.
1 Kilogramm = 1000 Gramm.
1 Pfund = 500 Gramm.
1 Tonne = 20 Zentner = 1000 Kilogramm = 2000 Pfund.
1 Schiffslast = 2 Tonnen.
1 Faden = 1,829 m.
1 Kabel = 220 m.

Frankreich: Metrisches System.

1 neue Toise = 2 Meter = 6 neue Fufs.
1 Meile (lieue) = 10 Kilometer.
1 Stère = 10 Decistères = 1000 Liter.

Griechenland:

1 Stadion = 1000 m (Piki).
1 Talent = 1500 Drachmen = 150 kg.
1 Kiló = 100 Mistra = 100 l.

Grofsbritannien und Irland:

1 Foot = 12 Inches = 0,3048 m.
1 Inch = 0,0253995 m.
1 Yard = 0,91438 m.
1 Fathom = 2 Yard = 6 Fufs = 72 Zoll = 1,82877 m.
1 Chain = 100 Links = 20,12 m.
1 Meile (statute mile) = 1760 Yard = 5280 Fufs = 1609,3149 m.

Grofsbritannien und Irland:

1 Seemeile (nautical mile, knot) = 6082,66 Fufs = 1853,2 m.
1 Gallon = 277,2738 Kubikzoll = 4,54345 l.
1 Tun = 252 Gallons = 1008 Quarts = 2016 Pints = 8064 Gills = = 1145 l.
1 Tonne (ton) = 20 Zentner (centweight) = 80 Quarters = = 2240 Pfund = 1016,06 kg.
1 engl. Zentner = 4 Quarters = 112 Pfund = 50,8 kg.
1 Schiffstonne = 2000 Pfund = 907,196 kg.
1 Registerton = 100 cubic feet = 2,83 cbm.

Italien: Metrisches System.

Mexiko: Metrisches System.

Niederlande: Metrisches System.

1 Pond = 1 kg.
1 Pond = 10 Oncen = 100 Looden = 1000 Wigtjes.

Norwegen: Metrisches System.

Österreich-Ungarn: Metrisches System.

1 Meter = 0,52729 Wiener Klafter = 3,16375 Wiener Fufs.
1 Kilogramm = 1,7855 Wiener Pfund.

Portugal: Metrisches System.

Rufsland:

1 Saschehn (Faden) = 2,13357 m.
1 Saschehn = 7 Fufs = 3 Arschin = 12 Tschetwert = 48 Werschock.
1 Botschka (Fafs) = 40 Wedro = 400 Kruschky = 4000 Tscharky = 492 l.
1 Pfund = 409,531 g.
1 Pud zu 40 Pfund zu 32 Lot zu 3 Solotnick zu 96 Doli.
1 Berkowitz (Schiffspfund) = 10 Pud = 400 Pfund.

Schweden: Metrisches System.

1 Alen = 2 Fufs = 0,5938 m.
1 Tonne zu 63 Kannen = 164,89 l.
1 Foder = 2 Pinor = 4 Oxhufvuden = 24 Ankar = 360 Kannar = 720 Stop.
1 Skalpund = 425,3395 g.
1 Skalpund = 100 Ort = 10 000 Korn.
1 neuer Zentner = 100 neue Pfund = 100 Skalpund = 42,5 kg.
1 Schiffspfund = 20 Liespfund = 400 Skalpund.

Schweiz: Metrisches System.

1 Elle = 2 Fufs = 0,6 m.

Spanien: Metrisches System.

1 Legua nueva = 6687 m.
1 Cahiz = 12 Fanegas = 666 l.
1 Quintal = 100 Libras = 46 kg.
1 Quintal metrico = 100 kg.

Türkei: Metrisches System.

Vereinigte Staaten von Nord-Amerika:

Mafse und Gewichte wie in England; aufserdem auch metrisches System.

Zentral-Amerika: Metrisches System. — Ferner:

1 Vara = 0,836 m.
1 Cantara = 4 Cuartillas = 16,137 l.
1 Quintal = 4 Arrobas = 100 Libras = 46,014 kg.

Tabelle No. 36.

Englische Zoll und Millimeter.

Zoll	0	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
0	0,000	3,175	6,350	9,525	12,700	15,875	19,050	22,225
1	25,400	28,574	31,749	34,924	38,099	42,274	44,449	47,624
2	50,799	53,974	57,149	60,324	63,499	66,674	69,849	73,024
3	76,199	79,374	82,549	85,723	88,898	92,073	95,248	98,423
4	101,60	104,77	107,95	111,12	114,30	117,47	120,65	123,82
5	127,00	130,17	133,35	136,52	139,70	142,87	146,05	149,22
6	152,40	155,57	158,75	161,92	165,10	168,27	171,45	174,62
7	177,80	180,97	184,15	187,32	190,50	193,67	196,85	200,02
8	203,20	206,37	209,55	212,72	215,90	219,07	222,25	225,42
9	228,60	231,77	234,95	238,12	241,30	244,47	247,65	250,82
10	254,00	257,17	260,35	263,52	266,70	269,87	273,05	276,22
11	279,39	282,57	285,74	288,92	292,09	295,27	298,44	301,62
12	304,79	307,97	311,14	314,32	317,49	320,67	323,84	327,02
13	330,19	333,37	336,54	339,72	342,89	346,07	349,24	352,42
14	355,59	358,77	361,94	365,12	368,29	371,47	374,64	377,82
15	380,99	384,17	387,34	390,52	393,69	396,87	400,04	403,22
16	406,39	409,57	412,74	415,92	419,09	422,27	425,44	428,62
17	431,79	434,97	438,14	441,32	444,49	447,67	450,84	454,02
18	457,19	460,37	463,54	466,72	469,89	473,07	476,24	479,42
19	482,59	485,77	488,94	492,12	495,29	498,47	501,64	504,82
20	507,99	511,17	514,34	517,52	520,69	523,87	527,04	530,22
21	533,39	536,57	539,74	542,92	546,09	549,27	552,44	555,61
22	558,79	561,96	565,14	568,31	571,49	574,66	577,84	581,01
23	584,19	587,36	590,54	593,71	596,89	600,06	603,24	606,41
24	609,59	612,76	615,94	619,11	622,29	625,46	628,64	631,81
25	634,99	638,16	641,34	644,51	647,69	650,86	654,04	657,21
26	660,39	663,56	666,74	669,91	673,09	676,26	679,44	682,61
27	685,79	688,96	692,14	695,31	698,49	701,66	704,84	708,01
28	711,19	714,36	717,54	720,71	723,89	727,06	730,24	733,41
29	736,59	739,76	742,94	746,11	749,29	752,46	755,64	758,81
30	761,99	765,16	768,34	771,51	774,69	777,86	781,04	784,21
31	787,39	790,56	793,74	796,91	800,09	803,26	806,44	809,61
32	812,79	815,96	819,14	822,31	825,49	828,66	831,83	835,01
33	838,18	841.36	844,53	847,71	850,88	854,06	857,23	860,41
34	863,58	866,76	869,93	873,11	876,28	879,46	882,63	885,51
35	888,98	892,16	895,33	898,51	901,68	904,86	908,03	911,21
36	914,38	917,56	920,73	923,91	927,08	930,26	933,43	936,61
37	939,78	942,96	946,13	949,31	952,48	955,66	958,83	962,01
38	965,18	968,36	971,53	974,71	977,88	981,06	984,33	987,41
39	990,58	993,76	996,93	1000,1	1003,3	1006,5	1009,6	1012,8
40	1016,0	1019,2	1022,3	1025,5	1028,7	1031,9	1035,0	1038,2
41	1041,4	1044,6	1047,7	1050,9	1054,1	1057,3	1060,4	1063,6
42	1066,8	1070,0	1073,1	1076,3	1079,5	1082,7	1085,8	1089,0
43	1092,2	1095,4	1098,5	1101,7	1104,9	1108,1	1111,2	1114,4
44	1117,6	1120,8	1123,9	1127,1	1130,3	1133,5	1136,6	1139,8
45	1143,0	1146,2	1149,3	1152,5	1155,7	1158,9	1162,0	1165,2
46	1168,4	1171,6	1174,7	1177,9	1181,1	1184,3	1187,4	1190,6
47	1193,8	1197,0	1200,1	1203,3	1206,5	1209,7	1212,8	1216,0
48	1219,2	1222,4	1225,5	1228,7	1231,9	1235,1	1238,2	1241,4
49	1244,6	1247,8	1250,9	1254,1	1257,3	1260,5	1263,6	1366,8

Tabelle No. 37.

Englische Fufse und Meter.

