

Versuche

über die

Widerstandsfähigkeit von Kesselwandungen.

Von

C. Bach,

K. Württ. Baudirektor,
Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule Stuttgart.

Heft 5.

Untersuchungen über die Formänderungen und die Anstrengung gewölbter Böden.

Mit 81 Abbildungen im Texte und auf 2 Tafeln.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1900.

EXTRA
MATERIALS
extras.springer.com

Versuche

über die

Widerstandsfähigkeit von Kesselwandungen.

Von

C. Bach,

K. Württ. Baudirektor,
Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule Stuttgart.

Heft 5.

Untersuchungen über die Formänderungen und die Anstrengung gewölbter Böden.

Mit 81 Abbildungen im Texte und auf 2 Tafeln.



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH 1900

Sonderabdruck

aus der

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1899.

ISBN 978-3-662-31797-6

ISBN 978-3-662-32623-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-32623-7

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

Untersuchungen

über die

Formänderungen und die Anstrengung gewölbter Böden.

Die Versuche, über welche im Nachstehenden berichtet werden soll, erstrecken sich auf 11 Böden, und zwar auf 7 umgekrempte, eingenietete Böden aus Flusseisen, und auf 4 gusseiserne Böden, welche mit den Hohlcylindern, die sie abschließen, je aus einem Stück bestehen.

Bei der Durchführung der Versuche wurde ich unterstützt durch die Herren Ensslin, Haberer und Roser.

Erster Teil.

Versuche mit umgekrempten, eingenieteten Böden aus Flusseisen.

Zur Feststellung der Formänderungen wurden die Versuchseinrichtungen, welche für die Untersuchung der ebenen Böden entworfen und ausgeführt worden waren, in ganz gleicher Weise verwendet. Sie sind in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1897 S. 1158 Fig. 1 bis 3 oder auch Heft 3, S. 4 Fig. 1 bis 3 dargestellt und daselbst beschrieben, sodass auf dort verwiesen werden darf.

Die Temperatur im Versuchsraum schwankte zwischen $14,1$ und $18,5^{\circ}$ C. Bei den einzelnen Versuchen überschritt der Temperaturwechsel den Betrag von $2,3^{\circ}$ C nicht.

Boden A, Fig. 1 und 2.

Die Abmessungen des Bodens ergeben sich aus Fig. 1 und 2. Der Halbmesser R , zeichnerisch so ermittelt, dass der durch ihn bestimmte Kreisbogen den Scheitel des Bodens enthält und die beiden Wölbungskreise der Krempe berührt, betrug 1030 mm. Für den durchschnittlichen Halbmesser der letzteren ergab sich innen $r = 35$ mm.

Die Abstände der Messpunkte sind in Fig. 2 eingetragen. Wie bei den flachen Böden, so war auch hier beabsichtigt, die Durchbiegungen zu messen: in der Mitte (Scheitel), im Abstände von 75 mm, von 150 mm, von 225 und von 300 mm aus der Mitte. Bei der Länge der Messstifte und infolge der Rauigkeit der Bodenoberfläche liefs sich jedoch die genaue Gleichheit dieser Abstände nicht erreichen, weshalb es angezeigt erschien, die tatsächlichen Werte derselben soweit als ausführbar genau zu ermitteln und in Fig. 2 einzutragen.

Die gesamten und die bleibenden Durchbiegungen wurden bis zu 35 Atm innerem Ueberdruck ermittelt. Darüber hinausgehen, hinderten die eintretenden starken Undichtheiten. Erstmals stellten sich solche von Erheblichkeit ein bei 29 bis 30 Atm, indem sich eine Fuge zwischen Boden und Cylinder bildete. Die Ergebnisse der Messungen sind in den Zusammenstellungen 1 bis 7 niedergelegt und in den Figuren 3 bis 9, Tafel XXIV, unter Zugrundelegung der Mittelwerte

zeichnerisch dargestellt. Um für die Abbildungen nicht zu viel Raum in Anspruch zu nehmen, wurden diese Darstellungen der gesamten und der bleibenden Durchbiegungen nur bis 29 Atm aufgenommen.

In Fig. 10 ist der Boden A im Mafsstab $1:5$ dargestellt:

Fig. 1.

Boden A

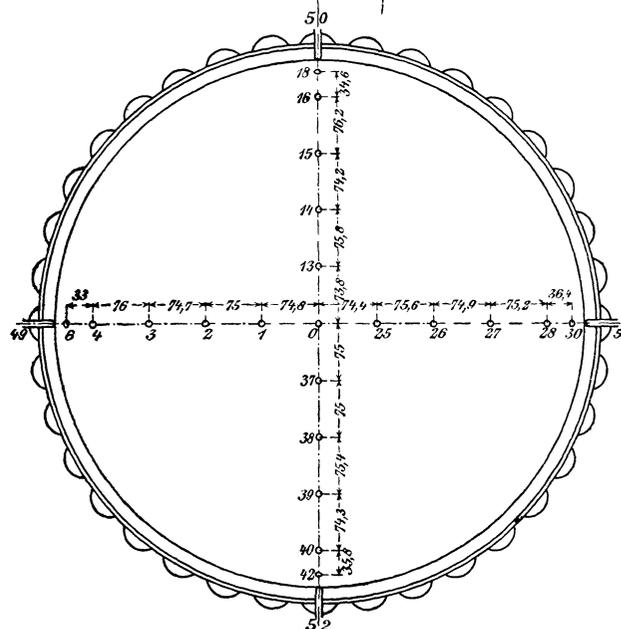
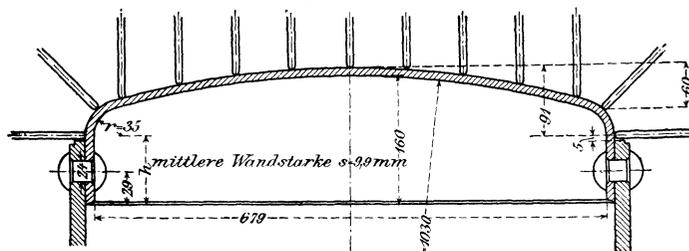


Fig. 2.

a) im ursprünglichen Zustande, dadurch ermittelt, dass für zwei senkrecht zu einander stehende Achsialebenen durch Herstellung zweier Blechlehren die Form der Oberfläche des Bodens genau bestimmt und sodann durch Nehmen des arith-

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Bodenmitte (Punkt 0) in Millimeter
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
0	0,130	0	0,275	0,010	0,425	0,025	0,580	0,040	0,735	0,060	0,895	0,075	1,070	0,100	1,250	0,145	1,450	0,210
0	0,130	0	0,275	0,015	0,425	0,025	0,580	0,040	0,735	0,055	0,900	0,075	1,070	0,100	1,250	0,145	1,455	0,215
Mittel	0,130	0	0,275	0,013	0,425	0,025	0,580	0,040	0,735	0,057	0,898	0,075	1,070	0,100	1,250	0,145	1,452	0,212

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 1, 13, 25, 37 (im Abstand von rd. 75 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
1	0,115	0	0,250	0,015	0,375	0,025	0,520	0,040	0,670	0,055	0,815	0,075	0,970	0,105	1,145	0,145	1,325	0,210
13	0,125	0	0,270	0,010	0,415	0,025	0,565	0,040	0,710	0,060	0,860	0,080	1,045	0,110	1,225	0,170	1,435	0,240
25	0,130	0,005	0,275	0,020	0,420	0,025	0,570	0,035	0,715	0,050	0,865	0,070	1,025	0,095	1,210	0,140	1,415	0,195
37	0,120	0	0,255	0	0,390	0,020	0,530	0,030	0,670	0,045	0,815	0,060	0,960	0,085	1,125	0,110	1,310	0,180
Mittel	0,123	0,001	0,263	0,011	0,400	0,024	0,546	0,036	0,691	0,052	0,839	0,071	1,000	0,099	1,176	0,141	1,371	0,206

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 2, 14, 26, 38 (im Abstand von rd. 150 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
2	0,100	0	0,215	0,015	0,330	0,025	0,460	0,040	0,590	0,065	0,725	0,085	0,875	0,105	1,030	0,150	1,200	0,215
14	0,115	0,010	0,250	0,035	0,385	0,050	0,530	0,060	0,665	0,085	0,815	0,115	0,980	0,145	1,145	0,205	1,365	0,285
26	0,115	0	0,235	0,010	0,355	0,015	0,480	0,030	0,610	0,045	0,745	0,060	0,890	0,085	1,050	0,120	1,235	0,170
38	0,100	0	0,215	0	0,320	0,010	0,430	0,020	0,550	0,020	0,660	0,030	0,775	0,045	0,905	0,070	1,060	0,120
Mittel	0,108	0,002	0,229	0,015	0,348	0,025	0,475	0,038	0,604	0,054	0,736	0,073	0,880	0,095	1,033	0,136	1,215	0,198

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 3, 15, 27, 39 (im Abstand von rd. 225 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
3	0,075	0,005	0,170	0,025	0,255	0,030	0,345	0,055	0,440	0,065	0,535	0,080	0,650	0,100	0,770	0,135	0,910	0,290
15	0,080	0	0,175	0,020	0,280	0,040	0,385	0,065	0,510	0,095	0,635	0,120	0,770	0,150	0,920	0,210	1,110	0,300
27	0,080	0,005	0,170	0,015	0,255	0,020	0,345	0,025	0,440	0,035	0,530	0,050	0,630	0,060	0,755	0,090	0,905	0,160
39	0,070	0	0,145	0,010	0,220	0,010	0,290	0,015	0,370	0,020	0,450	0,025	0,530	0,040	0,640	0,070	0,760	0,120
Mittel	0,076	0,002	0,165	0,017	0,253	0,026	0,341	0,040	0,440	0,054	0,538	0,069	0,645	0,088	0,771	0,126	0,921	0,217

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 4, 16, 28, 40 (im Abstand von rd. 300 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
4	0,015	0,005	0,025	0,015	0,050	0,030	0,075	0,040	0,100	0,055	0,130	0,065	0,160	0,080	0,200	0,105	0,245	0,130
16	0,020	0	0,050	0,030	0,090	0,050	0,130	0,025	0,140	0,040	0,150	0,085	0,180	0,095	0,240	0,110	0,320	0,155
28	0,010	0,005	0,030	0,010	0,055	0,015	0,075	0,005	0,090	0,010	0,105	0,020	0,125	0,030	0,155	0,040	0,195	0,060
40	0,010	0	0,020	0	0,020	0	0,030	0,030	0,055	0,030	0,070	0,005	0,080	0,025	0,090	0,045	0,120	0,060
Mittel	0,014	0,003	0,031	0,014	0,054	0,024	0,078	0,025	0,096	0,034	0,114	0,044	0,136	0,058	0,171	0,075	0,220	0,101

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 6, 18, 30, 42 (in der Krümmung) in Millimeter
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten. Sämtliche Werte sind

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
6	0,015	0,005	0,020	0,005	0,030	+0,005	0,010	+0,045	0,005	+0,055	0,005	+0,055	0	+0,070	0,005	+0,060	0,030	+0,065
18	0,015	0	0,025	+0,010	0,030	+0,025	0,040	+0,035	0,045	+0,040	0,050	+0,050	0,050	+0,045	0,060	+0,040	0,065	+0,040
30	0,020	0	0,035	0,005	0,050	0,005	0,070	0,005	0,080	0,010	0,105	0,010	0,120	0,025	0,140	0,025	0,155	0,035
42	0,020	0,005	0,030	0	0,045	+0,015	0,050	+0,030	0,060	+0,035	0,070	+0,045	0,080	+0,055	0,095	+0,050	0,110	+0,045
Mittel	0,017	0,002	0,028	0	0,039	+0,010	0,043	+0,026	0,048	+0,030	0,057	+0,035	0,063	+0,036	0,075	+0,031	0,090	+0,029

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 49, 50, 51, 52 (beim Austritt des Bodens aus dem Versuchszylinder)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten. Sämtliche Werte

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
49	0,010	0	0,010	0	0,015	0	0,020	0	0,015	+0,010	0,015	+0,015	0,020	+0,010	0,030	+0,005	0,035	0
50	0,010	0	0,035	0,005	0,060	0,015	0,090	0,020	0,120	0,040	0,155	0,055	0,205	0,080	0,240	0,110	0,290	0,145
51	0,010	0,010	0,035	0,015	0,055	0,020	0,080	0,030	0,105	0,045	0,130	0,050	0,120	0,035	0,150	0,030	0,190	0,050
52	0,005	+0,010	0,005	+0,020	0	+0,035	0	+0,050	+0,010	+0,075	+0,010	+0,090	+0,015	+0,105	+0,025	+0,115	+0,040	+0,125
Mittel	0,009	0	0,021	0	0,033	0	0,048	0	0,058	0	0,073	0	0,083	0	0,099	0,005	0,119	0,081

stellung 1

bei Flüssigkeitspressungen bis 35 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		25 Atm		29 Atm		35 Atm	
1,690	0,305	1,985	0,460	2,750	1,000	5,015	3,010	11,085	8,915
1,695	0,305	1,975	0,450	2,750	1,000	5,035	3,010	11,105	8,905
1,692	0,305	1,980	0,455	2,750	1,000	5,025	3,010	11,095	8,910

stellung 2

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 35 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		25 Atm		29 Atm		35 Atm	
1,560	0,310	1,840	0,460	2,560	0,980	4,640	2,830	10,260	8,290
1,675	0,350	1,985	0,530	2,840	1,165	5,290	3,395	10,880	8,890
1,645	0,300	1,925	0,445	2,715	1,000	5,135	3,205	11,005	8,990
1,520	0,265	1,765	0,390	2,440	0,850	4,505	2,625	10,270	8,270
1,600	0,306	1,879	0,456	2,639	0,999	4,893	3,014	10,604	8,610

stellung 3

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 35 Atm.
jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		25 Atm		29 Atm		35 Atm	
1,420	0,325	1,675	0,495	2,375	0,990	4,275	2,675	9,615	7,955
1,610	0,420	1,930	0,645	2,885	1,395	5,475	3,825	10,695	9,025
1,445	0,260	1,690	0,430	2,475	0,990	4,985	3,320	10,470	8,810
1,245	0,195	1,470	0,315	2,100	0,750	3,955	2,370	9,350	7,690
1,430	0,300	1,691	0,471	2,459	1,031	4,673	3,048	10,033	8,370

stellung 4

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 35 Atm.
jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		25 Atm		29 Atm		35 Atm	
1,165	0,385	1,380	0,525	2,015	1,015	3,655	2,555	8,355	7,195
1,325	0,425	1,615	0,630	2,560	1,430	5,080	3,885	9,540	8,390
1,080	0,255	1,305	0,400	2,000	0,935	4,415	3,265	9,095	8,005
0,910	0,200	1,115	0,310	1,670	0,720	3,305	2,200	8,050	6,950
1,120	0,316	1,354	0,466	2,061	1,025	4,414	2,976	8,760	7,635

stellung 5

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 35 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		25 Atm		29 Atm		35 Atm	
0,300	0,175	0,370	0,220	0,565	0,405	0,930	0,755	1,765	1,595
0,405	0,220	0,520	0,315	0,850	0,610	1,340	1,130	1,920	1,800
0,250	0,095	0,320	0,145	0,525	0,310	1,080	0,880	1,960	1,810
0,180	0,100	0,235	0,130	0,370	0,220	0,800	0,620	1,750	1,560
0,284	0,148	0,361	0,203	0,578	0,386	1,038	0,844	1,849	1,691

stellung 6

bei Flüssigkeitspressungen bis 35 Atm.
negativ, mit Ausnahme der mit + bezeichneten.