Fufs	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,305	0,610	0,914	1,219	1,524	1,829	2,134	2,438	2,743
10	3,048	3,353	3,658	3,962	4,267	4,572	4,877	5,182	5,486	5,791
20	6,096	6,401	6,706	7,010	7,315	7,620	7,925	8,230	8,534	8,839
30	9,144	9,449	9,753	10,058	10,363	10,688	10,973	11,277	11,582	11,887
40	12,192	12,497	12,801	13,106	13,411	13,716	14,021	14,325	14,630	14,935
50	15,240	15,545	15,849	16,154	16,459	16,764	17,068	17,373	17,678	17,983
60	18,288	18,592	18,897	19,202	19,507	19,812	20,116	20,421	20,726	21,031
70	21,336	21,640	21,945	22,250	22,555	22,860	23,164	23,469	23,774	24,079
80	24,384	24,688	24,993	25,298	25,603	25,908	26,212	26,517	26,822	27,127
90	27,432	27,736	28,041	28,346	28,651	28,955	29,260	29,565	29,870	30,175

Tabelle No. 38.

Quadratfufs und Quadratmeter.

□ Fufs	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,093	0,186	0,279	0,372	0,465	0,557	0,650	0,743	0,836
10	0,929	1,022	1,115	1,208	1,301	1,394	1,486	1,579	1,672	1,765
20	1,858	1,951	2,044	2,137	2,230	2,323	2,415	2,508	2,601	2,694
30	2,787	2,880	2,973	3,066	3,159	3,252	3,344	3,437	3,530	3,623
40	3,716	3,809	3,902	3,995	4,088	4,181	4,273	4,366	4,459	4,552
50	4,645	4,738	4,831	4,924	5,017	5,110	5,202	5,295	5,388	5,481
60	5,574	5,667	5,760	5,853	5,946	6,039	6,131	6,224	6,317	6,410
70	6,503	6,597	6,689	6,782	6,875	6,968	7,060	7,153	7,246	7,339
80	7,432	7,525	7,618	7,711	7,804	7,896	7,989	8,082	8,175	8,268
90	8,361	8,454	8,547	8,640	8,733	8,826	8,918	9,011	9,104	9,197

Tabelle No. 39.

Englische Pfunde und Kilogramme.

Pfunde	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,454	0,907	1,361	1,814	2,268	2,722	3,175	3,629	4,082
10	4,536	4,990	5,443	5,897	6,350	6,804	7,258	7,711	8,165	8,618
20	9,072	9,525	9,979	10,433	10,886	11,340	11,793	12,247	12,701	13,154
30	13,608	14,061	14,515	14,969	15,422	15,876	16,329	16,779	17,237	17,690
40	18,144	18,597	19,051	19,505	19,958	20,412	20,865	21,319	21,772	22,226
50	22,680	23,133	23,587	24,040	24,494	24,948	25,401	25,855	26,308	26,762
60	27,216	27,669	28,123	28,576	29,030	29,484	29,937	30,391	30,844	31,298
70	31,752	32,305	32,659	33,112	33,566	34,019	34,473	34,927	35,380	35,834
80	36,287	36,741	37,195	37,648	38,102	38,555	39,009	39,463	39,916	40,370
90	40,823	41,277	41,731	42,184	42,638	43,091	43,545	43,999	44,452	44,906
100	45,359	45,813	46,266	46,720	47,174	47,627	48,081	48,534	48,988	49,442
110	49,895	50,349	50,802	51,256	51,710	52,163	52,517	53,070	53,524	53,978
120	54,431	54,885	55,338	55,792	56,246	56,699	57,153	57,606	58,060	58,514
130	58,967	59,421	59,874	60,328	60,781	61,235	61,689	62,142	62,596	63,049
140	63,503	63,957	64,410	64,864	65,317	65,771	66,225	66,678	67,132	67,585

Tabelle No. 40.

Quadratmeter und englische Quadratfuſs.

qm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	10,76	21,53	32,29	43,06	53,82	64,59	75,35	86,11	96,88
10	107,64	118,41	129,17	139,94	150,70	161,46	172,23	182,99	193,76	204,52
20	215,29	226,05	236,82	247,58	258,34	269,11	279,87	290,64	301,40	312,17
30	322,93	333,69	344,46	355,22	365,99	376,75	387,52	398,28	409,04	419,81
40	430,57	441,34	452,10	462,87	473,63	484,39	495,16	505,92	516,69	527,45
50	538,22	548,98	559,74	570,51	581,27	592,04	602,80	613,57	624,33	635,09
60	645,86	658,62	667,39	678,15	688,92	699,68	710,44	721,21	731,97	742,74
70	753,50	764,27	775,03	785,79	796,56	807,32	818,09	828,85	839,62	850,38
80	861,14	871,91	882,67	893,44	904,20	914,97	925,73	936,49	947,26	958,02
90	968,79	979,55	990,32	1001,1	1011,8	1022,6	1033,4	1044,1	1054,9	1065,7

Tabelle No. 41.

Kilogramme und englische Pfund.

kg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	2,21	4,41	6,61	8,82	11,02	13,23	15,43	17,64	19,84
10	22,05	24,25	26,46	28,66	30,87	33,07	35,27	37,48	39,68	41,89
20	44,09	46,30	48,50	50,71	52,91	55,12	57,32	59,53	61,73	63,93
30	66,14	68,34	70,55	72,75	74,96	77,16	79,37	81,57	83,78	85,98
40	88,19	90,39	92,59	94,80	97,00	99,21	101,41	103,62	105,82	108,03
50	110,23	112,44	114,64	116,85	119,05	121,25	123,46	125,66	127,87	130,67
60	132,28	134,48	136,69	138,89	141,10	143,30	145,51	147,71	149,91	152,12
70	154,32	156,53	158,73	160,94	163,14	165,35	167,55	169,76	171,96	174,17
80	176,37	178,57	180,78	182,98	185,19	187,39	189,60	191,80	194,00	196,21
90	198,42	200,62	202,83	205,03	207,23	209,44	211,64	213,85	216,05	218,26

Tabelle No. 42.

Englische Pfund pro Quadratzoll und Kilogramm pro Quadratzentimeter.

Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm
1	0,0703	36	2,530	71	4,991	106	7,452	141	9,913
2	0,1406	37	2,601	72	5,061	107	7,522	142	9,983
3	0,2109	38	2,671	73	5,131	108	7,593	143	10,054
4	0,2812	39	2,741	74	5,202	109	7,663	144	10,124
5	0,3515	40	2,812	75	5,272	110	7,733	145	10,194
6	0,4218	41	2,882	76	5,342	111	7,804	146	10,264
7	0,4921	42	2,952	77	5,413	112	7,874	147	10,335
8	0,5624	43	3,022	78	5,483	113	7,944	148	10,405
9	0,6327	44	3,093	79	5,553	114	8,015	149	10,475
10	0,7030	45	3,163	80	5,624	115	8,085	150	10,546
11	0,7733	46	3,233	81	5,694	116	8,155	155	10,897
12	0,8436	47	3,304	82	5,764	117	8,226	160	11,249
13	0,9140	48	3,374	83	5,834	118	8,296	165	11,600
14	0,9843	49	3,444	84	5,905	119	8,366	170	11,952
15	1,0546	50	3,515	85	5,975	120	8,436	175	12,303
16	1,1248	51	3,585	86	6,045	121	8,507	180	12,655
17	1,1952	52	3,655	87	6,116	122	8,577	185	13,006
18	1,265	53	3,725	88	6,186	123	8,647	190	13,358
19	1,335	54	3,796	89	6,256	124	8,718	195	13,710
20	1,406	55	3,866	90	6,327	125	8,788	200	14,061
21	1,476	56	3,936	91	6,397	126	8,858	210	14,76
22	1,546	57	4.007	92	6,467	127	8,929	220	15,46
23	1,616	58	4,077	93	6,537	128	8,999	230	16,16
24	1,687	59	4,147	94	6,608	129	9,069	240	16,87
25	1,757	60	4,218	95	6,678	130	9,140	250	17,57
26	1,827	61	4,288	96	6,748	131	9,210	260	18,27
27	1,898	62	4,358	97	6,819	132	9,280	270	18,98
28	1,968	63	4,428	98	6,889	133	9,350	280	19,68
29	2,038	64	4,499	99	6,959	134	9,421	290	20,38
30	2,109	65	4,569	100	7,030	135	9,491	300	21,09
31	2,179	66	4,639	101	7,101	136	9,561	310	21,79
32	2,249	67	4,710	102	7,171	137	9,632	320	22,49
33	2,319	68	4,780	103	7,241	138	9,702	330	23,19
34	2,390	69	4,850	104	7,312	139	9,772	340	23,90
35	2,460	70	4,921	105	7,382	140	9,843	350	24,60

Tabelle No. 43.

Kilogramm pro Quadratzentimeter und englische Pfunde pro Quadratzoll.

kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll	kg pro qcm	Pfund pro Quadratzoll
0,1	1,422	3,6	51,203	7,1	100,984	10 6	150,77	14,1	200,55
0,2	2,844	3,7	52.625	7,2	102.407	10,7	152,19	14,2	201,97
0,3	4,267	3,8	54,048	7,3	103,829	10,8	153,61	14,3	203,39
0,4	5,689	3,9	55.470	7,4	105,251	10,9	155,03	14,4	204,81
0,5	7,111	4,0	56.892	7,5	106,674	11,0	156,46	14,5	206,24
0,6	8,533	4,1	58,315	7,6	108,096	11,1	157,88	14,6	207,65
0,7	9,956	4,2	59,737	7,7	109,518	11,2	159,30	14,7	209.08
0,8	11,378	4,3	61,159	7,8	110,940	11,3	160,72	14,8	210,50
0,9	12,800	4,4	62,582	7,9	112,363	11,4	162,14	14,9	211,92
1,0	14,223	4,5	64,004	8,0	113,785	11,5	163,57	15,0	213,35
1,1	15,645	4,6	65,426	8,1	115,207	11,6	164,99	15,1	214,77
1,2	17,067	4,7	66,849	8,2	116,630	11,7	166,41	15,2	216,19
1,3	18,490	4,8	68,271	8,3	118,052	11,8	167,83	15,3	217,61
1,4	19,912	4,9	69,693	8,4	119,474	11,9	169,26	15,4	219,04
1,5	21,234	5,0	71,116	8,5	120,897	12,0	170,68	15,5	220,46
1,6	22,757	5,1	72,538	8,6	122,319	12,1	172,10	15,6	221,88
1,7	24,179	5,2	73,960	8,7	123,741	12,2	173,52	15,7	223,30
1,8	25,601	5,3	75,382	8,8	125,164	12,3	174,94	15,8	224,73
1,9	27,024	5,4	76,508	8,9	126,586	12,4	176,37	15,9	226,15
2,0	28,446	5,5	78,227	9,0	128,008	12,5	177,79	16,0	227,57
2,1	29,868	5,6	79,649	9,1	129.431	12,6	179,21	16,5	234,68
2,2	31,291	5,7	81,072	9,2	130,853	12,7	180,63	17,0	241,79
2,3	32,713	5,8	82,494	9,3	132,275	12,8	182,06	17,5	248,91
2,4	34,135	5,9	83,916	9,4	133,698	12,9	183,48	18,0	256,02
2,5	35,558	6,0	85,339	9,5	135,120	13,0	184,90	18,5	263,13
2,6	36,980	6,1	86,761	9,6	136,542	13,1	186,32	19,0	270,24
2,7	38,402	6,2	88,183	9,7	137,965	13,2	187,75	19,5	277,35
2,8	39,824	6,3	89,606	9,8	139,387	13,3	189,17	20,0	284,46
2,9	41,247	6,4	91,028	9,9	140,809	16,4	190,59	20,5	291,58
3,0	42,669	6,5	92,450	10,0	142,230	13,5	192,01	21,0	298,69
3,1	44,091	6,6	93,873	10,1	143,650	13,6	193,43	21,5	305,80
3,2	45,514	6,7	95,295	10,2	145,080	13,7	194,86	22,0	312,91
3,3	46,936	6,8	96,717	10,3	146,500	13,8	196,28	22,5	320,02
3,4	48,358	6,9	98,140	10,4	147,920	13,9	197,70	23,0	327,13
3,5	49,781	7,0	99,562	10,5	149,340	14,0	199 12	23,5	334,25

Tabelle No. 44.

Knoten und Kilometer per Stunde, Meter per Sekunde.

Knoten per Stunde	Kilometer per Stunde	Meter per Sekunde	Knoten per Stunde	Kilometer per Stunde	Meter per Sekunde
4	7,413	2,06	14	25,944	7,21
4,25	7,876	2,19	14,25	26,408	7,34
4,5	8,339	2,32	14,5	26,871	7,46
4,75	8,802	2,45	14,75	27,334	7,59
5	9,266	2,57	15	27,797	7,72
5,25	9,729	2,70	15,25	28,261	7,85
5,5	10,192	2,82	15,5	28,724	7,98
5,75	10,656	2,96	15,75	29,187	8,11
6	11,119	3,09	16	29,651	8,24
6,25	11,582	3,22	16,25	30,114	8,37
6,5	12,046	3,35	16,5	30,577	8,49
6,75	12,509	3,47	16,75	31,041	8,62
7	12,972	3,59	17	31,504	8,75
7,75	13,435	3,73	17,25	31,967	8,88
7,5	13,899	3,86	17,5	32,430	9,01
7,75	14,362	3,99	17,75	32,894	9,14
8	14,825	4,12	18	33,357	9,27
8,25	15,289	4,25	18,25	33,820	9,39
8,5	15,752	4,38	18,5	34,284	9,52
8,75	16,215	4,50	18,75	34,747	9,65
9	16,678	4,63	19	35,210	9,78
9,25	17,142	4,76	19,25	35,673	9,91
9,5	17,605	4,89	19,5	36,137	10,04
9,75	18,068	5,02	19,75	36,600	10,17
10	18,532	5,15	20	37,063	10,30
10,25	18,995	5,28	20,25	37,526	10,42
10,5	19,458	5,41	20,5	37,990	10,55
10,75	19,921	5,53	20 75	38,453	10,68
11	20,385	5,66	21	38,916	10,81
11,25	20,848	5,79	21,25	39,379	10,94
11,5	21,311	5,92	21,5	39,843	11,07
11,75	21,775	6,05	21,75	40,306	11,20
12	22,238	6,18	22	40,769	11,32
12,25	22,701	6,31	22,25	41,233	11,45
12,5	23,165	6,43	22,5	41,696	11,58
12,75	23,628	6,56	22 75	42,160	11.71
13	24,091	6,69	23	42,623	11,84
13,25	24,554	6,82	23,25	43,086	11,97
13,5	25,018	6,95	23,5	43,549	12,10
13,75	25,481	7,08	23,75	44,013	12,23

Tabelle No. 44. (Fortsetzung.)

Knoten und Kilometer per Stunde, Meter per Stunde.

Knoten per Stunde	Kilometer per Stunde	Meter per Sekunde	Knoten per Stunde	Kilometer per Stunde	Meter per Sekunde
24	44,476	12,35	32	59,302	16,47
24,25	44,939	12,45	32,25	59,765	16,60
24,5	45,403	12,61	32,5	60,228	16,73
24,75	45,866	12,74	32,75	60,691	16,86
25	46,329	12,87	33	61,154	16,99
25,25	46,792	13,00	33,25	61,618	17,12
25,5	47,256	13,13	33,5	62,082	17,25
25,75	47,719	13,25	33,75	62,545	17,37
26	48,182	13,38	34	63,008	17,50
26,25	48,646	13,51	34,25	63,471	17,63
26,5	49,109	13,64	34,5	63,934	17,76
26,75	49,572	13,77	34,75	64,397	17,89
27	50,035	13,90	35	64,860	18,02
27,25	50,499	14,03	35,25	65,324	18,15
27,5	50,962	14,16	35,5	65,788	18,27
27,75	51,425	14,28	35,75	66,251	18,40
28	51,889	14,41	36	66,714	18,53
28,25	52,352	14,54	36,25	67,177	18,66
28,5	52,815	14,67	36,5	67,640	18,79
28,75	53,279	14,80	36,75	68,104	18,92
29	53,742	14,93	37	68,568	19,05
29,25	54,205	15,06	37,25	69,031	19,18
29,5	54,668	15,19	37,5	69,494	19,30
29,75	55,132	15,31	37,75	69,957	19,43
30	55,595	15,44	38	70,422	19,56
30,25	56,058	15,57	38,25	70,885	19,69
30,5	56,522	15,70	38,5	71,348	19,82
30,75	56,985	15,83	38,75	71,812	19,95
31	57,448	15,96	39	72,275	20,08
31,25	57,911	16,09	39,25	72,738	20,21
31,5	58,374	16,22	39,5	73,201	20,33
31,75	58,838	16,34	39,75	73,665	20,46

Obige Tabelle ist berechnet für »admiralty knots« oder englische Seemeilen.

1 admiralty knot = 6080′ engl. = 1,8532 km.

Die deutsche, österreichische und französische Seemeile ist gleich der mittleren Länge einer Bogenminute des Erdmeridians.

1 deutsche Seemeile = 6076,23′ engl. = 1,852 km.

Tabelle No. 45.

Berechnung der Gewichte von Rohren. — Querschnitt der Rohrwand in qcm.

Um das Gewicht von einem laufenden Meter Rohr in kg zu erhalten, multipliziere man die Zahlen der Tabelle: für Gufseisen mit 0,73, für Schmiedeeisen oder Stahl mit 0,78, für Kupfer mit 0,9, für Messing oder Bronze mit 0,85, für Blei mit 1,13.