20 Atm		22 Atm		25 Atm		29 Atm		35 Atm	
0	+0,070	0,010	+0,075	0,040	+0,120	0,255	0,065	1,315	1,045
0,075	+0,035	0,095	+0,025	0,195	0,045	0,770	0,495	1,790	1,515
0,180	0,040	0,230	0,075	0,375	0,180	0,890	0,635	2,010	1,605
0,130	+0,035	0,160	+0,010	0,235	0,070	0,450	0,245	1,645	1,365
0,096	+0,025	0,124	+0,009	0,211	0,044	0,591	0,360	1,690	1,383

stellung 7

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 35 Atm.
sind negativ, mit Ausnahme der mit + bezeichneten.

20 Atm		22 Atm		25 Atm		29 Atm		35 Atm	
0,045	0,015	0,050	0	0,085	0,015	0,205	0,065	0,955	0,695
0,330	0,170	0,400	0,230	0,575	0,365	0,970	0,715	1,680	1,440
0,240	0,075	0,285	0,105	0,435	0,205	0,840	0,590	1,735	1,470
+0,045	+0,140	+0,060	+0,165	+0,095	+0,180	+0,010	+0,115	0,775	0,565
0,143	0,030	0,169	0,043	0,250	0,101	0,501	0,314	1,286	1,042

metischen Mittels aus den so erhaltenen Ordinaten mittlere Ordinaten für den Querschnitt gewonnen wurden¹⁾;

b) bei der Pressung von 16 Atm unter 20facher Vergrößerung der gesamten Durchbiegungen durch die - - - - - Linien.

Die Durchsicht der Schaulinien Fig. 3 bis 7, gültig für die Bodenmitte, für die Punkte im Abstände von rd. 75, 150, 225 und 300 mm aus der Mitte (entsprechend den Zusammenstellungen 1 bis 5) lässt Folgendes erkennen:

Bleibende Durchbiegungen stellen sich bereits früh ein: beim Übergang der Pressung von 2 auf 4 Atm ohne Ausnahme in sämtlichen Darstellungen Fig. 3 bis 7²⁾. Sie

¹⁾ Ohne näher auf die Sache einzugehen, wird man meist geneigt sein, den Boden von der Wandstärke s als Umdrehungskörper und seine innere wie äußere Begrenzung als Umdrehungsflächen aufzufassen, deren Erzeugende (Meridianlinie) sich aus dem mittleren Kreisbogen vom Halbmesser R bzw. $R + s$ (Fig. 1), den Krempungskreisbögen vom Halbmesser r bzw. $r + s$ und der geraden Strecke von der Höhe h zusammensetzen. In Wirklichkeit ist diese genaue Form jedoch nicht vorhanden.

Im allgemeinen bilden die innere und die äußere Bodenoberfläche überhaupt keine genauen Umdrehungsflächen. An den Böden, wie sie durchschnittlich verwendet werden, sind vertiefte, flache und erhabene Stellen immer vorhanden, je nach der Sorgfalt bei der Herstellung eine mehr oder minder große Abweichung von der Umdrehungsform aufweisend.

Die tatsächliche Gestalt weicht von der oben besprochenen, in der Regel stillschweigend vorausgesetzten Form meist auch noch insofern ab, als weder der mittlere Teil noch die Krempung nach genauen Kreisbögen vom Halbmesser R bzw. r gewölbt sind. Der Boden A beispielsweise zeigt in seinem mittleren Teil Wölbung nach einer Kurve, welche im Scheitel einen größeren Krümmungshalbmesser besitzt als in Punkten, die erheblich davon abstehen. Eine solche Abweichung muss beispielsweise auch u. a. die Folge haben, dass die Durchbiegungen in der Mitte verhältnismäßig stärker ausfallen, als wenn die Form des ganzen mittleren Teiles einer Kugelfläche entsprechen würde.

Nicht selten findet sich auch die Abweichung, dass zwischen Krempung und Scheitel eine flache, an eine Kegelfläche sich annähernde Begrenzung vorhanden ist. Solche Stellen werden sich unter Einwirkung des inneren Ueberdruckes bedeutend mehr durchbiegen.

Ferner kann der Fall eintreten, dass die Achse des Bodens nicht ausreichend genau mit der Achse des Zylindermantels zusammenfällt, sei es, dass der Scheitel des Bodens außerhalb der Achse des Zylinders liegt, sei es, dass der Boden etwas schief eingienietet ist, oder dass beides stattfindet.

Eine weitere Abweichung von der vorausgesetzten Form ergibt sich durch die Behandlung der Böden beim Einmieten in den Zylinder. Wenn nicht der zylindrische Bodenteil sorgfältig abgedreht und der Zylindermantel sorgfältig ausgebohrt wird, so wird in der Regel der Boden nicht genau in den Mantel passen, und infolgedessen wird je nach der Abweichung eine Verziehung des Bodens schon durch Richten, jedenfalls aber durch das Einmieten hervorgerufen. Dass hierdurch auch Spannungen in dem Boden wachgerufen werden, bedarf keiner Hervorhebung. Kräftiges Verstemmen übt gleichfalls Einfluss.

Diese Verhältnisse sind im Auge zu behalten, wenn die beobachteten Formänderungen des Bodens eine zutreffende Beurteilung erfahren sollen.

Die vorliegenden Böden wie auch die früher untersuchten flachen Böden wurden von Schulz-Knaut, Aktien-Gesellschaft in Essen a. d. Ruhr, geliefert. Ich ergreife die Gelegenheit, diesem Werke für sein Entgegenkommen auch öffentlich Dank zu sagen. Die Böden erscheinen so ausgeführt, wie sie durchschnittlich im Kesselbau Verwendung finden. Ein Abdrehen des zylindrischen Teiles hat nicht stattgefunden.

²⁾ Diese Feststellung verdient namentlich auch insofern Beachtung, als die Pressung von 4 Atm noch bedeutend unterhalb derjenigen liegt, welche im Betrieb gestattet zu werden pflegt. Ein gewölbter Boden wie der vorliegende, für den der Wölbungshalbmesser $R = 1030$ mm und die Wandstärke $s = 9,9$ mm ist, wird aufgrund der Gleichung

$$\pi R^2 p = 2 \pi R s k_z$$

bei Einführung von $k_z = 400$ kg/qcm unbedenklich mit

$$p = 2 k_z \frac{s}{R} = 2 \cdot 400 \frac{9,9}{1030} = 7,7 \text{ Atm}$$

im Betrieb belastet. Aber selbst, wenn man nur 7 Atm Betriebspressung vorsieht, wird bei der Wasserdruckprobe nach den heute gültigen Bestimmungen die Beanspruchung durch $7 + 5 = 12$ Atm zu erfolgen haben. Unter dem Druck von 12 Atm aber beträgt

im Abstand 300 mm
in der Bodenmitte aus der Mitte, also nahe der Krempung

die gesamte Durchbiegung 0,898
» bleibende » 0,075
d. s. 8,4 38,6 pCt
der gesamten Durchbiegung.

Hierdurch findet die Vorschrift in § 11 der Allgemeinen polizeilichen

wachsen bis gegen 14 Atm hin ziemlich gleichmäßig mit den Pressungen, später ausgeprägt rascher als diese; nach Ueber-

Bestimmungen vom 5. Aug. 1890, dahingehend, dass die Kesselwänden bei der Wasserdruckprobe der Probepressung widerstehen müssen, ohne eine bleibende Formänderung zu zeigen, die klarstellende Beleuchtung, dass dies im allgemeinen nur dann verlangt werden kann, wenn der Kessel bereits vorher einer entsprechend hohen Pressung ausgesetzt worden ist

schreitung von 22 Atm steigt der Linienzug stark an. Aehnlich verlaufen die Linien der gesamten Durchbiegungen. Mit unerheblicher Ausnahme kehren sowohl diese Linien als auch diejenigen der bleibenden Durchbiegungen der Abszissenachse ihre erhabene Seite zu. Verfolgt man die Größe der gesamten und der bleibenden Durchbiegungen von der Mitte nach der Krümmung hin, etwa beispielsweise für 8 und 16 Atm, so ergeben sich die folgenden Zahlen (Zusammenstellung 1 bis 5):

Fig. 10

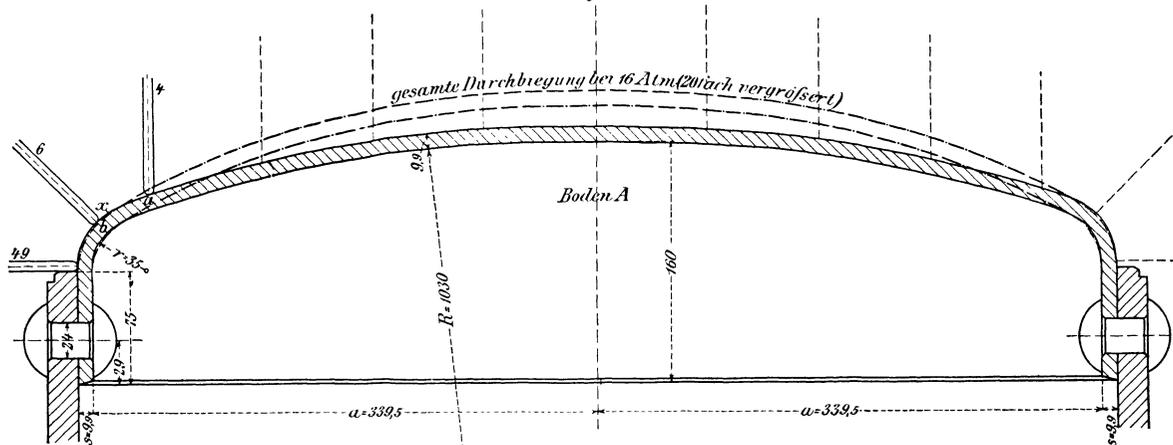
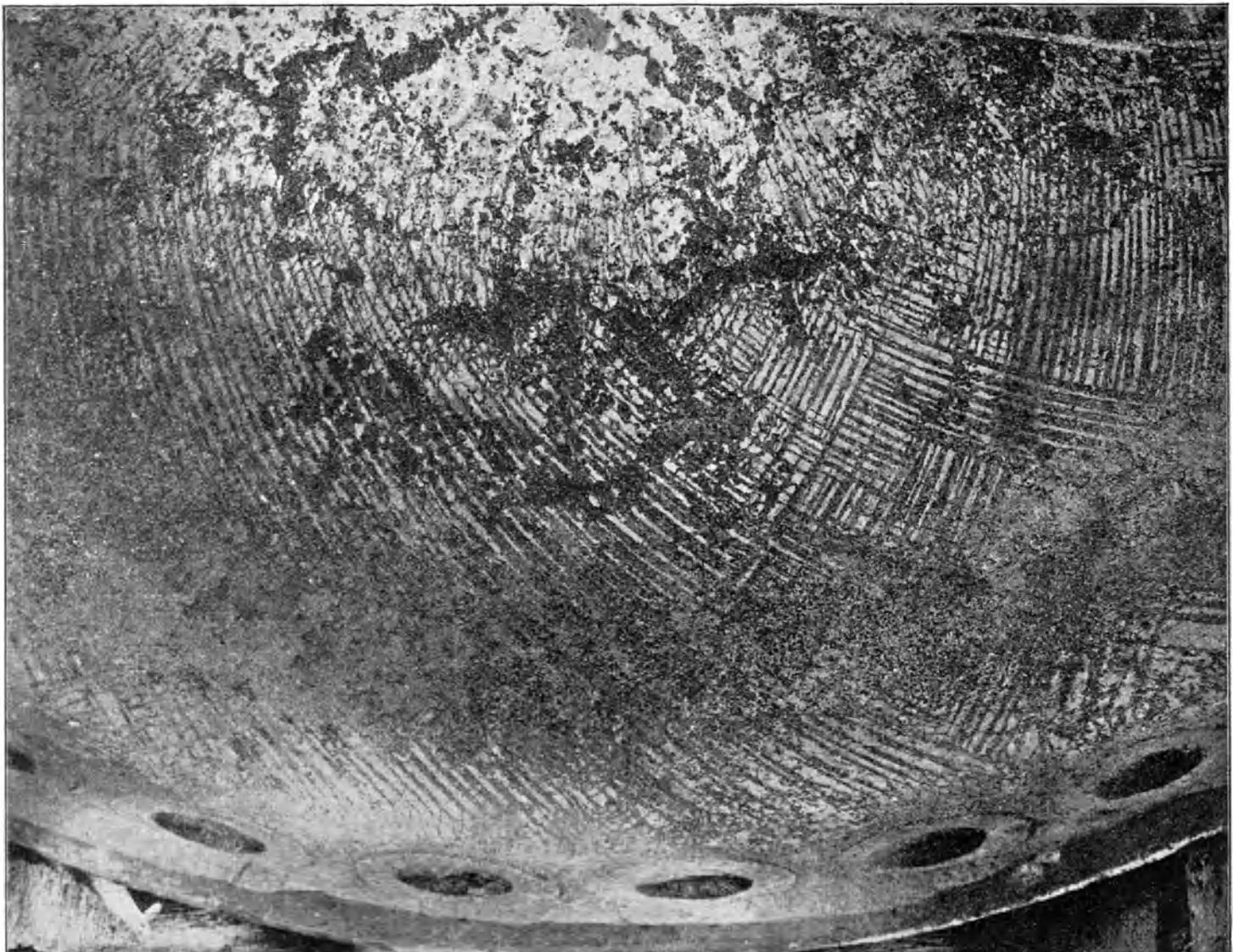


Fig. 11.



im Abstand aus der Mitte mm	0	75	150	225	300
$p = 8 \text{ Atm}$					
gesamte Durchbiegung . mm	0,580	0,546	0,475	0,341	0,078
bleibende » . »	0,040	0,036	0,038	0,040	0,025
bleibende in pCt der gesamten pCt	6,9	6,6	8,0	11,7	32
$p = 16 \text{ Atm}$					
gesamte Durchbiegung . mm	1,250	1,176	1,033	0,771	0,171
bleibende » . »	0,145	0,141	0,136	0,126	0,075
bleibende in pCt der gesamten pCt	11,6	12	13,2	16,3	44

Deutlich zeigen diese Zahlen das ausgeprägte Wachstum des verhältnismäßigen Anteiles der bleibenden Durchbiegung an der gesamten beim Schreiten nach der Kreppe hin, ferner angenäherte Unveränderlichkeit der bleibenden Durchbiegungen über einen großen Teil der Mittelfläche des Bodens.

Die Zusammenstellung 6 enthält die Durchbiegungen des Bodens in der Kreppe, Zusammenstellung 7 diejenige am cylindrischen Umfange des Bodens da, wo dieser aus dem Versuchscylinder heraustritt (vergl. Fig 1 und 10). Das negative Vorzeichen spricht aus, dass es sich hier um Durchbiegungen nach innen, d. h. um Einziehungen handelt, wie Fig. 10 deutlich erkennen lässt. Die zugehörigen Schaulinien sind in Fig. 8 und 9 dargestellt. Von Interesse ist in Fig. 8, dass die

Zusammenstellung 8

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Bodenmitte (Punkt 0) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm. Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm	4 Atm	6 Atm	8 Atm	10 Atm	12 Atm	14 Atm	16 Atm	18 Atm	20 Atm										
0	0,165	0	0,300	0	0,435	0	0,580	0,010	0,740	0,030	0,920	0,060	1,130	0,110	1,350	0,175	1,570	0,255	1,790	0,360
0	0,165	0	0,300	0	0,435	0	0,580	0,010	0,740	0,030	0,920	0,060	1,130	0,110	1,350	0,175	1,570	0,255	1,790	0,360
Mittel	0,165	0	0,300	0	0,435	0	0,580	0,010	0,740	0,030	0,920	0,060	1,130	0,110	1,350	0,175	1,570	0,255	1,790	0,360

Zusammenstellung 9

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 1, 13, 25, 37 (im Abstand von rd. 75 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm	4 Atm	6 Atm	8 Atm	10 Atm	12 Atm	14 Atm	16 Atm	18 Atm	20 Atm										
1	0,125	0,005	0,270	0,005	0,415	0	0,540	0,020	0,700	0,040	0,880	0,080	1,070	0,125	1,260	0,185	1,470	0,270	1,670	0,375
13	0,170	0	0,295	0	0,420	0,010	0,570	0,020	0,755	0,050	0,945	0,085	1,155	0,145	1,400	0,235	1,635	0,335	1,860	0,455
25	0,135	-0,005	0,300	-0,005	0,400	-0,005	0,540	0,005	0,705	0,025	0,885	0,060	1,065	0,100	1,290	0,165	1,505	0,240	1,705	0,345
37	0,115	0	0,250	0	0,365	-0,005	0,490	0	0,635	0,015	0,790	0,040	0,980	0,070	1,150	0,125	1,345	0,185	1,540	0,285
Mittel	0,136	0	0,279	0	0,400	0	0,535	0,011	0,699	0,033	0,875	0,066	1,068	0,110	1,275	0,178	1,489	0,258	1,694	0,365

Zusammenstellung 10

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 2, 14, 26, 38 (im Abstand von rd. 150 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm	4 Atm	6 Atm	8 Atm	10 Atm	12 Atm	14 Atm	16 Atm	18 Atm	20 Atm										
2	0,115	0	0,240	0	0,340	0	0,455	0,005	0,605	0,025	0,790	0,085	0,950	0,135	1,150	0,215	1,355	0,315	1,555	0,420
14	0,145	0	0,265	0	0,395	0,005	0,530	0,015	0,690	0,040	0,880	0,095	1,080	0,170	1,335	0,275	1,585	0,400	1,825	0,535
26	0,130	0	0,240	0	0,335	0	0,455	0,005	0,610	0,025	0,780	0,055	0,945	0,105	1,140	0,175	1,325	0,255	1,535	0,355
38	0,090	0	0,195	0	0,300	-0,005	0,390	-0,005	0,505	-0,005	0,645	0,015	0,765	0,050	0,925	0,100	1,105	0,140	1,250	0,230
Mittel	0,120	0	0,235	0	0,343	0	0,458	0,005	0,602	0,021	0,774	0,063	0,935	0,115	1,138	0,191	1,343	0,278	1,541	0,385

Zusammenstellung 11

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 3, 15, 27, 39 (im Abstand von rd. 225 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm	4 Atm	6 Atm	8 Atm	10 Atm	12 Atm	14 Atm	16 Atm	18 Atm	20 Atm										
3	0,080	0	0,175	0	0,240	0	0,330	0	0,440	0,020	0,560	0,070	0,725	0,130	0,890	0,200	1,055	0,290	1,245	0,400
15	0,105	0	0,185	0	0,285	0	0,385	0	0,515	0,020	0,670	0,080	0,835	0,150	1,065	0,255	1,290	0,385	1,520	0,525
27	0,085	0	0,160	0	0,230	0	0,340	0,010	0,465	0,035	0,600	0,075	0,745	0,130	0,920	0,215	1,095	0,295	1,270	0,410
39	0,060	0	0,140	0	0,205	0	0,275	0	0,375	-0,020	0,430	-0,020	0,555	0,085	0,735	0,125	0,820	0,135	0,950	0,215
Mittel	0,083	0	0,165	0	0,239	0	0,333	0,003	0,449	0,014	0,565	0,051	0,715	0,124	0,903	0,199	1,065	0,276	1,241	0,388

Zusammenstellung 12

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 4, 16, 28, 40 (im Abstand von rd. 300 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm	4 Atm	6 Atm	8 Atm	10 Atm	12 Atm	14 Atm	16 Atm	18 Atm	20 Atm										
4	0,005	0	0,025	0	0,035	0	0,050	-0,005	0,080	-0,010	0,110	0	0,140	0,020	0,165	0,020	0,195	0,055	0,235	0,065
16	0,030	0	0,060	0	0,090	0,005	0,130	0,010	0,180	0,030	0,235	0,075	0,315	0,115	0,400	0,155	0,500	0,215	0,575	0,280
28	0,025	0	0,055	0	0,065	0	0,100	0,005	0,155	0,015	0,200	0,035	0,260	0,055	0,355	0,090	0,415	0,120	0,495	0,170
40	0,015	0	0,035	0	0,050	0	0,085	-0,005	0,110	-0,025	0,130	-0,025	0,165	-0,020	0,205	0	0,220	0,010	0,280	0,040
Mittel	0,019	0	0,044	0	0,060	0,001	0,091	0,001	0,131	0,003	0,169	0,021	0,220	0,043	0,281	0,066	0,333	0,100	0,396	0,139

Zusammen
der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Bodenmitte (Punkt 0) in Millimeter
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
0	0,100	0	0,200	0,010	0,295	0,020	0,400	0,030	0,500	0,030	0,585	0,040	0,690	0,050	0,795	0,060	0,900	0,080	1,025	0,115
0	0,100	0	0,200	0,010	0,295	0,020	0,400	0,030	0,500	0,030	0,590	0,040	0,690	0,055	0,795	0,065	0,900	0,080	1,025	0,115
Mittel	0,100	0	0,200	0,010	0,295	0,020	0,400	0,030	0,500	0,030	0,588	0,040	0,690	0,053	0,795	0,063	0,900	0,080	1,025	0,115

Zusammen
der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 1, 13, 25, 37 (im Abstand von rd. 75 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
1	0,100	0	0,200	0,005	0,295	0,010	0,405	0,020	0,510	0,020	0,610	0,025	0,715	0,035	0,820	0,045	0,930	0,055	1,050	0,090
13	0,110	0	0,210	0	0,305	0	0,415	0,015	0,515	0,010	0,610	0,015	0,715	0,030	0,830	0,045	0,945	0,060	1,070	0,095
25	0,100	0	0,200	0,005	0,295	0,005	0,400	0,025	0,495	0,015	0,595	0,025	0,695	0,035	0,795	0,050	0,905	0,070	1,020	0,100
37	0,100	0	0,200	0,010	0,295	0,015	0,395	0,025	0,490	0,025	0,585	0,025	0,690	0,040	0,795	0,055	0,900	0,070	1,015	0,095
Mittel	0,102	0	0,202	0,005	0,298	0,008	0,404	0,021	0,503	0,018	0,600	0,023	0,704	0,035	0,810	0,049	0,920	0,064	1,039	0,095

Zusammen
der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 2, 14, 26, 38 (im Abstand von rd. 150 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
2	0,100	0	0,210	0,005	0,315	0,005	0,425	0,015	0,535	0,015	0,635	0,025	0,750	0,030	0,850	0,045	0,965	0,055	1,085	0,080
14	0,110	0	0,220	0,010	0,325	0,010	0,445	0,020	0,540	0,030	0,655	0,035	0,760	0,040	0,875	0,055	1,005	0,080	1,140	0,125
26	0,105	0	0,200	0,005	0,315	0,005	0,420	0,020	0,525	0,020	0,615	0,025	0,725	0,035	0,830	0,045	0,940	0,060	1,070	0,095
38	0,110	0,005	0,210	0,010	0,310	0,020	0,420	0,030	0,525	0,030	0,630	0,035	0,735	0,045	0,840	0,055	0,955	0,070	1,080	0,100
Mittel	0,106	0,001	0,210	0,008	0,316	0,010	0,428	0,021	0,531	0,024	0,634	0,030	0,743	0,038	0,849	0,050	0,966	0,066	1,094	0,100

Zusammen
der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 3, 15, 27, 39 (im Abstand von rd. 225 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
3	0,075	0	0,155	0,005	0,235	0,015	0,320	0,020	0,405	0,015	0,485	0,020	0,575	0,030	0,655	0,035	0,735	0,040	0,835	0,065
15	0,085	0	0,170	0,005	0,245	0,015	0,330	0,025	0,415	0,030	0,490	0,035	0,580	0,045	0,670	0,065	0,775	0,090	0,890	0,125
27	0,070	0	0,155	0	0,230	0	0,305	0,005	0,390	0,005	0,455	0,010	0,540	0,020	0,620	0,030	0,710	0,050	0,815	0,080
39	0,085	0,005	0,180	0,010	0,250	0,020	0,345	0,025	0,430	0,025	0,510	0,030	0,595	0,040	0,685	0,055	0,775	0,055	0,875	0,080
Mittel	0,079	0,001	0,165	0,005	0,240	0,012	0,325	0,019	0,410	0,019	0,485	0,024	0,572	0,034	0,658	0,046	0,749	0,059	0,854	0,087

Zusammen
der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 4, 16, 28, 40 (im Abstand von rd. 300 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
4	0,015	0	0,035	0	0,050	0,005	0,070	0,010	0,090	0,010	0,105	0,010	0,120	0,010	0,135	0,015	0,150	0,015	0,180	0,025
16	0,015	0	0,035	0	0,050	0,015	0,075	0,030	0,090	0,030	0,115	0,035	0,135	0,045	0,150	0,045	0,165	0,070	0,200	0,090
28	0,015	0	0,030	0,005	0,030	0	0,045	0,005	0,060	0,005	0,075	0,005	0,095	0,010	0,105	0,010	0,130	0,025	0,150	0,045
40	0,020	0	0,040	0,010	0,065	0,015	0,100	0,020	0,115	0,010	0,130	0,015	0,150	0,025	0,175	0,025	0,195	0,015	0,220	0,025
Mittel	0,016	0	0,035	0,004	0,049	0,009	0,073	0,016	0,089	0,014	0,106	0,016	0,125	0,023	0,141	0,024	0,160	0,031	0,188	0,046

Zusammen
der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 6, 18, 30, 42 (in der Krümmung) in Millimeter
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils
Sämtliche Werte sind negativ, mit Ausnahme

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
6	0,020	0,005	0,040	0,010	0,040	0,015	0,065	0,020	0,065	0,015	0,085	0,020	0,100	0,025	0,110	0,020	0,110	0,020	0,120	0,020
18	0,005	0	0,035	0	0,035	+0,010	0,035	+0,010	0,045	+0,015	0,055	+0,015	0,075	+0,010	0,080	+0,015	0,100	+0,015	0,120	+0,005
30	0,020	0	0,025	0	0,030	+0,010	0,050	+0,015	0,060	+0,020	0,070	+0,020	0,080	+0,020	0,095	+0,015	0,110	+0,010	0,125	+0,010
42	0,005	0	0,020	0	0,035	+0,005	0,020	+0,010	0,030	+0,005	0,045	+0,010	0,060	+0,010	0,060	+0,005	0,070	+0,010	0,080	0,005
Mittel	0,013	0,001	0,030	0,002	0,035	+0,003	0,043	+0,004	0,050	+0,006	0,064	+0,006	0,079	+0,004	0,086	+0,004	0,098	+0,004	0,111	0,002

Zusammen
der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 49, 50, 51, 52 (beim Austritt des Bodens aus dem Versuchscylinder)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils
Sämtliche Werte sind negativ, mit Ausnahme

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
49	0,010	0	0,025	0,005	0,055	0,025	0,075	0,030	0,095	0,030	0,110	0,035	0,125	0,040	0,140	0,035	0,155	0,040	0,175	0,045
50	0,005	0	0,020	0	0,035	0	0,040	+0,005	0,045	0	0,055	0,005	0,070	0	0,080	+0,005	0,090	0	0,095	0,005
51	0,010	0	0,020	0	0,020	+0,010	0,015	+0,010	0,020	+0,015	0,015	+0,015	0,025	+0,010	0,025	0	0,030	+0,010	0,035	+0,010
52	0,005	0	0,020	0	0,020	0	0,030	0	0,035	0	0,045	0	0,055	0	0,060	0	0,065	0	0,070	0
Mittel	0,008	0	0,021	0,001	0,032	0,004	0,040	0,004	0,049	0,004	0,056	0,006	0,069	0,007	0,076	0,008	0,085	0,008	0,094	0,010

stellung 13

bei Flüssigkeitspressungen bis 30 Atm.
jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm		30 Atm	
1,160	0,160	1,305	0,215	1,470	0,285	1,680	0,410	2,030	0,665
1,160	0,160	1,300	0,215	1,470	0,285	1,680	0,410	2,030	0,660
1,160	0,160	1,303	0,215	1,470	0,285	1,680	0,410	2,030	0,662

stellung 14

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 30 Atm.
jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm		30 Atm	
1,190	0,130	1,330	0,185	1,500	0,260	1,725	0,385	2,050	0,610
1,215	0,145	1,365	0,210	1,550	0,290	1,765	0,425	2,125	0,685
1,165	0,140	1,310	0,205	1,475	0,275	1,710	0,415	2,065	0,675
1,155	0,140	1,300	0,190	1,455	0,255	1,675	0,390	2,030	0,645
1,181	0,139	1,326	0,198	1,495	0,270	1,719	0,404	2,068	0,654

stellung 15

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 30 Atm.
zweiten Spalte enthalten.

22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm		30 Atm	
1,225	0,120	1,370	0,175	1,550	0,245	1,760	0,360	2,060	0,565
1,300	0,180	1,455	0,250	1,650	0,335	1,895	0,490	2,280	0,785
1,220	0,140	1,370	0,205	1,545	0,280	1,790	0,435	2,185	0,730
1,215	0,140	1,365	0,205	1,535	0,280	1,765	0,410	2,120	0,685
1,240	0,145	1,390	0,209	1,570	0,285	1,803	0,424	2,161	0,691

stellung 16

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 30 Atm.
zweiten Spalte enthalten.

22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm		30 Atm	
0,945	0,095	1,060	0,135	1,185	0,190	1,355	0,290	1,605	0,445
1,020	0,180	1,155	0,235	1,320	0,320	1,520	0,455	1,930	0,790
0,935	0,125	1,065	0,165	1,205	0,225	1,420	0,375	1,810	0,700
0,995	0,125	1,125	0,175	1,265	0,235	1,460	0,355	1,815	0,640
0,974	0,131	1,101	0,178	1,244	0,243	1,439	0,369	1,790	0,644

stellung 17

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 30 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.

22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm		30 Atm	
0,205	0,040	0,250	0,065	0,280	0,085	0,325	0,115	0,405	0,165
0,235	0,105	0,285	0,145	0,340	0,160	0,375	0,210	0,460	0,265
0,180	0,050	0,205	0,070	0,245	0,090	0,295	0,135	0,385	0,205
0,250	0,035	0,285	0,065	0,315	0,090	0,395	0,120	0,490	0,195
0,218	0,058	0,256	0,086	0,295	0,106	0,348	0,145	0,435	0,208

stellung 18

bei Flüssigkeitspressungen bis 30 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.
der mit + bezeichneten.

22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm		30 Atm	
0,140	0,030	0,150	0,025	0,175	0,040	0,185	0,045	0,225	0,060
0,145	+0,010	0,155	0,005	0,170	0,015	0,210	0,035	0,275	0,080
0,145	+0,005	0,165	0,005	0,180	0,015	0,225	0,035	0,300	0,095
0,090	0,015	0,115	0,025	0,145	0,040	0,170	0,055	0,220	0,090
0,130	0,008	0,146	0,015	0,168	0,028	0,198	0,043	0,255	0,086

stellung 19

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 30 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.
der mit + bezeichneten.