Wandstärke in mm	lichter Rohrdurchmesser in mm							
	20	25	30	35	40	45	50	60
1	0,60	0,82	0,97	1,13	1,29	1,44	1,60	1,92
1,5	1,01	1,25	1,49	1,72	1,96	2,19	2,43	2,90
2	1,38	1,70	2,01	2,32	2,64	2,95	3,27	3,90
2,5	1,77	2,16	2,55	2,95	3,34	3,73	4,12	4,91
3	2,17	2,64	3,11	3,58	4,05	4,52	5,00	5,94
3,5	2,58	3,13	3,68	4,23	4,78	5,33	5,88	6,98
4	3,02	3,64	4,27	4,90	5,53	6,16	6,79	8,04
4,5	3,46	4,17	4,88	5,59	6,29	7,00	7,71	9,12
5	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	8,64	10,21
6	—	—	6,79	7,73	8,67	9,62	10,56	12,44
7	—	—	—	9,24	10,34	11,43	12,53	14,73
8	—	—	—	—	12,06	13,32	14,58	17,09
9	—	—	—	—	—	—	—	19,51
10	—	—	—	—	—	—	—	21,99

(Fortsetzung.)

Wandstärke in mm	lichter Rohrdurchmesser in mm							
	70	80	90	100	110	120	130	140
1,5	3,37	3,84	4,31	—	—	—	—	—
2	4,52	5,15	5,78	6,41	—	—	—	—
2,5	5,69	6,48	7,27	8,05	8,84	9,92	10,41	11,19
3	6,88	7,82	8,77	9,71	10,65	11,59	12,54	13,48
3,5	8,08	9,18	10,28	11,38	12,48	13,58	14,68	15,78
4	9,30	10,56	11,81	13,07	14,33	15,58	16,84	18,10
4,5	10,53	11,95	13,36	14,77	16,19	17,60	19,02	20,43
5	11,78	13,35	14,92	16,49	18,06	19,64	21,21	22,78
6	14,33	16,21	18,10	19,98	21,87	23,75	25,64	27,52
7	16,93	19,13	21,33	23,53	25,73	27,93	30,13	32,33
8	19,60	22,11	24,63	27,14	29,65	32,17	34,68	37,19
9	22,34	25,16	28,99	30,82	33,65	36,47	39,30	42,13
10	25,13	28,27	31,42	34,56	37,70	40,84	43,98	47,12
11	—	—	—	38,36	41,82	45,27	48,73	52,18
12	—	—	—	—	—	49,76	53,53	57,30
13	—	—	—	—	—	—	58,41	62,49
14	—	—	—	—	—	—	—	67,73

Tabelle No. 45. (Fortsetzung.)

Berechnung der Gewichte von Rohren. — Querschnitt der Rohrwand in qcm.

Um das Gewicht von einem laufenden Meter Rohr in kg zu erhalten, multipliziere man die Zahlen der Tabelle: für Gufseisen mit 0,73, für Schmiedeeisen oder Stahl mit 0,78, für Kupfer mit 0,9, für Messing oder Bronze mit 0,85, für Blei mit 1,13.

Wandstärke in mm	lichter Rohrdurchmesser in mm							
	150	160	170	180	190	200	210	220
2,5	11,98	—	—	—	—	—	—	—
3	14,42	15,36	16,31	17,25	18,19	19,13	20,08	21,02
3,5	16,88	17,98	19,08	20,18	24,28	22,38	23,48	24,58
4	19,35	20,61	21,87	23,12	26,38	25,64	26,89	28,15
4,5	21,84	23,26	24,67	26,08	27,50	28,91	30,33	31,74
5	24,35	25,92	27,49	29,06	30,63	32,10	33,77	35,34
6	29,41	31,29	33,18	35,06	3 ,95	38,83	40,72	42,60
7	34,53	36,72	38,92	41,12	43,32	45,52	47,72	49,92
8	39,71	42,22	44,73	47,25	49,76	52,27	54,79	57,30
9	44,96	47,78	50,61	53,44	56,27	59,09	61,92	64,75
10	50,27	53,41	56,55	59,69	62,83	65,97	69,12	72,26
11	55,64	59,09	62,55	66,01	69,46	72,92	76,37	79,83
12	61,07	64,84	68,61	72,38	76,15	79,92	83,69	87,46
13	66,57	70,66	74,74	78,83	82,91	86,99	91,08	95,16
14	72,13	76,53	80,93	85,22	89,72	94,12	98,52	102,92
15	77,75	82,47	87,18	91,89	96,60	101,32	106,03	110,74
16	—	88,47	93,49	98,52	103,55	108,57	113,60	118,63
17	—	—	—	—	—	—	121,23	126,57

(Fortsetzung.)

Wandstärke in mm	lichter Rohrdurchmesser in mm						
	230	240	250	260	270	280	290
3	21,96	22,90	23,85	—	—	—	—
3,5	25,68	26,78	27,87	28,97	30,07	31,17	32,27
4	29,41	30,66	31,92	33,18	34,43	35,69	36,95
4,5	33,15	34,57	35,98	37,39	38,81	40,22	41,64
5	36,91	38,49	40,06	41,63	43,20	44,77	46,34
6	44,49	46,37	48,26	50,14	52,03	53,91	55,80
7	52,12	54,32	56,52	58,72	60,91	63,11	65,31
8	59,82	62,33	64,84	67,25	69,86	72,38	74,89
9	67,58	70,40	73,23	76,06	78,89	81,71	84,54
10	75,40	78,54	81,68	84,82	87,97	91,11	94,25
11	83,28	86,74	90,20	93,65	97,11	100,56	104,02
12	91,23	95,00	98,77	102,54	106,31	110,08	113,85
13	99,25	103,33	107,42	111,50	115,58	119,67	123,75
14	107,32	111,71	116,11	120,51	124,91	129,31	133,70
15	115,45	120,17	124,88	129,59	134,30	139,02	143,73
16	123,65	128,68	133,71	138,73	143,76	148,79	153,81
17	131,92	137,26	142,60	147,94	153,28	158,62	163,96
18	—	145,89	151,55	157,20	162,85	168,51	174,16
19	—	—	—	—	172,50	178,47	184,44
20	—	-	—	—	182,21	188,50	194,78

Tabelle No. 46.

Gewichte von runden und quadratischen Stangen aus Schmiedeisen, Stahl oder Flufseisen per laufenden Meter in Kilogramm, spezif. Gewicht = 7,8.

ϕ oder Seite	□	○	ϕ oder Seite	□	○	ϕ oder Seite	□	○
5	0,195	0,153	50	19,50	15,32	95	70,40	55,29
6	0,281	0,221	51	20,29	15,93	96	71,88	56,46
7	0,382	0,300	52	21,09	16,57	97	73,39	57,80
8	0,500	0,392	53	21,91	17,21	98	74,91	58,83
9	0,632	0,496	54	22,75	17,86	99	76,45	60,04
10	0,780	0,613	55	23,60	18,53	100	78,00	61,26
11	0,944	0,741	56	24,46	19,21	105	86,00	67,54
12	1,124	0,882	57	25,34	19,90	110	94,38	74,12
13	1,318	1,035	58	26,24	20,61	115	103,15	81,02
14	1,529	1,201	59	27,15	21,33	120	112,32	88,21
15	1,755	1,378	60	28,10	22,05	125	121,88	95,72
16	2,000	1,568	61	29,02	22,80	130	131,82	103,53
17	2,25	1,77	62	29,98	23,55	135	142,16	111,65
18	2,53	1,99	63	30,99	24,31	140	152,88	120,07
19	2,82	2,21	64	31,95	25,09	145	164,00	128,80
20	3,12	2,45	65	32,96	25,88	150	175,50	137,84
21	3,44	2,70	66	33,98	26,69	155	187,40	147,18
22	3,78	2,97	67	35,01	27,50	160	199,68	156,83
23	4,13	3,24	68	36,07	28,33	165	212,36	166,78
24	4,49	3,53	69	37,14	29,17	170	225,42	177,04
25	4,88	3,83	70	38,22	30,02	175	238,88	187,61
26	5,27	4,14	71	39,32	30,88	180	252,72	198,48
27	5,69	4,47	72	40,44	31,76	185	266,96	209,66
28	6,12	4,80	73	41,57	32,65	190	281,58	221,15
29	6,56	5,15	74	42,71	33,55	195	296,60	232,94
30	7,02	5,51	75	43,88	34,46	200	312,00	245,04
31	7,50	5,89	76	45,05	35,38	205	327,80	257,45
32	7,99	6,27	77	46,25	36,32	210	343,98	270,16
33	8,49	6,67	78	47,46	37,27	215	360,56	283,17
34	9,02	7,08	79	48,68	38,23	220	377,52	296,50
35	9,56	7,50	80	49,92	39,21	225	394,88	310,13
36	10,11	7,94	81	51,18	40,19	230	412,62	324,07
37	10,68	8,39	82	52,45	41,19	235	430,76	338,31
38	11,26	8,85	83	53,62	42,20	240	449,28	352,86
39	11,86	9,32	84	55,04	43,23	245	468,20	367,71
40	12,48	9,80	85	56,36	44,26	250	487,50	382,90
41	13,11	10,30	86	57,69	45,31	255	507,20	398,34
42	13,76	10,81	87	59,04	46,37	260	527,28	414,12
43	14,72	11,33	88	60,30	47,44	265	547,76	430,20
44	15,10	11,86	89	61,78	48,52	270	568,62	446,59
45	15,80	12,41	90	63,18	49,62	275	589,88	463,28
46	16,51	12,96	91	64,59	50,73	280	611,52	480,28
47	17,23	13,53	92	66,02	51,85	285	633,56	497,58
48	17,97	14,12	93	67,46	52,98	290	655,98	515,20
49	18,43	14,71	94	68,92	54,20	295	678,80	533,12

Tabelle No. 46. (Fortsetzung.)

ϕ oder Seite	□	○	ϕ oder Seite	□	○	ϕ oder Seite	□	○
300	702,00	551,35	350	955,50	750,07	400	1248,00	980,18
305	725,60	569,88	355	983,00	772,04	405	1279,40	1004,84
310	749,58	588,42	360	1010,88	793,54	410	1311,18	1029,80
315	773,75	607,86	365	1039,16	816,15	415	1343,36	1055,07
320	798,72	627,00	370	1067,82	838,66	420	1375,92	1080,64
325	823,88	647,07	375	1096,88	861,49	425	1408,88	1106,53
330	849,42	666,79	380	1126,32	884,61	430	1442,22	1132,72
335	875,36	687,50	385	1156,16	908,04	435	1475,96	1159,21
340	901,68	707,82	390	1186,38	931,78	440	1510,08	1186,01
345	928,40	729,16	395	1217,00	955,83	445	1544,60	1213,12

Tabelle No. 47. Schrauben mit Whitworth-Gewinde.

Äufserer Gewindedurchmesser		Kerndurchmesser	Anzahl der Gänge auf 1″	Sechseckige Mutter		Höhe		Kernquerschnitt	Belastung der Schraube bei einer Beanspruchung von 500 kg pro qcm
				Flachkant	Spitzkant (abgerundet)	Mutter	Kopf		
Zoll engl.	mm	mm		mm	mm	mm	mm	qcm	kg
3/16	4,8	3,4	24	12	14	5	4	0,091	45
1/4	6,4	4,7	20	14	16	6	5	0,174	87
5/16	7,9	6,1	18	16	18	8	6	0,295	148
3/8	9,5	7,5	16	19	22	10	7	0,441	220
7/16	11,1	8,8	14	21	24	11	8	0,607	304
1/2	12,7	10,0	12	23	27	13	9	0,787	393
5/8	15,9	12,9	11	27	31	16	11	1,310	655
3/4	19,1	15,8	10	32	37	19	13	1,961	980
7/8	22,2	18,6	9	36	42	22	15	2,720	1360
1	25,4	21,3	8	41	48	25	18	3,570	1790
1 1/8	28,6	23,9	7	45	52	29	20	4,496	2250
1 1/4	31,8	27,1	7	50	58	32	22	5,768	2880
1 3/8	34,9	29,5	6	54	62	35	24	6,835	3420
1 1/2	38,1	32,7	6	58	67	38	27	8,390	4200
1 5/8	41,3	34,8	5	63	73	41	29	9,500	4750
1 3/4	44,5	38,0	5	67	78	44	32	11,30	5650
1 7/8	47,6	40,4	4,5	72	83	48	34	12,82	6410
2	50,8	43,6	4,5	76	88	51	36	14,91	7460
2 1/4	57,2	49,0	4	85	98	57	40	18,86	9430
2 1/2	63,5	55,4	4	94	109	64	45	24,10	12550
2 3/4	69,9	60,6	3,5	103	119	70	49	28,80	14400
3	76,2	66,9	3,5	112	129	76	53	35,20	17600
3 3/4	82,6	72,6	3,25	121	140	83	58	41,40	20700
3 1/2	88,9	78,9	3,25	130	150	89	62	48,90	24450
3 3/4	95,3	84,4	3	138	159	95	67	55,95	27980
4	101,6	90,8	3	147	170	102	71	64,70	32350
4 1/4	108,0	96,7	2 7/8	156	180	108	76	73,40	36700
4 1/2	114,3	103,0	2 7/8	165	191	114	80	83,30	41650
4 3/4	120,7	108,8	2 3/4	174	201	121	85	93,0	46500
5	127,0	115,2	2 3/4	183	211	127	89	104,0	50200
5 1/4	133,4	121,7	2 5/8	192	222	133	93	116,0	55800
5 1/2	139,7	127,5	2 5/8	201	232	140	98	128,0	64000
5 3/4	146,1	133,0	2 1/2	209	241	146	102	139,0	69500
6	152,4	139,4	2 1/2	218	252	152	106	153,0	76500

Tabelle Nr. 48. Drahtseile (unverzinkt)

von Felten & Guilleaume in Mühlheim a/R. aus Patent-Gußstahldraht von 12000 kg Zugfestigkeit für 1 qcm Drahtquerschnitt.

ϕ des Drahtes mm	ϕ des Seiles mm	Anzahl der Drähte im Seil	Zulässige Belastung b. 5-facher Sicherheit kg	ϕ des Drahtes mm	ϕ des Seiles mm	Anzahl der Drähte im Seil	Zulässige Belastung b. 5-facher Sicherheit kg
0,5	9	96	460	1,2	16	84	2280
0,5	10	120	580	1,2	18	96	2610
0,5	11	144	690	1,2	19	114	3100
0,5	12	168	810	1,3	12	42	1340
0,5	13	210	1010	1,3	14	49	1570
0,5	14	252	1210	1,3	16	72	2300
0,6	10	96	650	1,3	17	84	2690
0,6	12	120	820	1,3	19	96	3070
0,6	13	144	980	1,3	20	114	3650
0,6	14,5	168	1140	1,4	13	42	1550
0,6	16	210	1430	1,4	15	49	1810
0,6	17,5	252	1720	1,4	17	72	2660
0,7	13	96	880	1,4	19	84	3110
0,7	15	120	1100	1,4	21	96	3550
0,7	16	144	1320	1,4	22	114	4220
0,7	17	168	1550	1,5	14	42	1780
0,7	18	210	1930	1,5	16	49	2080
0,7	20	252	2320	1,5	19	72	3050
0,8	14	96	1150	1,5	20	84	3560
0,8	16	120	1440	1,5	22	96	4070
0,8	17,5	144	1730	1,5	23	114	4830
0,8	19	168	2020	1,6	20	56	2700
0,8	20,5	210	2520	1,6	22	84	4060
0,8	22	252	3020	1,6	24	96	4640
0,9	16	96	1480	1,6	26	114	5500
0,9	18	120	1850	1,6	28	133	6420
0,9	19	144	2220	1,8	23	56	3420
0,9	21	168	2590	1,8	25	84	5130
0,9	23	210	3230	1,8	27	96	5860
0,9	25	252	3880	1,8	29	114	6960
1,0	18	96	1820	1,8	31	133	8120
1,0	20	120	2280	2,0	30	96	7240
1,0	22	144	2740	2,0	32	114	8600
1,0	24	168	3190	2,0	35	133	10030
1,0	26	210	3990	2,0	38	162	12220
1,0	28	252	4790	2,0	41	180	13570
1,0	9	42	800	2,2	33	96	8760
1,0	10	49	930	2,2	35	114	10400
1,0	12	72	1370	2,2	38	133	12130
1,0	13	84	1600	2,2	42	162	14780
1,0	15	96	1820	2,2	45	180	16420
1,0	16	114	2170	2,5	37	96	11300
1,1	10	42	960	2,5	40	114	13430
1,1	11	49	1120	2,5	44	133	15670
1,1	13	72	1640	2,5	48	162	19100
1,1	14	84	1920	2,5	52	180	21200
1,1	16	96	2190	2,8	42	96	14200
1,1	17	114	2600	2,8	45	114	16850
1,2	11	42	1140	2,8	49	133	19660
1,2	13	49	1330	2,8	53	162	23940
1,2	15	72	1960	2,8	58	180	26600

Bemerkung. Bei Drahtseilen aus Bessemerstahl oder Eisen ist die zulässige Belastung nur etwa ein Drittel so grofs wie bei Gufsstahldrahtseilen.

Verzinkte Drahtseile besitzen nur etwa 0,8—0,9 der Festigkeit unverzinkter Seile.

Der Durchmesser der Seilrollen soll etwa gleich dem 450- bis 700-fachen Drahtdurchmesser sein.

Tabelle No. 49.

Tragkraft runder, ungeteerter Hanfseile bei ca. 8facher Sicherheit.