22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm		30 Atm	
0,200	0,055	0,225	0,065	0,260	0,075	0,290	0,105	0,340	0,135
0,105	0,010	0,115	0,010	0,125	0,010	0,145	0,015	0,170	0,035
0,040	+0,010	0,040	+0,005	0,035	0,005	0,055	0,005	0,070	0,010
0,080	0,005	0,095	0,010	0,115	0,015	0,130	0,020	0,160	0,040
0,106	0,015	0,119	0,020	0,134	0,026	0,155	0,036	0,185	0,055

bleibenden Durchbiegungen, welche bis 4 Atm Pressung die Gröfse Null besitzen, von 6 Atm Pressung an positiv werden und erst nach Ueberschreiten von 22 Atm wieder in das Gebiet des Negativen übergehen. In Fig. 9 zeigen sich bleibende Durchbiegungen erst nach Ueberschreitung von 14 Atm¹⁾.

Ganz wie bei den Untersuchungen der flachen Böden, war auch hier nach Ueberschreiten einer gewissen Pressung der Einfluss der Zeit auf die Gröfse der Formänderung bemerkbar und nötigte zu längerem Warten, bevor die Messungen ausgeführt werden konnten (vergl. hierüber Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1897 S. 1162 oder auch dieselbe Zeitschrift 1893 S. 497). Bei 14 Atm wurde dieser Einfluss noch nicht festgestellt, dagegen zeigte er sich bereits bei 16 Atm in dem Maße, dass Messungen der Bodenmitte sich erst nach 20 Minuten gleich blieben; bei 18 Atm stieg dieser Zeitraum auf 50 Minuten usw.

Bei dem erstmaligen Erreichen der Pressung von 14 Atm wurde ein schwaches Knistern gehört und an der Stelle α , Fig. 10, in dem Kreisviertel zwischen den Stiften 6 und 42 auf eine kurze Strecke Abspringen von Zunder — jedoch nur in sehr geringem Betrage — beobachtet. Bis 22 Atm beschränkte sich das Zunderabspringen auf die bezeichnete Stelle; erst nach Ueberschreitung dieser Pressung verbreiterte sich der Streifen des Zunderabspringens nach b , Fig. 10, hin und dehnt sich mit Unterbrechung an einer Stelle auf ungefähr ein Drittel des Umfanges aus. Mit Steigern der Pressung auf 26 Atm verbreiterte sich die Zone des Zunderabspringens auch nach der Bodenmitte zu und rückt bis auf etwa 10 mm an α , Fig. 10, heran. Unter dem Druck von 36 Atm zeigt sich Zunderabspringen auch auf einem Streifen ungefähr in der Mitte zwischen Stift 49 und 6, Fig. 10. Bereits vorher beim Uebergang von 29 auf 35 Atm traten aufsen die Streckfiguren, bestehend aus sich kreuzenden Bogenlinien, auf, und zwar oben da beginnend, wo der mittlere nach R gewölbte Bodenteil an die Krepung anschliesst, und sich nach der Bodenmitte etwa bis zum Kreis des Stiftes 13 erstreckend. Diese Streckfiguren waren bei den flachen Böden deutlich nur unten zu beobachten gewesen und hatten hier die Form, welche das photographische Bild Fig. 11 zeigt.

Nach Maßgabe des Vorstehenden ist die Flüssigkeitspressung von 14 Atm durch gewisse Erscheinungen ausgezeichnet: nach Ueberschreitung von 14 Atm wachsen die bleibenden Durchbiegungen ausgeprägt rascher als die Pressungen, beginnen bleibende Zusammenziehungen des Bodens sich da einzustellen, wo er aus dem Versuchscylinder austritt, macht der Einfluss der Zeit auf die Gröfse der Durchbiegung sich bemerklich und sind Spuren von Zunderabringen zu beobachten.

Die gröfste Beanspruchung (Zug und Biegung) tritt — ganz wie bei den flachen, gekrempen Böden — in der Kreppe, nahe bei α , Fig. 10, auf, und ist bei den für den Betrieb als zulässig erachteten Flüssigkeitspressungen weit bedeutender, als angenommen zu werden pflegt.

Boden B, Fig. 12 und 13.

Wie ersichtlich, unterscheidet sich dieser Boden vom Boden A dadurch, dass der Wölbungshalbmesser $R = 950$ mm gegenüber 1030 mm und die Wandstärke 10 mm gegenüber 9,9 mm beträgt. Der Kesselschmied hatte den Boden etwas tief eingienietet, wie ein Vergleich der Fig. 1 und 12 erkennen lässt. Abgesehen von anderem wurde hierdurch die Messung der Durchbiegung an den Randstellen zu einer unsicheren gemacht, weshalb von ihrer Aufnahme in die Zusammenstellung abzusehen war.

Die gesamteten und die bleibenden Durchbiegungen sind in den Zusammenstellungen 8, 9, 10, 11 und 12 für Pressungen bis 20 Atm niedergelegt. Wegen des Umstandes, dass der Boden sehr tiefsitzend eingienietet worden war, traten schon früh Undichtheiten auf, infolgedessen das Verstemmen und schliesslich bei Steigerung des Druckes auf 22 Atm auch die Abnahme des Messtisches nötig wurde, sodass die beobachteten Durchbiegungen nur bis 20 Atm als genau angesehen werden können. Ueber 31,5 Atm hinaus konnte die Pressung der Undichtheiten wegen überhaupt nicht gesteigert werden.

¹⁾ Bei Beurteilung des Genauigkeitsgrades, mit dem die Durchbiegungen festgestellt worden sind, sowie etwaiger kleiner Unregelmäßigkeiten im Verlaufe der Schaulinien ist das bei früheren Veröffentlichungen Bemerkte zu beachten (vergl. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1893 S. 492 und 1897 S. 1157).

In Fig 14 bis 18, Tafel XXIV, sind die Durchbiegungen aufgrund der in den Zusammenstellungen 8 bis 12 fett gedruckten Mittelwerte zeichnerisch dargestellt.

Fig. 19 giebt den Boden B im ursprünglichen Zustande und bei der Pressung von 16 Atm wieder, ganz wie dies bei dem Boden A des Näheren bezeichnet worden ist. Maßstab 1 : 5.

Die Durchsicht der Schaulinien Fig. 14 bis 18 lässt Folgendes erkennen:

Bleibende Durchbiegungen beginnen in sämtlichen Darstellungen aufzutreten nach Ueberschreitung von 6 Atm. Der Eintritt ihres ausgeprägten Wachstums zeigt sich jedoch

Fig. 12.

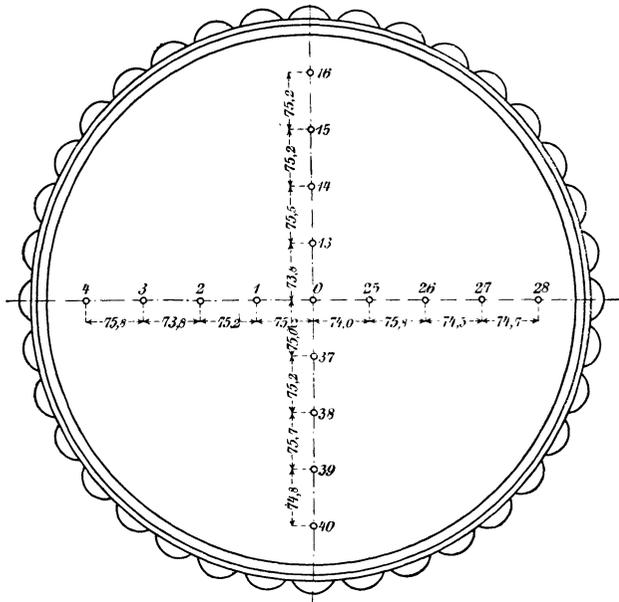
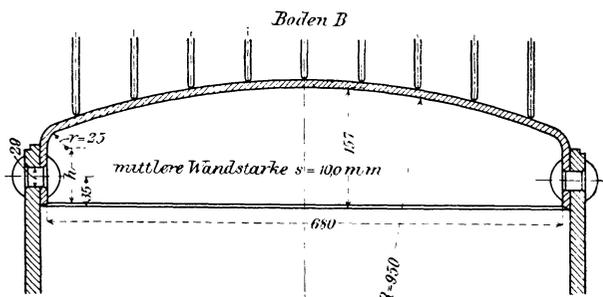


Fig. 13.

nicht bei denselben Pressungen. Die Linienzüge der gesamten Durchbiegungen kehren — abweichend von den Linien des Bodens A, vergl. Fig. 3 u. f. — zu Anfang der Abszissenachse ihre hohle Seite zu. Diese sowie andere Abweichungen dürften wohl zu einem Teil von der tiefen Einnietung des Bodens und dem Umstande abhängen, dass die Einwirkung des Verstemmens eben infolgedessen eine andere ist.

Der Beginn des Zunderabspringens (aufsen) war nicht ausreichend genau beobachtet worden. Als nach Steigerung des Druckes auf 24 Atm zum Zwecke des Verstemmens im Innern der Apparat aus einander genommen wurde, zeigte sich, dass die bei dem Boden A erwähnten Streckfiguren im Innern sich bereits gebildet hatten. Bei 28 Atm Pressung beginnen solche Figuren (sich kreuzende Linien, vergl. Fig. 11) auch aufsen aufzutreten.

Boden C, Fig. 20 und 21.

Für den Boden C wurde der Wölbungshalbmesser R zu 910 mm, der Halbmesser r der Krepung zu 39 und die mittlere Wandstärke zu 11,2 mm ermittelt.

Die Werte der gesamten und der bleibenden Durchbiegungen finden sich in den Zusammenstellungen 13 bis 19 für die Pressungen bis 30 Atm. Die Figuren 22 bis 28, Tafel XXIV, geben die Linienzüge der gesamten und der bleibenden Durchbiegungen wieder, wie sie aufgrund der in den Zusammenstellungen fettgedruckten Mittelwerte erhalten werden. In Fig. 22 ist überdies der Wert für 36 Atm eingetragen, bei welcher Pressung nur noch die Durchbiegung in der Bodenmitte bestimmt wurde.

Die Figuren 29 und 30 stellen den Boden im Maßstab 1 : 5 dar:

a) im ursprünglichen Zustande, derart ermittelt, dass für zwei senkrecht zu einander stehende Achsialebenen 49, 0, 51 und 50, 0, 52, Fig. 21, durch Herstellung von zwei Blechlehren die Form der Oberfläche des Bodens genau bestimmt wurde (Fig. 29 entspricht dem Schnitt nach 49, 0, 51 und Fig. 30 dem Schnitt nach 50, 0, 52);

b) bei der Pressung von 20 Atm unter 20facher Vergrößerung der gesamten Durchbiegungen durch die — Linie.

Die Durchsicht der Schaulinien Fig. 22 bis 28 lässt Nachstehendes erkennen:

Bleibende Durchbiegungen stellen sich hier — ganz wie beim Boden A — schon sehr früh ein: beim Uebergang der Pressung von 2 auf 4 Atm¹⁾. Sie wachsen in den

¹⁾ Nach Maßgabe der in der Fußbemerkung 2 S. 5 angestellten Berechnung würde für den Boden C eine Betriebspressung von

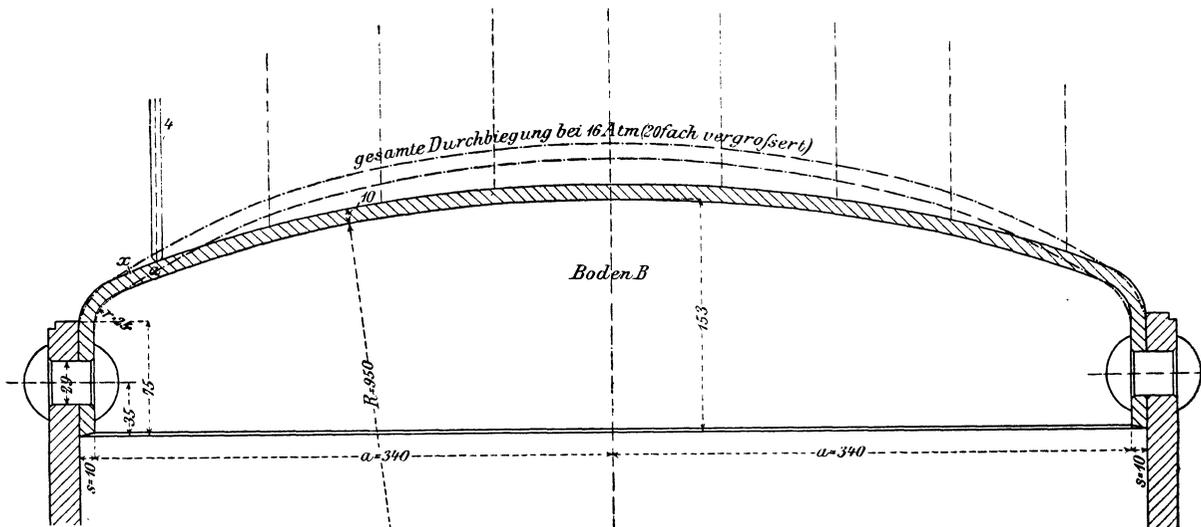
$$p = 2 \cdot 400 \frac{1,12}{91} = 9,9 \text{ Atm,}$$

entsprechend einem Probedruck von

$$9,9 + 5 = 14,9 \text{ Atm,}$$

zulässig sein.

Fig. 19.



Figuren 22 bis 26 hier (gültig für die Bodenmitte und für die um 75, 150, 225 und 300 mm aus der Mitte abstehenden Punkte) bis 18 Atm ziemlich gleichmäÙig mit den Pressungen, später ausgeprägt rascher als diese. Von 28 Atm an steigt der Linienzug stark an. Aehnlichen Verlauf zeigen die Linien der gesamten Durchbiegungen.

Verfolgt man die GröÙe der gesamten und der bleibenden Durchbiegungen von der Mitte nach der Krepung hin, etwa beispielsweise für 10 und 20 Atm, so finden sich folgende Zahlen (Zusammenstellung 13 bis 17):

im Abstand aus der Mitte mm	0	75	150	225	300
$p = 10 \text{ Atm}$					
gesamte Durchbiegung . mm	0,500	0,503	0,531	0,410	0,089
bleibende » . »	0,030	0,018	0,024	0,019	0,014
bleibende in pCt der gesamten pCt	6	3,6	4,5	4,6	16
$p = 20 \text{ Atm}$					
gesamte Durchbiegung . mm	1,025	1,039	1,094	0,854	0,188
bleibende » . »	0,115	0,095	0,100	0,087	0,046
bleibende in pCt der gesamten pCt	11,2	9,1	9,1	10,2	24,5

Hiernach zeigt sich die Eigentümlichkeit, dass nicht in der Mitte die gröÙte gesamte Durchbiegung stattfindet, sondern in Punkten, welche ungefähr um 150 mm von derselben abstehen; allerdings ist das Mehr nicht sehr bedeutend. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung dadurch, dass der Boden zwischen der Mitte und der Krepung einen flachen Teil enthält, wie eine scharfe Betrachtung der Figuren 29 und 30 sofort erkennen lässt.

Bei 19,5 Atm machte sich ein leises Knistern bemerkbar, entsprechend dem Beginn des Zunderabspringens, doch war dieses so unbedeutend, dass die Stelle, wo es stattfand, nicht ermittelt werden konnte. Bei 22 Atm zeigt sich das Zunderabspringen ungefähr in der Mitte zwischen a und b ,

Fig. 20.

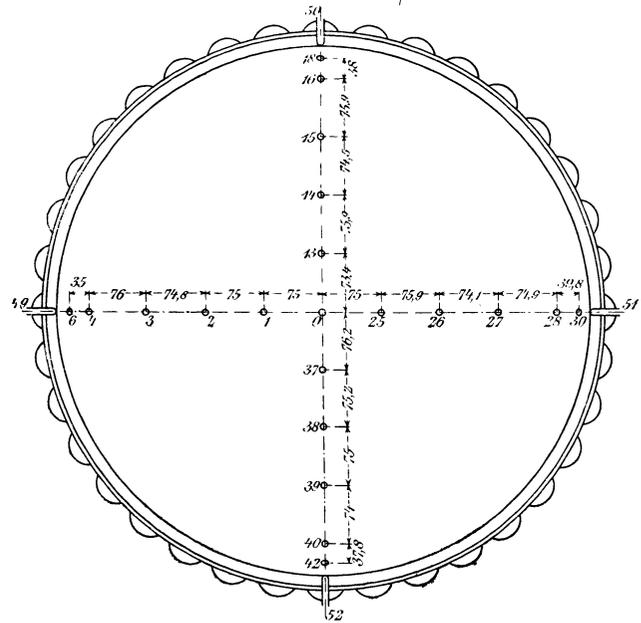
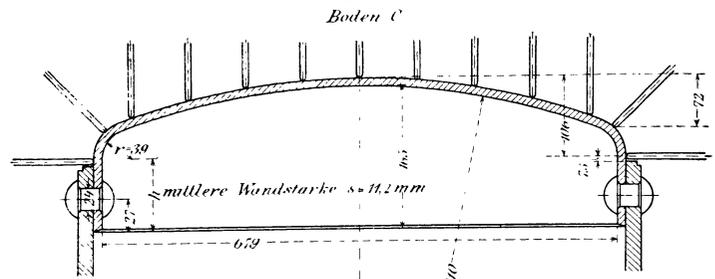


Fig. 21.

Fig. 29.

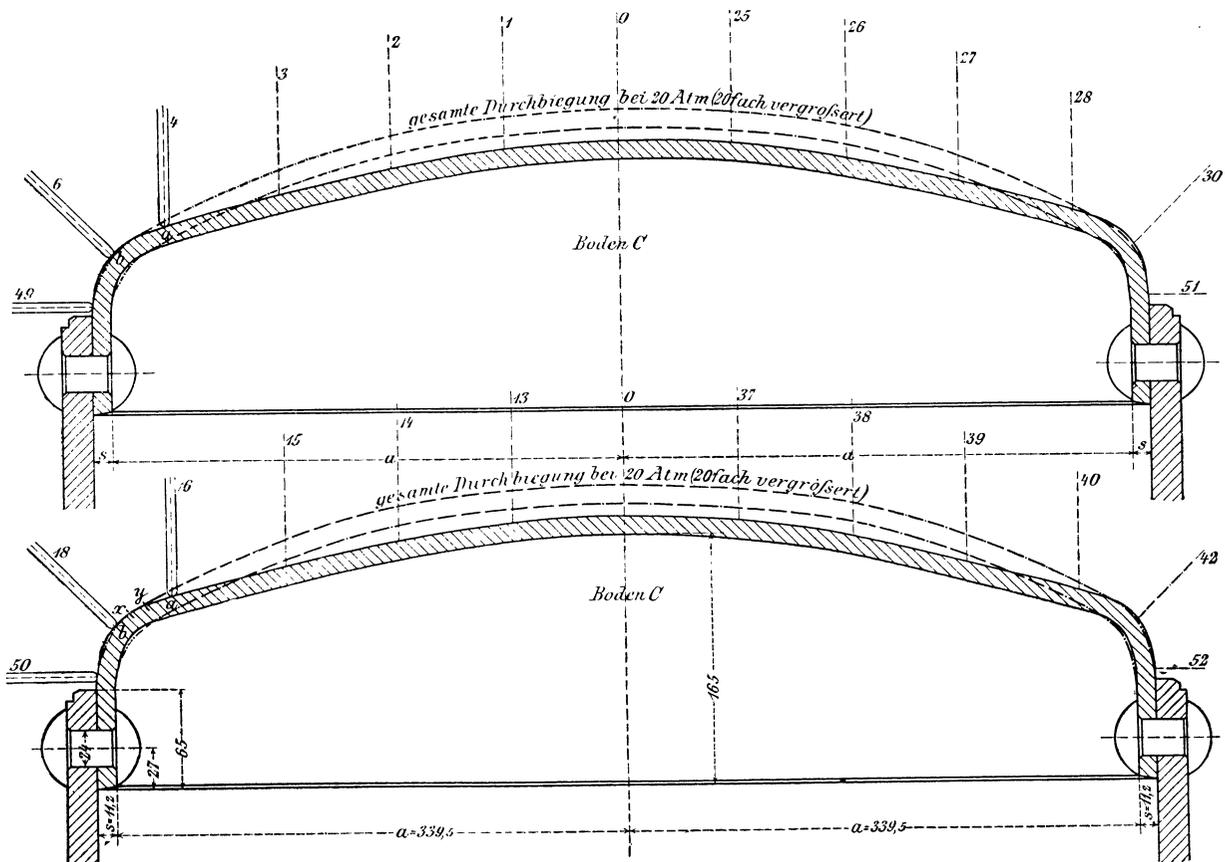


Fig. 30.

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Bodenmitte (Punkt 0) in Millimeter
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		16 Atm		20 Atm		24 Atm		28 Atm	
0	0,130	0,015	0,195	0,025	0,265	0,035	0,330	0,045	0,395	0,050	0,530	0,065	0,670	0,080	0,815	0,110	0,980	0,145
0	0,130	0,015	0,195	0,025	0,265	0,035	0,330	0,045	0,395	0,050	0,530	0,065	0,670	0,080	0,815	0,105	0,975	0,145
Mittel	0,130	0,015	0,195	0,025	0,265	0,035	0,330	0,045	0,395	0,050	0,530	0,065	0,670	0,080	0,815	0,108	0,978	0,145

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 1, 13, 25, 37 (im Abstand von rund 75 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		16 Atm		20 Atm		24 Atm		28 Atm	
1	0,130	0,010	0,195	0,040	0,275	0,035	0,340	0,040	0,405	0,050	0,555	0,060	0,685	0,070	0,825	0,095	0,975	0,140
13	0,130	0,010	0,195	0,010	0,265	0,025	0,330	0,030	0,400	0,040	0,525	0,050	0,665	0,065	0,815	0,095	0,995	0,135
25	0,130	0,020	0,195	0,025	0,255	0,035	0,335	0,050	0,395	0,060	0,525	0,065	0,655	0,085	0,805	0,110	0,965	0,160
37	0,120	0	0,190	0,015	0,255	0,025	0,315	0,035	0,385	0,035	0,500	0,045	0,635	0,065	0,790	0,090	0,970	0,130
Mittel	0,127	0,010	0,194	0,022	0,262	0,030	0,330	0,039	0,396	0,046	0,526	0,055	0,660	0,071	0,809	0,908	0,976	0,141

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 2, 14, 26, 38 (im Abstand von rund 150 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		16 Atm		20 Atm		24 Atm		28 Atm	
2	0,115	0,005	0,170	0,005	0,225	0,005	0,290	0,015	0,345	0,015	0,470	0,025	0,600	0,040	0,735	0,060	0,890	0,100
14	0,130	0,010	0,200	0,015	0,260	0,030	0,335	0,040	0,405	0,045	0,540	0,060	0,680	0,080	0,820	0,110	0,995	0,150
26	0,120	0,020	0,180	0,030	0,245	0,045	0,320	0,050	0,375	0,060	0,510	0,075	0,630	0,090	0,780	0,125	0,940	0,165
38	0,110	0	0,175	0,005	0,230	0,015	0,295	0,040	0,365	0,035	0,485	0,045	0,605	0,055	0,750	0,085	0,920	0,125
Mittel	0,119	0,009	0,181	0,014	0,240	0,024	0,310	0,036	0,373	0,039	0,501	0,051	0,629	0,066	0,771	0,095	0,936	0,135

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 3, 15, 27, 39 (im Abstand von rund 225 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der

Punkt	4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		16 Atm		20 Atm		24 Atm		28 Atm	
3	0,080	0,005	0,125	0,010	0,165	0,015	0,205	0,020	0,245	0,020	0,325	0,030	0,420	0,045	0,515	0,075	0,635	0,105
15	0,090	0,010	0,140	0,020	0,185	0,025	0,230	0,035	0,275	0,040	0,370	0,055	0,460	0,070	0,575	0,095	0,700	0,140
27	0,095	0,025	0,140	0,035	0,195	0,045	0,245	0,060	0,295	0,070	0,390	0,085	0,495	0,105	0,615	0,135	0,760	0,180
39	0,090	0,010	0,135	0,020	0,180	0,030	0,225	0,040	0,275	0,050	0,365	0,060	0,465	0,065	0,575	0,090	0,715	0,120
Mittel	0,089	0,013	0,135	0,021	0,181	0,029	0,226	0,039	0,273	0,045	0,363	0,058	0,460	0,071	0,570	0,099	0,703	0,136

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 4, 16, 28, 40 (im Abstand von rund 300 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der

Punkt	4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		16 Atm		20 Atm		24 Atm		28 Atm	
4	0,015	0	0,020	0	0,025	0,005	0,035	0,005	0,040	0,005	0,045	0,005	0,075	0,010	0,090	0,020	0,120	0,035
16	0,025	0,010	0,040	0,020	0,055	0,030	0,070	0,040	0,085	0,050	0,110	0,060	0,150	0,075	0,185	0,100	0,235	0,125
28	0,035	0,025	0,065	0,035	0,085	0,045	0,120	0,065	0,135	0,080	0,175	0,100	0,220	0,115	0,285	0,135	0,345	0,170
40	0,025	0,005	0,035	0,020	0,050	0,020	0,080	0,030	0,090	0,040	0,110	0,045	0,145	0,045	0,185	0,055	0,225	0,065
Mittel	0,025	0,010	0,040	0,019	0,054	0,025	0,076	0,035	0,088	0,044	0,110	0,053	0,148	0,061	0,186	0,077	0,231	0,099

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 6, 18, 30, 42 (in der Krempung) in Millimeter
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils
Sämtliche Werte sind negativ, mit Ausnahme

Punkt	4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		16 Atm		20 Atm		24 Atm		28 Atm	
6	0,005	+0,005	0,010	+0,010	0,015	+0,010	0,015	+0,015	0,015	+0,015	0,020	+0,015	0,030	+0,015	0,040	+0,020	0,045	+0,010
18	0,005	+0,005	0,010	+0,015	0,010	+0,025	0	+0,040	0	+0,040	0	+0,055	+0,005	+0,070	+0,010	+0,080	+0,010	+0,080
30	0	+0,005	0	+0,015	0	+0,025	+0,005	+0,035	+0,015	+0,045	+0,020	+0,055	+0,030	+0,070	+0,030	+0,075	+0,040	+0,080
42	+0,005	+0,005	0,005	+0,005	0	+0,015	0,010	+0,020	0,015	+0,025	0,015	+0,030	0,020	+0,020	0,020	+0,030	0,030	+0,025
Mittel	0,001	+0,005	0,006	+0,011	0,006	+0,019	0,005	+0,028	0,004	+0,031	0,004	+0,039	0,004	+0,044	0,005	+0,051	0,006	+0,049

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 49, 50, 51, 52 (beim Austritt des Bodens aus dem Versuchscylinder)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils
Sämtliche Werte sind negativ, mit Ausnahme

Punkt	4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		16 Atm		20 Atm		24 Atm		28 Atm	
49	0,005	0	0,010	0	0,010	0	0,010	0	0,015	0	0,025	0	0,025	+0,005	0,030	+0,015	0,035	+0,010
50	0	+0,005	0,005	+0,010	0,010	+0,010	0,020	+0,015	0,020	+0,020	0,020	+0,030	0,035	+0,035	0,040	+0,035	0,040	+0,045
51	0,030	0,010	0,040	0,010	0,050	0,015	0,070	0,025	0,080	0,030	0,095	0,035	0,125	0,040	0,150	0,050	0,175	0,055
52	0,020	+0,005	0,040	0,010	0,040	0,010	0,055	0,010	0,065	0,010	0,090	0,015	0,105	0,020	0,125	0,020	0,155	0,025
Mittel	0,014	0	0,024	0,002	0,028	0,004	0,039	0,005	0,045	0,005	0,057	0,005	0,073	0,005	0,086	0,005	0,101	0,006

und die beiden folgenden Böden *F* und *G* derart eingenetet, dass ihre Wölbung nach innen gerichtet ist, wie Fig. 41 deutlich erkennen lässt.

Die Durchbiegungen wurden ermittelt zunächst in den Punkten

10	9	8	7	0	31	32	33	34
22	21	20	19	0	43	44	45	46

nur bis 20 Atm, da bei der nächsten Belastung von 22 Atm so große Undichtheiten eintraten, dass zum Zwecke des Verstemmens der Messtisch abgenommen werden musste. Die Ergebnisse dieser Messungen bis 20 Atm Druck sind in den Zusammenstellungen 27 bis 31 niedergelegt.

Die Ermittlung der Durchbiegungen ist hier insofern mit größeren Unsicherheiten behaftet, als die Messstifte im Vergleich zu ihrer Führung sehr lang sind: eine Folge davon,

Zusammenstellung 27

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Bodenmitte (Punkt 0) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
0	0,135	0	0,275	0	0,420	0	0,575	0	0,735	0,005	0,885	0,010	1,070	0,045	1,280	0,105	1,565	0,220	1,915	0,400
0	0,135	0	0,275	0	0,420	0	0,575	0	0,735	0,005	0,885	0,010	1,070	0,045	1,280	0,105	1,565	0,220	1,925	0,400
Mittel	0,135	0	0,275	0	0,420	0	0,575	0	0,735	0,005	0,885	0,010	1,070	0,045	1,280	0,105	1,565	0,220	1,920	0,400

Zusammenstellung 28

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 7, 19, 31, 43 (im Abstand von rd. 75 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
7	0,110	-0,015	0,240	-0,015	0,370	-0,015	0,510	-0,005	0,650	0,005	0,780	0,015	0,955	0,050	1,130	0,100	1,380	0,205	1,660	0,355
19	0,135	-0,010	0,275	-0,015	0,445	-0,005	0,610	0,005	0,780	0,015	0,925	0,025	1,130	0,070	1,355	0,140	1,670	0,270	2,045	0,490
31	0,130	-0,015	0,270	-0,015	0,430	-0,015	0,590	-0,010	0,765	0,005	0,930	0,015	1,130	0,055	1,370	0,140	1,700	0,280	2,115	0,505
43	0,110	-0,015	0,235	-0,025	0,365	-0,015	0,505	-0,010	0,645	-0,005	0,785	0,005	0,950	0,040	1,145	0,100	1,395	0,205	1,705	0,370
Mittel	0,121	-0,014	0,255	-0,018	0,403	-0,012	0,554	-0,005	0,710	0,005	0,855	0,015	1,041	0,054	1,250	0,120	1,536	0,240	1,881	0,430

Zusammenstellung 29

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 8, 20, 32, 44 (im Abstand von rd. 150 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
8	0,015	-0,010	0,205	-0,015	0,310	-0,015	0,430	-0,010	0,550	-0,005	0,670	0,005	0,805	0,030	0,980	0,070	1,175	0,140	1,410	0,250
20	0,110	-0,025	0,240	-0,030	0,370	-0,025	0,525	-0,015	0,680	-0,005	0,820	0,010	0,995	0,055	1,210	0,125	1,505	0,245	1,835	0,445
32	0,135	0	0,260	-0,010	0,400	-0,005	0,560	0	0,715	0,005	0,855									
44	0,105	0	0,220	-0,005	0,330	0	0,455	0,005	0,590	0,010	0,705	0,020	0,900	0,045	1,035	0,095	1,240	0,180	1,485	0,290
Mittel	0,114	-0,009	0,231	-0,015	0,353	-0,011	0,493	-0,005	0,634	0,001	0,763	0,012	0,930	0,043	1,075	0,097	1,307	0,188	1,577	0,328