Durchmesser des Seiles in mm	13	16	18	20	23	26	29	33	36	39	46	52
Tragkraft in kg	130	200	260	320	420	530	660	860	1020	1200	1670	2130

Bem. Der Durchmesser der Seilrollen soll gleich dem 7- bis 10fachen Seildurchmesser sein.

Tabelle No. 50.

Tragfähigkeit kurzgliedriger Ketten ohne Steg. in kg.

Durchmesser des Ketteneisens mm	Wenig angestrengte Ketten; ca. 4,5 fache Sicherheit	Häufig benutzte Ketten; ca. 5,5 fache Sicherheit	Durchmesser des Ketteneisens mm	Wenig angestrengte Ketten; ca. 4,5 fache Sicherheit	Häufig benutzte Ketten; ca. 5,5 fache Sicherheit
5	250	200	19	3610	2890
6	360	290	20	4000	3200
7	490	390	21	4410	3520
8	640	510	22	4840	3870
9	810	650	24	5760	4610
10	1000	800	26	6760	5410
11	1210	970	28	7840	6270
12	1440	1150	30	9000	7200
13	1690	1350	32	10240	8200
14	1960	1570	34	11560	9250
15	2250	1800	36	12960	10360
16	2563	2050	38	14440	11550
17	2890	2310	40	16000	12800
18	3240	2590	42	17640	14100

Bem. Bei Ketten für Dampfwinden ist die Belastung nur ca. halb so grofs wie bei wenig angestrengten Ketten zu nehmen, entsprechend einer etwa 9fachen Sicherheit.

Bei kalibrierten Ketten ist die Belastung nur ca. zwei Drittel so grofs wie oben angegeben zu nehmen.

Tabelle No. 51. Die gröfsten deutschen Werften. (Herbst 1905).

(Nach Weyers Taschenbuch der Kriegsflotten.)

Name und Ort der Werft	Kapital in Millionen Mark		Hellinge Länge				Patent-Slips	Schwimmdocke	Trockendocke	Zahl der Angestellten		Betriebs-maschinen	Produktion 1904	
	Aktien	Obligationen	unter 100 m	100 bis 150 m	150 bis 200 m	über 200 m				Beamte	Arbeiter	PS. eff	Brutto Reg. t	PS.
Kaiserliche Werft Kiel	—	—	—	3	—	—	1	2	6	716[1])	7030			
» » Wilhelmshaven	—	—	—	2	—	—	—	3	3	754[2])	6740			
» » Danzig	—	—	1	1	—	—	3	1	—	303[3])	2730			
Blohm u. Vofs, A.-G., Hamburg	6,0	2,1	—	1	5	—	—	4	—	280	4500	2000	23 773	11 350
Brandenburg Heinrich, Hamburg	—	—	6	—	—	—	1	—	—	35	500	700	305	586
Bremer Vulkan, A.-G., Vegesack	6,0	2,5	—	3	2	1	—	—	—	150	2350	1700	24 000	15 500
Flensburger Schiffbaugesellsch., A.-G., Flensburg	3,3	3,0	3	5	—	—	—	1	—	133	2479	2285	34 730	17 100
Germania-Werft, Kiel	—	—	6	3	4	—	—	—	—	539	4400	3200	10 219	16 945
Howaldts-Werke, A.-G., Kiel	5,0	4,0	5	—	3	—	—	3	—	210	3000	1000	10 848	8 835
Klawitter J. W., Danzig	—	—	3	—	—	—	2	1	—	40	862	600	3 500	3 380
Koch Henry, Lübeck	—	—	1	3	—	—	—	1	—	40	850	350	9 750	5 200
Meyer J. L., Papenburg	—	—	3	—	—	—	—	—	—	35	500	180	1 370	1 115
Neptun, A.-G., Rostock	2,2	1,48	—	4	—	—	1	1	—	68	1594	850	35 000	10 500
Reiherstieg, A.-G., Hamburg	3,0	—	—	2	—	—	—	2	—	100	2200	680	13 545	7 400
Rickmers, A.-G., Geestemünde	13,0	3,275	1	2	1	—	—	—	—	35	530	190	9 139	3 400
Schichau F., Danzig	—	—	—	2	3	1	—	—	—	130	2070		17 224	19 600
Schichau F., Elbing	—	—	19	—	—	6	—	2	—					
Seebeck G., A.-G., Bremerhaven	2,75	0,65	6	2	—	—	—	—	—	86	1100	1540	3 584	5 425
Tecklenborg Joh. C., A.-G., Geestemünde	2,5	0,70	1	4	—	—	1	—	1	120	1850	1450	23 273	15 600
Vulcan, A.-G., Stettin-Bredow	10,0	—	—	3	2	2	—	2	—	458	6000	2800	8 864	7 000
Weser, A.-G., Bremen	7,5	2,0	1	2	1	1	—	3	—	285	2935	2200	15 537	21 645

[1]) und 34 Offiziere. [2]) und 33 Offiziere. [3]) und 16 Offiziere.

Tabelle No. 52. Die bedeutendsten deutschen Reedereien.

(Herbst 1905.)

	Kapital in Millionen Mark		Seeschiffe				Zahl der Angestellten	
			fertig		im Bau			
	Aktien	Anleihe	Zahl	Brutto Reg. t	Zahl	Brutto Reg. t	an Land	an Bord
Hamburger Firmen:								
Chinesische Küstenfahrt-Gesellschaft	2,0	1,0	8	14 933	2	4 250	10	150
Deutsch-Australische Dampfschiffahrtsgesellschaft	12,0	1,7	26	106 938	3	12 750		
Deutsch-Amerikanische Petroleum-Gesellschaft	9,0	—	17	58 385	—	—	155	608
Deutsche Dampfschiffahrtsgesellschaft Kosmos	11,0	—	29	129 000	2	12 000	30	1 500
Dampfschiff-Reederei Union	6,0	3,5	14	44 409	4	?		510
Deutsche Levante-Linie	6,0	2,7	30	68 500	—	—	70	530
Deutsche Ostafrika-Linie	10,0	5,0	18	68 000	4	22 000		
F. Laeifs	—	—	16	40 396	—	—		
Hamburg-Amerika-Linie	100,0 [1]	37,6	140	680 000	8	39 300	8000	10 000
Hamburg-Südamerikan. Dampfschiffahrtsgesellschaft	11,25	4,4	33	147 426	1	8 132	62	1 863
Hanseatische Dampfer-Comp.	2,0	1,425	9	18 812	—	—	20	214
Woermann-Linie	—	—	45	102 400	1	6 000		
Bremer Firmen:								
Dampfschiffahrtsgesellschaft Argo	7,0	4,5	26	40 897	—	—	68	606
Deutsche Dampfschiffahrtsgesellschaft Hansa	20,0	7,18	45	199 000	3	16 000	100	2 400
Dampfschiffahrtsgesellschaft Neptun	3,5	2,66	60	40 368	2	760	52	825
Dampfschiffahrtsgesellschaft Triton	1,8	—	5	7 983	—	—	6	104
Norddeutscher Lloyd	100,0 [1]	55,45	97	572 653	17	104 261	4650	11 200
Reederei Visurgis	1,95	0,4	10	20 841	—	—	4	260

[1]) 1906 um 20 Millionen erhöht.

Postwesen.

I. Verkehr innerhalb Deutschlands und nach Österreich-Ungarn.

1. Briefsendungen.

Gewöhnliche Briefe im Orts- und Nachbarortsverkehr bis 250 g frankiert 5 Pf., unfrankiert 10 Pf.; im übrigen Verkehr bis 20 g frankiert 10 Pf., unfrankiert 20 Pf., über 20 bis 250 g frankiert 20 Pf. unfrankiert 30 Pf.

Postkarten, einfache: frankiert 5 Pf., unfrankiert 10 Pf.; mit Antwort: frankiert 10 Pf.

Drucksachen

bis 50 g	3 Pf.
über 50—100 g	5 »
» 100—250 g	10 »
» 250—500 g	20 »
» 500 g — 1 kg	30 »

Geschäftspapiere

(nach Österreich-Ungarn nicht zulässig)

bis 250 g	10 Pf.
über 250—500 g	20 »
» 500 g — 1 kg	30 »

Warenproben

bis 250 g	10 Pf.
über 250—350 g	20 »

Die angegebenen Taxen gelten auch für Briefsendungen nach den Deutschen Schutzgebieten und nach Luxemburg. Außerdem sind nach den Deutschen Schutzgebieten auch Drucksachen und Geschäftspapiere über 1 kg bis 2 kg zulässig; Porto hierfür: 60 Pf.

Drucksachen in Rollenform dürfen 75 cm in der Länge und 10 cm im Durchmesser nicht überschreiten.