Zusammenstellung 30

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 9, 21, 33, 45 (im Abstand von rd. 225 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
9	0,080	0,005	0,155	0	0,250	0,005	0,340	0,010	0,430	0,015	0,510	0,025	0,610	0,045	0,730	0,080	0,875	0,150	1,050	0,250
21	0,080	-0,010	0,160	-0,020	0,250	-0,010	0,340	-0,010	0,440	0	0,540	0,010	0,650	0,050	0,795	0,105	1,005	0,200	1,230	0,335
33	0,090	-0,015	0,180	-0,010	0,290	-0,010	0,395	0	0,505	0,010	0,545	-0,050	0,680	-0,010	0,860	0,070	1,115	0,205	1,405	0,370
45	0,070	-0,010	0,140	-0,010	0,225	-0,015	0,300	-0,010	0,380	-0,010	0,465	-0,015	0,560	-0,005	0,670	0,025	0,805	0,070	0,960	0,135
Mittel	0,080	-0,008	0,159	-0,010	0,254	-0,008	0,344	-0,003	0,439	0,004	0,515	-0,007	0,625	0,020	0,764	0,070	0,950	0,156	1,161	0,273

Zusammenstellung 31

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 10, 22, 34, 46 (im Abstand von rd. 300 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 20 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm		20 Atm	
10	0,025	0,010	-0,010	-0,025	0,020	-0,025	0,045	-0,025	0,065	-0,030	0,085	-0,030	0,110	-0,025	0,135	-0,015	0,170	0,005	0,225	0,030
22	0,005	-0,015	0,010	-0,025	0,030	-0,015	0,035	-0,015	0,050	-0,005										
34	0,020	-0,005	0,015	-0,035	0,020	-0,035	0,010	-0,035	0,025	-0,065	0,040	-0,050	0,060	-0,040	0,100	-0,015	0,150	0,010	0,250	0,085
46	0,005	-0,005	0,010	-0,015	0,030	-0,020	0,040	-0,015	0,065	-0,010	0,080	-0,010	0,100	-0,015	0,115	-0,010	0,145	0	0,175	0,010
Mittel	0,014	-0,004	0,009	-0,025	0,025	-0,024	0,033	-0,023	0,051	-0,028	0,068	-0,030	0,090	-0,027	0,117	-0,013	0,155	0,005	0,217	0,042

dass derselbe Messtisch verwendet wurde. Dieser Umstand im Zusammenhange damit, dass die Stifte an allen Stellen, mit alleiniger Ausnahme der Bodenmitte, auf geneigten Flächenelementen aufruhn, also das Bestreben zu seitlichem Abdrängen erhalten, kann bei der natürlichen Rauigkeit der Bodenoberfläche leicht zu Abweichungen und Unregelmäßigkeiten von mehreren hundertstel Millimetern führen. Solche stellten sich in der That ein. In den Zusammenstellungen sind deshalb diejenigen Zahlen, welche offenbar mit solchen Unregelmäßigkeiten behaftet waren, weggelassen, ebenso in den zugehörigen zeichnerischen Darstellungen Fig. 44

bis 47, Taf. XXV, die Strecken der bleibenden Durchbiegungen, deren Vorzeichen durch solche Unregelmäßigkeiten offenbar beeinflusst wurden. Im letzteren Falle handelt es sich um sehr kleine Größen (etwa bis $\frac{3}{100}$ mm). Kleine Unregelmäßigkeiten in den Linienzügen der gesamten Durchbiegungen finden hierdurch gleichfalls ihre Erklärung.

Wie aus der für die Bodenmitte gültigen Schaulinie Fig. 43 (Zusammenstellung 27) ersichtlich ist, betragen die bleibenden Durchbiegungen bei 12 Atm 0,01 mm, sind also noch offenbar klein; erst nach Ueberschreitung von 12 Atm stellt sich Wachstum ein. Bei den nach außen gewölbt eingenieteten

Fig. 48.

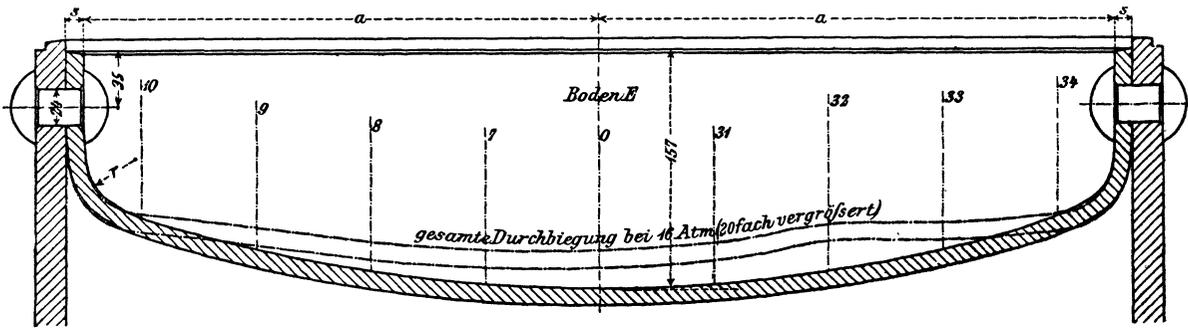


Fig. 49.

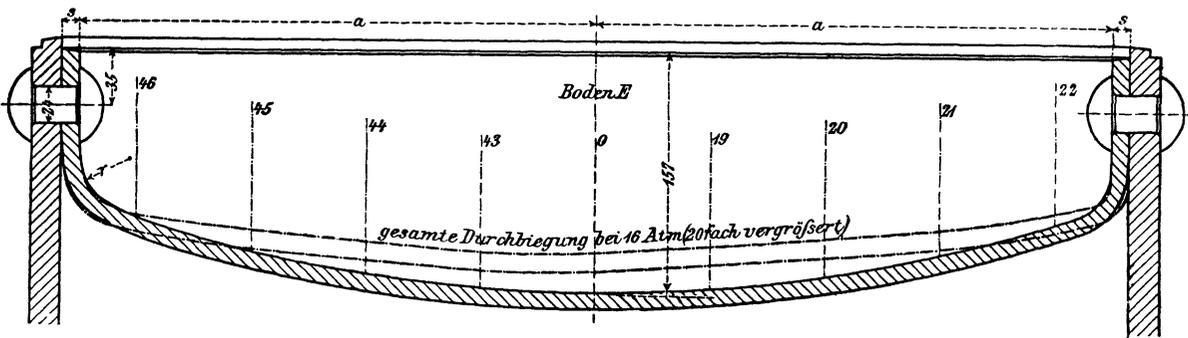


Fig. 50.

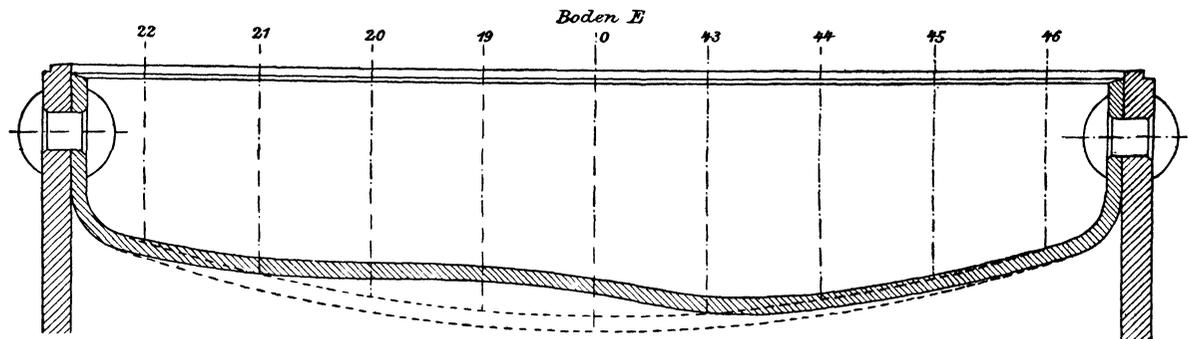
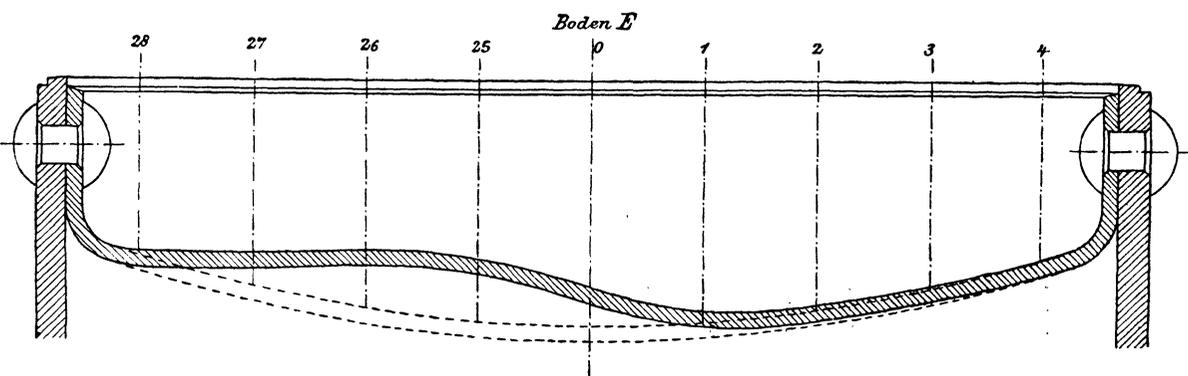


Fig. 51.



Böden (vergl. Fig. 3 oder 14) treten die bleibenden Durchbiegungen früher ein.

Die Schaulinien Fig. 44, 45 und 46, Taf. XXV, zeigen gleichfalls Wachstum der bleibenden Durchbiegungen erst nach Ueberschreitung von 12 Atm.

In Fig. 48 und 49 ist der Boden dargestellt:

a) im ursprünglichen Zustande, derart ermittelt, dass für die beiden senkrecht zu einander stehenden Achsialebenen 10, 0, 34 und 22, 0, 46 (vergl. Fig. 42) durch Herstellung von Lehren die Form der hohlen Fläche des Bodens genau bestimmt wurde;

b) bei der Pressung von 16 Atm und in 20 facher Vergrößerung der gesamten Durchbiegungen durch die — — — Linien.

Fig. 48 (Ebene 10, 0, 34) lässt vermuten, dass die zu erwartende Beulenbildung im Abstand von etwa 150 mm (Stift 32) eintreten wird. Nach Fig. 49 (Ebene 46, 0, 22) würde deren Eintritt ungefähr bei Stift 19 angenommen werden dürfen.

Beim Druck von 20 Atm war erstmals ein Knistern zu hören, ohne dass jedoch festgestellt werden konnte, an welcher Stelle des Bodens.

Fig. 52.

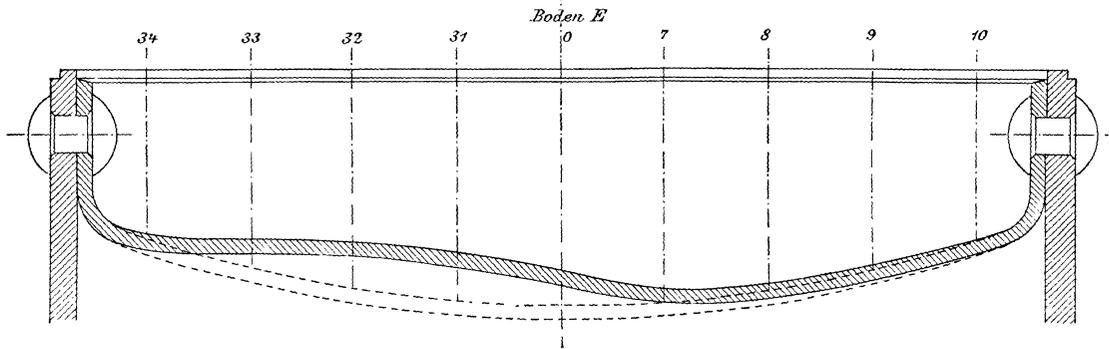


Fig. 53.

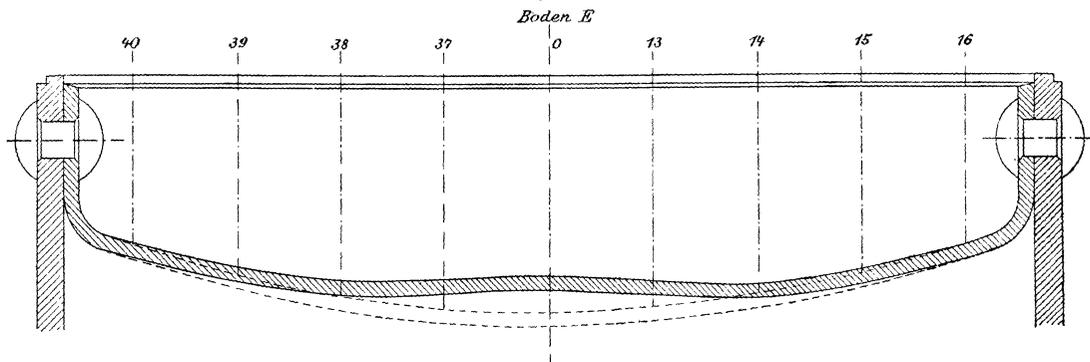


Fig. 54.

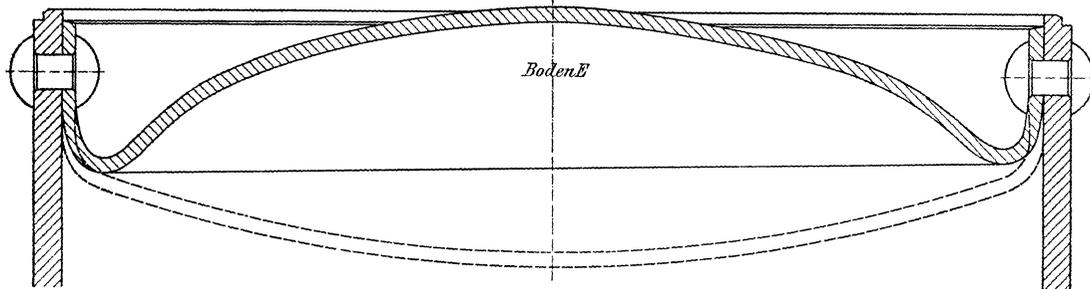
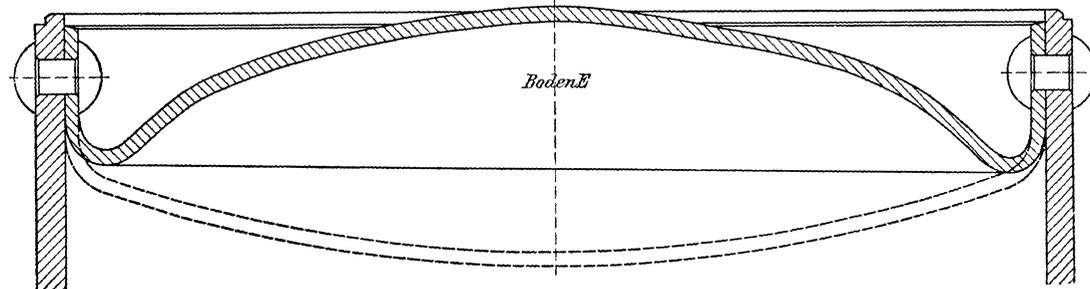


Fig. 55.



Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Bodenmitte (Punkt 0) in Millimeter
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
0	0,100	0	0,200	0	0,300	0	0,400	0	0,510	0	0,620	0	0,735	0,010	0,850	0,015	0,985	0,035
0	0,100	0	0,195	0	0,300	0	0,400	0	0,510	0	0,620	0	0,735	0,005	0,850	0,015	0,985	0,035
Mittel	0,100	0	0,198	0	0,300	0	0,400	0	0,510	0	0,620	0	0,735	0,007	0,850	0,015	0,985	0,035

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37, 43 (im Abstand von rund 75 mm aus der
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
1													0,845	0,030	0,975	0,045	1,115	0,065
7	0,105	0	0,220	0	0,340	0	0,450	0,005	0,575	0,010	0,695	0,015	0,825	0,020	0,945	0,035	1,095	0,060
13													0,810	0,015	0,935	0,025	1,080	0,050
19	0,105	0	0,215	0	0,335	0	0,445	0	0,560	0,005	0,675	0,010	0,800	0,015	0,935	0,020	1,075	0,045
25													0,790	0,020	0,910	0,025	1,050	0,050
31	0,105	0	0,200	0	0,310	0	0,420	0,005	0,525	0,005	0,640	0,010	0,755	0,015	0,870	0,025	1,005	0,045
37													0,745	0,010	0,865	0,025	0,990	0,040
43	0,105	0	0,215	0	0,325	0,005	0,440	0,010	0,560	0,015	0,675	0,020	0,795	0,020	0,930	0,035	1,060	0,050
Mittel	0,105	0	0,212	0	0,328	0,001	0,439	0,005	0,555	0,009	0,671	0,014	0,796	0,018	0,921	0,029	1,059	0,051

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 2, 8, 14, 20, 26, 32, 38, 44 (im Abstand von rund 150 mm aus der
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
2													0,890	0,020	1,035	0,030	1,190	0,050
8	0,120	0	0,240	0	0,360	0	0,480	0	0,600	0,005	0,730	0,010	0,860	0,020	1,010	0,025	1,165	0,050
14													0,880	0,005	1,015	0,010	1,175	0,030
20	0,115	0	0,235	0	0,360	0,005	0,490	0,010	0,620	0,010	0,755	0,015	0,910	0,040	1,045	0,050	1,195	0,075
26													0,785	0,025	0,960	0,035	1,140	0,060
32	0,100	0	0,210	0	0,320	0	0,420	-0,005	0,530	0	0,645	0	0,760	0,005	0,880	0,015	1,020	0,040
38													0,790	0,015	0,915	0,030	1,050	0,050
44	0,110	0	0,225	0	0,340	-0,005	0,460	-0,005	0,590	0	0,720	0	0,850	0	0,990	0,015	1,135	0,030
Mittel	0,111	0	0,228	0	0,345	0	0,463	0	0,585	0,004	0,713	0,006	0,841	0,016	0,981	0,026	1,134	0,048

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 3, 9, 15, 21, 27, 33, 39, 45 (im Abstand von rd. 225 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
3													0,660	0,020	0,755	0,025	0,875	0,040
9	0,070	-0,010	0,155	0	0,250	-0,005	0,355	0,005	0,465	0,020	0,555	0,015	0,650	0,030	0,765	0,045	0,900	0,065
15													0,675	0,015	0,780	0,020	0,900	0,030
21	0,095	0,010	0,190	0	0,290	0,010	0,380	0,015	0,475	0,020	0,575	0,020	0,675	0,025	0,785	0,030	0,905	0,060
27													0,575	0,025	0,670	0,040	0,785	0,050
33	0,080	0	0,160	0	0,240	0	0,330	0,005	0,410	0,010	0,505	0,015	0,595	0,015	0,685	0,035	0,805	0,060
39													0,580	0,005	0,680	0,015	0,790	0,035
45	0,085	0	0,170	0	0,255	0	0,335	0,005	0,430	0,010	0,525	0,010	0,620	0,010	0,725	0,025	0,835	0,040
Mittel	0,082	0	0,169	0	0,259	0,001	0,350	0,007	0,445	0,015	0,540	0,015	0,629	0,018	0,731	0,029	0,849	0,048

Zusammen

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 4, 10, 16, 22, 28, 34, 40, 46 (im Abstand von rd. 300 mm aus der Mitte)
Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils

Punkt	2 Atm		4 Atm		6 Atm		8 Atm		10 Atm		12 Atm		14 Atm		16 Atm		18 Atm	
4													0,110	0,015	0,110	0,015	0,130	0,025
10	0,020	0,005	0,040	0,005	0,055	0,010	0,075	0,010	0,100	0,015	0,120	0,015	0,140	0,020	0,170	0,025	0,210	0,040
16													0,140	0,025	0,155	0,030	0,180	0,030
22	0,010	-0,005	0,020	-0,005	0,035	-0,010	0,050	-0,005	0,070	-0,005	0,085	-0,005	0,110	0	0,125	0	0,150	0,015
28													0,100	0	0,120	0	0,155	0,005
34	0,010	0	0,020	0	0,030	0	0,040	-0,005	0,060	-0,005	0,075	-0,005	0,090	0,005	0,105	0,020	0,130	0,050
40													0,110	0,010	0,125	0,015	0,150	0,015
46	0,005	0	0,025	0	0,035	0	0,055	0	0,070	0,005	0,075	0,005	0,100	0,010	0,090	0,015	0,095	0,025
Mittel	0,011	0	0,026	0	0,039	0	0,055	0	0,075	0,002	0,089	0,003	0,112	0,011	0,125	0,015	0,150	0,026

stellung 32

bei Flüssigkeitspressungen bis 28 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm	
1,120	0,060	1,270	0,100	1,470	0,170	1,775	0,330	2,455	0,815
1,120	0,055	1,270	0,100	1,470	0,170	1,775	0,330	2,450	0,810
1,120	0,058	1,270	0,100	1,470	0,170	1,775	0,330	2,452	0,813

stellung 33

Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 28 Atm.
jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm	
1,270	0,095	1,445	0,140	1,680	0,225	2,000	0,385	2,720	0,885
1,250	0,090	1,420	0,130	1,650	0,220	1,965	0,385	2,715	0,915
1,235	0,080	1,405	0,125	1,610	0,205	1,950	0,375	2,710	0,910
1,225	0,075	1,380	0,115	1,605	0,190	1,935	0,360	2,675	0,880
1,200	0,085	1,365	0,125	1,555	0,185	1,860	0,345	2,535	0,805
1,145	0,080	1,295	0,125	1,490	0,180	1,785	0,330	2,405	0,770
1,130	0,070	1,285	0,120	1,490	0,190	1,785	0,345	2,430	0,795
1,210	0,080	1,370	0,125	1,680	0,200	1,900	0,355	2,575	0,835
1,208	0,082	1,371	0,126	1,595	0,199	1,898	0,360	2,596	0,849

stellung 34

Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 28 Atm.
jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm	
1,350	0,080	1,545	0,130	1,775	0,205	2,125	0,385	2,915	0,920
1,330	0,080	1,510	0,135	1,755	0,225	2,130	0,415	2,975	0,995
1,340	0,045	1,500	0,095	1,745	0,170	2,135	0,370	3,065	0,965
1,370	0,110	1,545	0,155	1,690	0,205	2,150	0,420	2,975	0,980
1,255	0,090	1,420	0,130	1,625	0,185	1,950	0,350	2,600	0,795
1,175	0,075	1,335	0,125	1,500	0,150	1,790	0,305	2,380	0,700
1,200	0,090	1,370	0,140	1,595	0,220	1,895	0,370	2,555	0,815
1,295	0,065	1,475	0,115	1,710	0,190	2,050	0,365	2,830	0,865
1,289	0,067	1,463	0,128	1,674	0,194	2,028	0,373	2,787	0,879

stellung 35

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 28 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm	
0,990	0,065	1,130	0,100	1,330	0,170	1,595	0,315	2,265	0,795
1,035	0,100	1,200	0,160	1,400	0,230	1,750	0,450	2,540	1,025
1,020	0,050	1,155	0,080	1,385	0,190	1,750	0,405	2,685	1,110
1,045	0,095	1,190	0,140	1,400	0,230	1,770	0,455	2,655	1,125
0,900	0,065	1,020	0,125	1,180	0,140	1,445	0,305	1,990	0,675
0,925	0,090	1,060	0,140	1,225	0,190	1,475	0,325	1,970	0,685
0,910	0,065	1,060	0,115	1,225	0,180	1,475	0,310	2,060	0,720
0,960	0,075	1,100	0,125	1,270	0,195	1,570	0,350	2,245	0,850
0,973	0,076	1,114	0,123	1,302	0,191	1,604	0,364	2,301	0,873

stellung 36

in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 28 Atm.
in der zweiten Spalte enthalten.

20 Atm		22 Atm		24 Atm		26 Atm		28 Atm	
0,150	0,030	0,170	0,035	0,185	0,040	0,205	0,030	0,255	0,095
0,240	0,045	0,280	0,070	0,315	0,090	0,405	0,145	0,565	0,260
0,205	0,040	0,235	0,055	0,255	0,050	0,315	0,085	0,470	0,180
0,160	0,015	0,200	0,030	0,220	0,040	0,285	0,085	0,445	0,190
0,165	0,005	0,190	0,020	0,200	0,010	0,245	0,030	0,325	0,080
0,175	0,075	0,220	0,085	0,225	0,095	0,260	0,115	0,295	0,145
0,170	0,025	0,195	0,040	0,215	0,040	0,275	0,070	0,315	0,125
0,165	0,040	0,205	0,055	0,195	0,095	0,350	0,140	0,410	0,220
0,179	0,034	0,212	0,049	0,226	0,058	0,293	0,088	0,385	0,162

Bei 22 Atm wurde an einzelnen Stellen der Krempe das Abspringen von Zunder bemerkt.

Nach Beseitigung der Undichtheiten, welche sich, wie bereits oben bemerkt, bei 22 Atm in größerem Maße einstellten, wurde die Pressung auf 25 Atm gesteigert. Nachdem der Boden diesem Druck einige Zeit ausgesetzt gewesen war, begann er sich nach außen durchzubiegen; dabei fiel die Pressung bis auf 14 Atm, welcher Druck durch Nachpumpen längere Zeit aufrecht erhalten wurde. Die Form, welche der Boden hierbei schließlich angenommen hatte, ist aus den Figuren 50 bis 53 (Schnittebenen, wie in Fig. 42 angegeben) zu ersehen, die nach Beseitigung des Druckes aufgenommen worden sind. Der Maßstab der Durchbiegungen ist hierbei der gleiche wie derjenige der Bodenabmessungen. Die größte Ausbeulung liegt hiernach in Fig. 50 zwischen 19 und 0, in Fig. 51 zwischen 26 und 25, in Fig. 52 zwischen 32 und 31 und in Fig. 53 zwischen 37 und 0. Trägt man sich diese Stellen in Fig. 42 ein, so zeigt sich, dass die größte Höhe der Ausbeulung ungefähr zwischen 25 und 31 zu liegen kommt.

Nach Wiederaufnahme des Pumpens wurde die Pressung bis auf 31 Atm gesteigert, wobei der Boden die aus den beiden Schnitten Fig. 54 und 55 ersichtliche Form angenommen hatte.

Boden F, Fig. 56 und 57.

Die Ergebnisse der Durchbiegungsmessungen bis zu 28 Atm Druck sind in den Zusammenstellungen 32 bis 36 niedergelegt und in den Figuren 58 bis 62, Taf. XXV, zeichnerisch dargestellt.

Die Schaulinie Fig. 58, gültig für die Bodenmitte, zeigt bleibende Durchbiegungen erst nach Ueberschreiten von 12 Atm; bis 16 Atm sind sie unerheblich. In den übrigen Schaulinien tritt die Erheblichkeit der bleibenden Durchbiegungen zum Teil etwas früher ein.

Zunderabspringen wurde erstmals in ganz geringem Maße bei 12 Atm an zwei Stellen der Krempe beobachtet, von denen die eine in Fig. 63 links mit α bezeichnet ist (links und rechts von Stift 10, Fig. 57). Bei 16 Atm zeigte sich das Zunderabspringen an diesen beiden Stellen deutlicher, außerdem trat es noch an zwei andern Stellen der Krempe auf (bei Stift 34 und 40, Fig. 57). Die Lage sämtlicher Stellen ist die gleiche, ungefähr 320 mm von der Mitte abgehend; die Breite der Streifen, über welche das Zunderabspringen sich erstreckt, beträgt rd. 10 mm.

Bei 18 Atm rückt die Zone des Zunderabspringens etwas gegen die Bodenmitte vor, derart, dass bei 20 Atm der Streifen bei Stift 10 sich bis an diesen erstreckt.

Die Bildung der sich kreuzenden Linien der Streckfiguren, wie solche für den Boden A in Fig. 11 wiedergegeben sind, beginnt bei 24 Atm einzutreten.

In Fig. 63 ist der Boden im ursprünglichen Zustande sowie seine Form bei 20 Atm Druck in 20-facher Vergrößerung der gesamten Durchbiegungen (je das Mittel aus den Durchbiegungen) dargestellt.

Bei 20 Atm beginnt Ausbeulung einzutreten, der Druck sinkt trotz fortgesetzten Pumpens bis auf 16 Atm zurück. Fig. 64 zeigt die Form der Ausbeulung, welche sich hierbei eingestellt hat.

Nach Wiederaufnahme des Pumpens steigt allmählich der Druck bis auf 43 Atm, wobei der Boden die in Fig. 65 gezeichnete Form angenommen hat. Starke Undichtheiten an den Nietstellen hindern weitere Steigerung des Druckes.

Boden G, Fig. 66 und 67.

Die Ergebnisse der Durchbiegungsmessungen bis zu 50 Atm sind in den Zusammenstellungen 37 bis 40 wiedergegeben. Die Messungen im Abstand 300 mm (Stellen 4, 10, 16, 22, 28, 34, 40 und 46, Fig. 67) sind infolge der schrägen Stiftberührung und wegen des starken Einflusses abspringenden Zunders unzuverlässig und deshalb nicht mit aufgenommen.

Die zugehörigen Schaulinien finden sich in den Figuren 68 bis 71, Taf. XXV. Die bleibenden Durchbiegungen können bis 20 Atm als ganz unerheblich angesehen werden.

Bei 16 Atm ist erstmals Knistern des Bodens hörbar, bei 24 Atm konnte deutliches Zunderabspringen beobachtet werden, und zwar an der in Fig. 72 links gezeichneten Stelle α neben den Stiften 28, 40 und 46, Fig. 67.

Bei 28 Atm ist kräftiges Knistern hörbar, die bisherigen Stellen des Zunderabspringens vergrößern sich, auch fällt Zunder in der Krempung bei γ , Fig. 72, ab.

Unter 45 Atm Druck hat sich Zunder in der ganzen Krempung ringsum gelöst.

In Fig. 72 ist der Boden im ursprünglichen Zustand

sowie seine Form bei 36 Atm Pressung in 20facher Vergrößerung der gesamten Durchbiegungen gezeichnet.

Bei 54,5 Atm beginnt sich der Boden auszubeulen, und zwar zwischen den Stiften 14 und 20, Fig. 67. Der Druck sinkt mit dem Wachsen der Ausbeulung bis auf 34 Atm. Die hierbei eingetretene Formänderung lässt Fig. 73 deutlich erkennen. Späteres fortgesetztes Pumpen führt zur Steigerung des Druckes bis 51 Atm, unter dem der Boden die Form Fig. 74 annimmt.