Als Geschäftspapiere sind anzusehen: alle Schriftstücke und Urkunden, ganz oder teilweise mit der Hand geschrieben oder gezeichnet, die nicht die Eigenschaft einer eigentlichen und persönlichen Korrespondenz haben, wie Prozeßakten, von öffentlichen Beamten aufgenommene Urkunden jeder Art, Frachtbriefe oder Ladescheine, Rechnungen, die verschiedenen Dienstpapiere der Versicherungsgesellschaften, Abschriften oder Auszüge außergerichtlicher Verträge, gleichviel ob auf gestempeltem oder ungestempeltem Papier geschrieben, handschriftliche Partituren oder Notenblätter, die abgesondert versandten Manuskripte von Werken oder Zeitungen, korrigierte Schülerarbeiten mit Ausschluß jeglichen Urteils über die Arbeit usw.

Warenproben sind zulässig bis zur Ausdehnung von 30 cm in der Länge, 20 cm in der Breite und 10 cm in der Höhe, oder, wenn sie Rollenform haben, bis zu 30 cm in der Länge und 15 cm im Durchmesser. Die Aufschrift muß den Vermerk »Warenproben« oder »Proben« oder »Muster« enthalten.

Unfrankierte Drucksachen, Geschäftspapiere und Warenproben werden nicht abgesandt.

2. Postanweisungen.

Gebühr bis 5 M. einschl.: 10 Pf., über 5—100 M.: 20 Pf., über 100—200 M.: 30 Pf., über 200—400 M.: 40 Pf., über 400—600 M.: 50 Pf., über 600—800 M. einschl.: 60 Pf.

Nach Österreich-Ungarn: Meistbetrag 1000 Kronen. Gebühr für je 20 M. 10 Pf., mindestens 20 Pf.

Die Erhebung des Betrags bei der Postanstalt muß spätestens innerhalb 7 Tagen erfolgen.

Postanweisungsbeträge können auch telegraphisch zur Auszahlung überwiesen werden, s. unter »Telegraphenwesen« Ziff. 6.

3. Postaufträge

zur Einziehung von Geldern (bis 800 M.) und zur Einholung von Wechselakzepten (ohne Wertbeschränkung). Formulare 10 Stück 5 Pf. Porto: 30 Pf. Für Übermittlung des eingezogenen Betrags tarifmäßige Postanweisungsgebühr. Porto für Rücksendung angenommener Wechsel: 30 Pf. Beizufügen sind die einzulösenden Papiere (quittierte Rechnung etc.) Einlieferung der Postaufträge nicht früher als 7 Tage vor dem Fälligkeitstag zulässig.

Für Postaufträge nach Österreich-Ungarn (zulässig nur zur Geldeinziehung, Meistbetrag 1000 K.) gelten die Vorschriften für den Auslandsverkehr.

4. Pakete.

Meistgewicht 50 kg. Porto bis 5 kg auf Entfernungen bis zu 10 geogr. Meilen 25 Pf., auf alle weiteren Entfernungen 50 Pf.; bei einem Gewicht über 5 kg vorstehende Taxen für die ersten 5 kg, außerdem für jedes weitere kg oder den überschießenden Teil eines kg:

	bis 10	Meilen	(1. Zone)		5 Pf.
über 10	» 20	»	(2. »)		10 »
» 20	» 50	»	(3. »)		20 »
» 50	» 100	»	(4. »)		30 »
» 100	» 150	»	(5. »)		40 »
	über 150	»	(6. »)		50 »

Im Nichtfrankierungsfalle Zuschlag für Pakete bis 5 kg: 10 Pf.[1]) Bei Sperrgut, d. s. hauptsächlich Sendungen, die in irgend einer Ausdehnung $1^1/_2$ m überschreiten, oder in einer Ausdehnung 1 m, in einer anderen $^1/_2$ m überschreiten und dabei weniger als 10 kg wiegen, wird das Porto um die Hälfte erhöht.[1])

Für Pakete mit Wertangabe wird außer dem Porto noch eine Versicherungsgebühr von 5 Pf. für je 300 M., mindestens jedoch von 10 Pf. erhoben.

Für dringende Pakete ist außer dem tarifmäßigen Porto eine besondere Gebühr von 1 M. und die Eilbotengebühr (Ziff. 9) zu entrichten, falls die Sendung nicht »postlagernd« gestellt wird.

5. Wertbriefe.

Meistgewicht 250 g, Wertangabe unbegrenzt. Porto bis 10 Meilen 20 Pf., über 10 Meilen 40 Pf. Versicherungsgebühr wie für Pakete. Geldstücke sind innerhalb des Briefes so zu befestigen, daß sie ihre Lage nicht ändern können. Im Nichtfrankierungsfalle wird 10 Pf. Zuschlagtaxe erhoben.[1])

---

[1]) Im innern bayerischen Verkehr wird dieser Zuschlag nicht erhoben.

6. Einschreibsendungen

(Briefsendungen — Ziff. 1 — und Pakete)

sind mit der Bezeichnung »Einschreiben« zu versehen (bei Paketen auch auf Begleitadresse). Neben dem Porto wird eine Einschreibgebühr von 20 Pf. erhoben. Wertangabe ist unzulässig.

7. Rückschein.

Zulässig bei Paketen ohne und mit Wertangabe, Einschreibsendungen und Wertbriefen. Neben dem Porto, der Versicherungs- oder Einschreibgebühr wird eine weitere Gebühr von 20 Pf. erhoben.

8. Postnachnahme

innerhalb Deutschlands zulässig bis 800 M. einschl. bei gewöhnlichen und eingeschriebenen Briefen, Postkarten, Drucksachen, Geschäftspapieren, Warenproben und Paketen, sowie bei Wertsendungen.

Nachnahmesendungen müssen in der Aufschrift mit dem Vermerke »Nachnahme von . . . M. . . Pf. (Marksumme in Zahlen und Buchstaben, Pfennigsumme nur in Zahlen) versehen sein und unmittelbar darunter die deutliche Angabe des Namens, Standes und Wohnortes — in größeren Städten auch der Wohnung—des Absenders enthalten. Bei Paketen müssen vorstehende Vermerke sowohl auf dem Pakete als auch auf der Begleitadresse angebracht sein.

Für Nachnahmesendungen kommen zur Erhebung:

1. Das Porto für gleichartige Sendungen ohne Nachnahme.
2. Eine Vorzeigegebühr von 10 Pf.
3. Die Postanweisungsgebühr für die Übermittlung des ein gezogenen Betrags an den Absender (s. Ziff. 2).

Für Nachnahmesendungen nach Österreich-Ungarn gelten besondere Vorschriften.

9. Eilsendungen

müssen den zu unterstreichenden Vermerk »Durch Eilboten« und bei Vorausbezahlung der Eilbestellgebühr den weiteren Vermerk »Bote bezahlt« tragen. Für die Eilbestellung sind zu entrichten:

a) Im Falle der Vorausbezahlung durch den Absender

1. bei gewöhnlichen und eingeschriebenen Briefsendungen, Postanweisungen, Briefen mit Wertangabe, Ablieferungsscheinen und Postpaketadressen
   - im Ortsbestellbezirke . . . 25 Pf.
   - im Landbestellbezirke . . . 60 »

   für jeden Gegenstand,
2. bei Paketen
   - im Ortsbestellbezirke . . . 40 Pf.
   - im Landbestellbezirke . . . 90 »

   für jedes Paket.

b) Im Falle der Entrichtung des Botenlohns durch den Empfänger

bei allen Sendungen die wirklich erwachsenden Botenkosten, mindestens jedoch 25 Pf. für einen der Gegenstände zu a1 und 40 Pf. für ein Paket.

Nach Österreich-Ungarn beträgt die Eilbotengebühr für Briefsendungen jeder Art (einschl. der Wertbriefe) 25 Pf., für Pakete 40 Pf. Für Sendungen nach dem Landbestellbezirk wird vom Empfänger noch eine Ergänzungsgebühr erhoben.

II. Auslandsverkehr.

(Wegen der Taxen für Briefsendungen nach Luxemburg vgl. unter I Ziff. 1)

1. Briefe

dürfen u. a. Gegenstände, deren Beförderung mit Gefahr verbunden ist, im Umlauf befindliche Münzen, zollpflichtige Gegenstände und vielfach auch Gold- oder Silbersachen, Edelsteine, Schmucksachen und andere kostbare Gegenstände nicht enthalten. Porto für je 15 g (im Verkehr mit der Schweiz für je 20 g) frankiert 20 Pf., unfrankiert 40 Pf. [ohne Beschränkung auf ein Meistgewicht]. Vorstehende Taxen gelten nur bis 30. September 1907 einschl.

Postkarten einfache frankiert 10 Pf., unfrankiert 20 Pf.; mit Antwort frankiert 20 Pf.

Drucksachen: je 50 g 5 Pf. bis zum Meistgewicht von 2 kg.

Geschäftspapiere: je 50 g 5 Pf., mindestens 20 Pf. Meistgewicht 2 kg.

Warenproben: je 50 g 5 Pf., mindestens 10 Pf. Meistgewicht 350 g.

Unfrankierte Drucksachen, Geschäftspapiere und Warenproben werden nicht abgesandt.

2. Eingeschriebene Briefsendungen

unterliegen dem Frankierungszwang. Neben dem Porto wird eine Einschreibgebühr von 20 Pf. erhoben. Wird Rückschein verlangt, so tritt eine weitere Gebühr von 20 Pf. hinzu. Nach den nicht zum Weltpostverein gehörenden Gebieten (s. unten) sind Rückscheine mit wenigen Ausnahmen unzulässig. Auch bezüglich der Einschreibung bestehen Beschränkungen.

3. Eilzustellung

zulässig im Verkehr mit einer größeren Anzahl von Ländern. Eilzustellgebühr: 25 Pf.

4. Vereinsausland.

Dem Weltpostverein noch nicht beigetreten sind folgende außereuropäische Gebiete: Abessinien, Afghanistan (Kabul), Arabien, Belutschistan, China, Ladakh (Tibet), Marokko; dann die britischen Besitzungen: Britisch-Zentralafrika, Nord-Nigeria, Rhodesia und mehrere australische Inselgruppen. Taxen wie im Weltpostverein, doch besteht zum Teil allgemein Frankierungszwang.

Telegraphenwesen.

1. Tarif für Telegramme.

	Worttaxe
Deutschland = D = RO = MP = ...	0,05 M.
Afrika, Westküste:	
Kanarische Inseln = D = RO = ...	0,70 »
Französisch Sudan u. Senegal = D = RO = MP =	1,40 »
Algerien = D = RO = MP = ...	0,20 »
Azoren = D = RO = MP = ...	0,70 »
Belgien = D = RO = MP = ...	0,10 »
Bosnien-Herzegowina = D = RO = MP = .	0,20 »
Bulgarien u. Ostrumelien = D = RO = MP =	0,20 »
Dänemark = D = RO = MP	0,10 »
Frankreich = D = RO = MP = ...	0,12 »
Gibraltar = D = ...	0,25 »
Griechenland = D = RO = MP = ...	0,30 »
Großbritannien und Irland	0,15 »
Mindestgebühr 80 Pf.	
Italien = D = RO = MP = ...	0,15 »
Kreta = D = ...	0,45 »
Luxemburg = D = RO = MP = ...	0,05 »
Malta = D = ...	0,40 »
Marokko: Tanger = D = RO = ...	0,40 »
Montenegro = D = MP = ...	0,20 »
Niederlande = D = RO = MP = ...	0,10 »
Norwegen = D = RO = MP = ...	0,15 »
Österreich-Ungarn = D = RO = MP = . . .	0,05 »
Portugal = D = RO = MP = ...	0,20 »
Rumänien = D = RO = MP = ...	0,15 »
Rußland, europäisches, kaukasisches und transkaspisches = D = MP = ...	0,20 »
Schweden = D = RO = MP = ...	0,15 »
Schweiz = RO = MP = ...	0,10 »
Serbien = D = RO = MP = ...	0,20 »
Spanien = D = RO = MP = ...	0,20 »
Tripolis = D = RO = MP	0,65 »
Türkei: europäische und asiatische (ausgenommen Ostrumelien s. Bulgarien) mit Einschluß von Medina (Médiné) in Hedjaz = D = RO = . .	0,45 »
Tunis = D = RO = MP = ...	0,20 »

2. Besondere Angaben. Nach jenen Ländern, denen im vorstehenden Tarif die Vermerke = D =, = RO = und = MP = beigesetzt sind, sind »Dringende«, »Offen zu bestellende« und »Eigenhändig zu bestellende« Telegramme zulässig. Außer diesen Vermerken sind noch Abkürzungen für folgende Telegrammgattungen zugelassen: = RP = für »Antwort bezahlt«, = RPx = für »Antwort bezahlt x Wörter«, = RPD = für »dringende Antwort bezahlt«, = RPDx = für »dringende Antwort bezahlt x Wörter«, = TC = für »Vergleichung«, = PC = für »Telegramm mit telegraphischer Empfangsanzeige«, = PCD = für »Telegramm mit dringender telegraphischer Empfangsanzeige«, = PCP = für »Telegramm mit Empfangsanzeige durch die Post«, = FS = für »nachsenden«, = PR = für »Post eingeschrieben«, = XP = für »Eilbote bezahlt«,

= RXP = für »Antwort und Bote bezahlt«, = J = für »Tages- (von 10 Uhr abends bis 6 Uhr morgens nicht zu bestellendes) Telegramm«, = TR = für »telegraphenlagernd«, = GP = für »postlagernd«, = GPR = für »postlagernd eingeschrieben«, = TMx = für »x Adressen«.

3. Wortzählung. Jedes Wort bis zu 15 Buchstaben und jede Zahl bis zu 5 Ziffern zählt als ein Taxwort. Je 15 weitere Buchstaben oder 5 weitere Ziffern zählen für ein weiteres Taxwort. Als Mindestbetrag für ein gewöhnliches Telegramm werden erhoben: im Verkehr mit Großbritannien und Irland 80 Pf., im übrigen Verkehr 50 Pf. (Für Stadttelegramme beträgt die Worttaxe 3 Pf., die Mindestgebühr 30 Pf.) Die in Ziff. 2 aufgezählten besonderen Vermerke zählen als je ein Wort und sind vor der Adresse niederzuschreiben.

4. Dringende Telegramme = D =, das sind solche, die den Vorrang vor den übrigen Privattelegrammen haben, unterliegen der dreifachen Gebühr eines gewöhnlichen Telegramms.

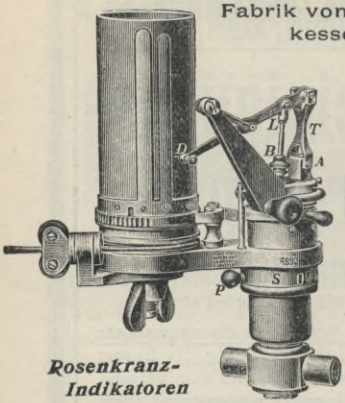
5. Bezahlte Antwort = RP =. Im Verkehr innerhalb Deutschlands und mit Österreich-Ungarn wird für das Antwortstelegramm die Gebühr für 10 Wörter erhoben. Wird eine dringende Antwort verlangt, so ist = RPD = zu setzen. Sollen mehr als 10 Wörter vorausbezahlt werden, so ist dies besonders anzugeben, z. B. = RP 20 = oder = RPD 20 =. Im Verkehr mit dem Ausland ist die Zahl der für das Antwortstelegramm vorausbezahlten Wörter in jedem Fall besonders anzugeben, z. B. = RP 6 = oder = RPD 10 =.

6. Für **telegraphische Postanweisungen** ist zu entrichten: die Postanweisungsgebühr, die Gebühr für das von der Post- oder Telegraphenanstalt abzufassende Überweisungstelegramm und innerhalb Deutschlands die Eilbotengebühr mit 25 Pf. bei Zustellung im Orte der Bestimmungspostanstalt und 60 Pf. nach dem Landzustellbezirk, falls die Anweisung nicht »postlagernd« zu hinterlegen ist. Telegraphische Postanweisungen sind außer innerhalb Deutschlands zulässig u. a. nach Belgien, Dänemark, einem Teil von Egypten, Frankreich, Großbritannien und Irland, Italien, Luxemburg, einem Teil der Niederlande, Norwegen, Österreich-Ungarn, einem Teil von Portugal, von Rumänien und von Schweden, nach der Schweiz und nach Serbien.

Alphabetisches Inhaltsverzeichnis.

Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover

Fabrik von Armaturen für Dampfkessel und Maschinen. (10)



Rosenkranz-Indikatoren

mit innen und außen liegender Kolbenfeder für Dampfmaschinen, Eismaschinen, Gebläsemaschinen, Gasmaschinen, Walzwerksmaschinen, Hubverminderer und alle Nebenteile zum Indizieren.

Feder-Manometer
aller Art für Dampf-, Wasser-, Luftdruck und Luftleere.
Manometer mit Schreibzeug zur Aufzeichnung des Druckes.

Jacobsen & Frölich

G. m. b. H. (6)

Schiffs- und Jachtwerft **Neumühlen** **bei Kiel**

liefert

Fahrzeuge aller Art in Holz und Stahl

als: Bugsierdampfer, Passagierdampfer, kleine Frachtdampfer, Segelschiffe, Leichter, Barkassen usw., insbesondere

seetüchtige Kreuzerjachten

mit und ohne Hilfsmotor.

Fischdampfer und Seefischereifahrzeuge.

Patentslip. — Winterlager. — Reparaturen.

Fernsprecher: Amt Kiel 749. — T.-Adr.: Voluntas, Kiel.

WELTKARTE

Politische Übersicht und Hauptverkehrslinien.

Aus Justus Perthes' Sec Atlas

MÜNCHEN u. BERLIN: R. OLDENBOURG.