Zusammenstellung 37

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Bodenmitte (Punkt 0) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 50 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	4 Atm	8 Atm	12 Atm	16 Atm	20 Atm	24 Atm	28 Atm	32 Atm	36 Atm	40 Atm	45 Atm	50 Atm												
0	0,115	0	0,230	0	0,345	0	0,460	0	0,585	0,005	0,715	0,015	0,845	0,025	0,990	0,035	1,130	0,050	1,315	0,090	1,550	0,175	1,935	0,375
0	0,115	0	0,230	0	0,345	0	0,460	0	0,585	0,005	0,715	0,015	0,845	0,025	0,985	0,035	1,130	0,050	1,305	0,090	1,550	0,175	1,935	0,375
Mittel	0,115	0	0,230	0	0,345	0	0,460	0	0,585	0,005	0,715	0,015	0,845	0,025	0,988	0,035	1,130	0,050	1,310	0,090	1,550	0,175	1,935	0,375

Zusammenstellung 38

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37, 43 (im Abstand von rund 75 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 50 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	4 Atm	8 Atm	12 Atm	16 Atm	20 Atm	24 Atm	28 Atm	32 Atm	36 Atm	40 Atm	45 Atm	50 Atm												
1	0,115	0	0,230	0	0,350	0	0,475	0	0,590	0	0,730	0,015	0,865	0,015	1,005	0,025	1,150	0,045	1,355	0,080	1,585	0,160	1,965	0,370
7									0,590	0,005	0,735	0,015	0,875	0,025	1,010	0,020	1,165	0,035	1,335	0,050	1,560	0,115	1,970	0,340
13	0,120	0	0,240	0	0,360	0	0,480	0	0,610	0,015	0,750	0,025	0,885	0,035	1,040	0,050	1,195	0,080	1,395	0,135	1,645	0,230	2,095	0,470
19									0,595	0	0,735	0,015	0,875	0,025	1,020	0,035	1,180	0,060	1,385	0,100	1,635	0,195	2,065	0,435
25	0,115	0	0,230	0	0,355	0	0,475	0	0,605	0,010	0,740	0,015	0,875	0,020	1,020	0,040	1,175	0,070	1,365	0,105	1,615	0,195	2,015	0,405
31									0,585	0,010	0,720	0,015	0,850	0,020	0,990	0,030	1,145	0,050	1,335	0,090	1,570	0,175	1,920	0,355
37	0,105	0	0,220	0	0,335	0	0,445	0	0,565	0	0,685	0,010	0,815	0,010	0,960	0,025	1,105	0,045	1,280	0,080	1,495	0,160	1,850	0,330
43									0,575	0	0,700	0,010	0,830	0,020	0,980	0,030	1,120	0,055	1,320	0,095	1,545	0,175	1,920	0,375
Mittel	0,114	0	0,230	0	0,350	0	0,469	0	0,589	0,005	0,724	0,015	0,859	0,021	1,003	0,032	1,154	0,055	1,346	0,092	1,581	0,176	1,975	0,385

Zusammenstellung 39

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 2, 8, 14, 20, 26, 32, 38, 44 (im Abstand von rd. 150 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 50 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	4 Atm	8 Atm	12 Atm	16 Atm	20 Atm	24 Atm	28 Atm	32 Atm	36 Atm	40 Atm	45 Atm	50 Atm												
2	0,115	0	0,230	0	0,350	0	0,475	0	0,595	0,010	0,725	0,025	0,860	0,030	0,995	0,025	1,125	0,040	1,305	0,060	1,505	0,110	1,935	0,355
8									0,570	0,010	0,710	0,010	0,840	0,010	0,980	0,030	1,145	0,045	1,330	0,075	1,570	0,160	2,010	0,430
14	0,105	-0,010	0,225	-0,010	0,345	-0,010	0,465	-0,010	0,595	0	0,720	0,010	0,860	0,020	1,015	0,040	1,170	0,075	1,375	0,135	1,640	0,230	2,140	0,515
20									0,590	0	0,730	0,010	0,860	0,025	1,015	0,055	1,185	0,080	1,385	0,135	1,665	0,255	2,200	0,585
26	0,120	0,010	0,240	0,010	0,355	0,010	0,475	0,020	0,610	0,035	0,735	0,045	0,875	0,055	1,030	0,070	1,170	0,095	1,360	0,140	1,605	0,220	2,040	0,480
32									0,560	0,015	0,700	0,025	0,815	0,035	0,960	0,055	1,105	0,080	1,290	0,120	1,510	0,200	1,880	0,395
38	0,105	0	0,215	0	0,320	0	0,435	0	0,515	0	0,650	0,015	0,775	0,010	0,900	0,010	1,035	0,030	1,190	0,060	1,395	0,130	1,720	0,290
44									0,590	0,035	0,710	0,035	0,825	0,040	0,960	0,050	1,100	0,075	1,285	0,110	1,505	0,185	1,860	0,360
Mittel	0,111	0	0,227	0	0,342	0	0,463	0,002	0,578	0,013	0,710	0,022	0,839	0,028	0,982	0,042	1,129	0,065	1,315	0,104	1,549	0,186	1,973	0,426

Zusammenstellung 40

der gesamten und bleibenden Durchbiegungen der Punktreihe 3, 9, 15, 21, 27, 33, 39, 45 (im Abstand von rund 225 mm aus der Mitte) in Millimeter bei Flüssigkeitspressungen bis 50 Atm.

Die gesamte Durchbiegung ist jeweils in der ersten, die bleibende jeweils in der zweiten Spalte enthalten.

Punkt	4 Atm	8 Atm	12 Atm	16 Atm	20 Atm	24 Atm	28 Atm	32 Atm	36 Atm	40 Atm	45 Atm	50 Atm												
3	0,080	0	0,160	0	0,235	0	0,315	0	0,395	0	0,485	0	0,565	0	0,650	0	0,755	0,015	0,865	0,025	0,995	0,040	1,315	0,225
9									0,390	0	0,480	0,005	0,565	0,010	0,670	0,015	0,770	0,035	0,890	0,055	1,055	0,125	1,420	0,345
15	0,075	0	0,160	0	0,250	0	0,340	0,010	0,435	0,015	0,530	0,030	0,630	0,010	0,750	0,055	0,870	0,090	1,030	0,135	1,230	0,240	1,705	0,545
21									0,420	0,015	0,520	0,025	0,615	0,025	0,720	0,055	0,845	0,085	0,990	0,130	1,155	0,220	1,615	0,470
27	0,080	0	0,155	0	0,240	0	0,320	0	0,400	0	0,480	0,010	0,580	0,015	0,695	0,035	0,795	0,050	0,930	0,085	1,090	0,150	1,450	0,375
33									0,370	0,005	0,460	0,010	0,540	0,010	0,625	0,010	0,720	0,025	0,850	0,050	0,990	0,100	1,265	0,245
39	0,065	0	0,140	0	0,215	0	0,285	0	0,360	0	0,435	0,005	0,505	0,005	0,595	0,020	0,700	0,030	0,815	0,065	0,935	0,120	1,190	0,240
45									0,365	0,010	0,440	0,010	0,515	0,020	0,605	0,045	0,725	0,045	0,835	0,090	0,965	0,130	1,235	0,320
Mittel	0,075	0	0,154	0	0,235	0	0,315	0,002	0,392	0,006	0,479	0,012	0,564	0,016	0,664	0,029	0,773	0,047	0,901	0,079	1,052	0,141	1,399	0,346

Fig. 56.

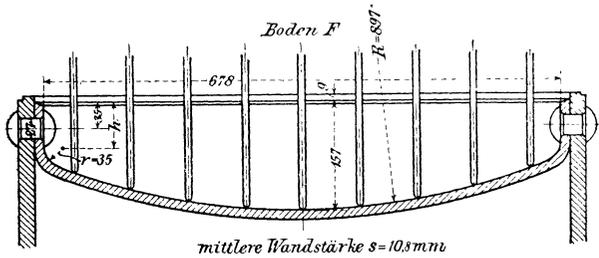


Fig. 66.

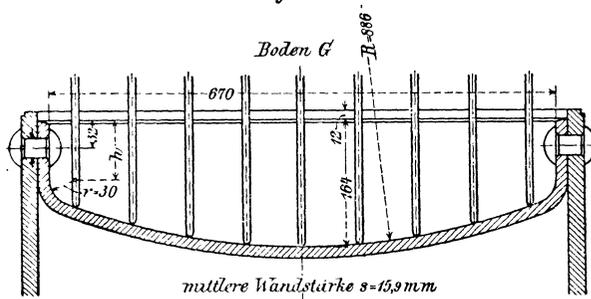


Fig. 57.

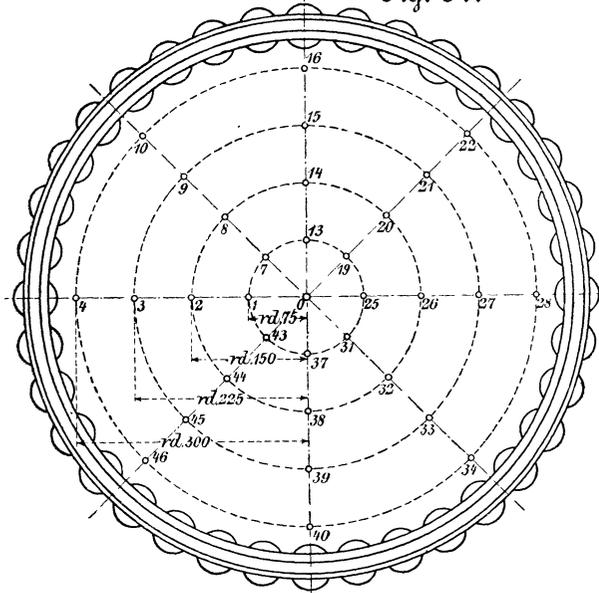


Fig. 63.

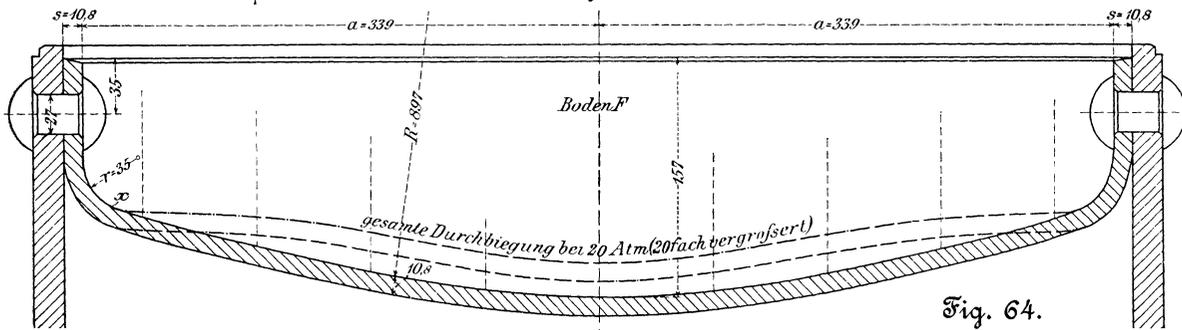
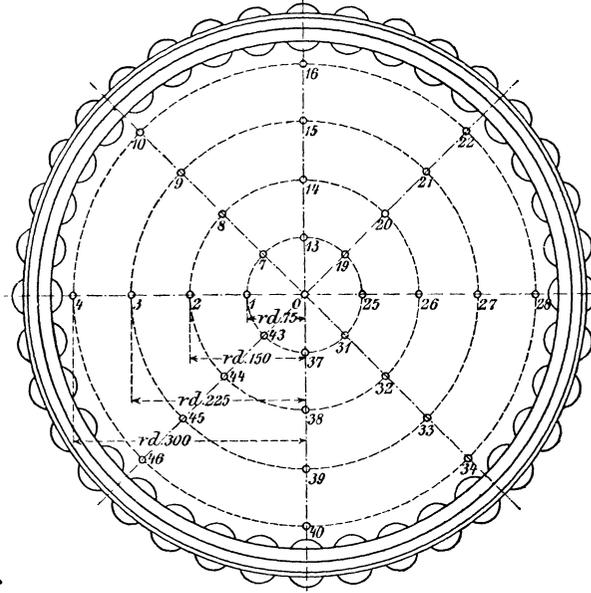


Fig. 64.

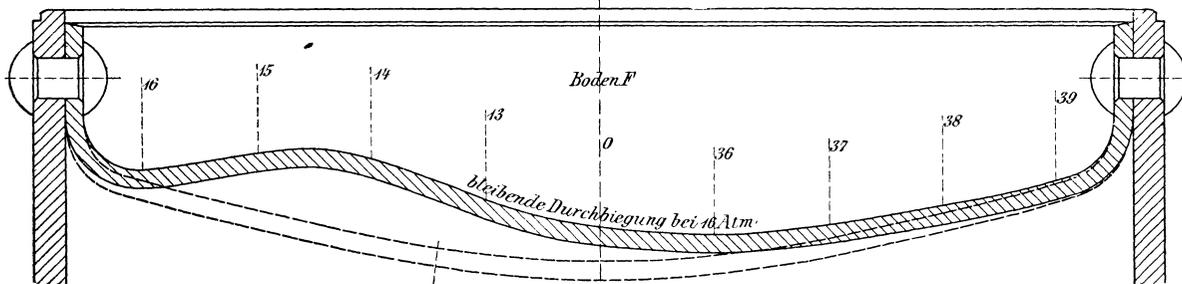
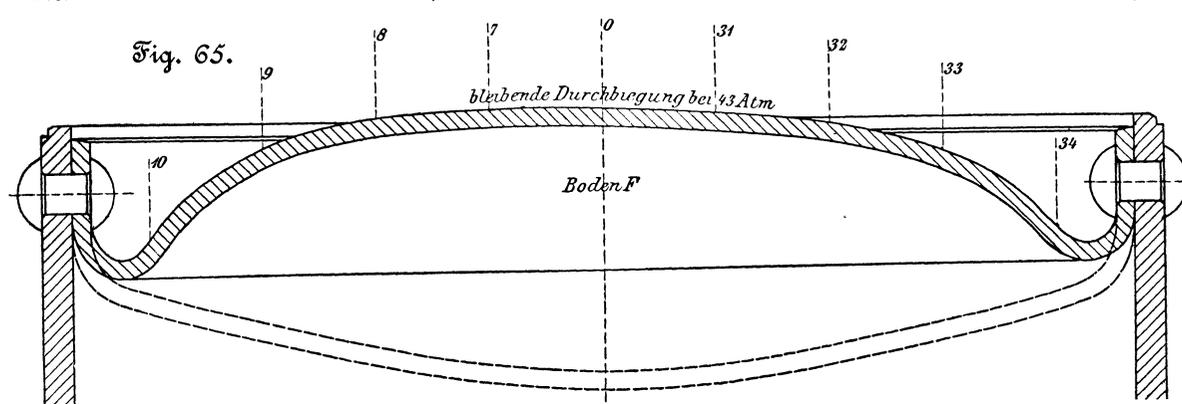


Fig. 65.



Zweiter Teil.

Versuche mit gusseisernen, gewölbten Böden, welche mit den Hohlcylindern, die sie abschließen, aus einem Stück bestehen.

Die Versuchseinrichtung ist die gleiche, wie sie bei den flachen Böden aus Gusseisen zur Verwendung gelangte und in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1897 S. 1222 Fig. 53 (vergl. auch Heft 3) dargestellt ist.

Die Böden wurden aus grauem Gusseisen, wie es zu zähem Maschinenguss benutzt wird, bei dem gleichen Guss hergestellt.

mittlere Wandstärke zur Beurteilung der Widerstandsfähigkeit des Bodens inbetracht zu ziehen sein wird, ist zu beachten, dass der Bruch in der Krempung seinen Ausgang nimmt — in Fig. 75 ist links die Lage der beiden Bruchstellen *e* und *h* eingezeichnet —, und zwar — soweit dies vermutet werden kann — an der schwächsten Stelle. Dies würde in Fig. 76 treffen etwa die Strecke *defgh* mit der mittleren Wandstärke.

$$s = \frac{14,7 + 14,7 + 14,4 + 14,1 + 14,4}{5} = 14,5 \text{ mm,}$$

Fig. 72.

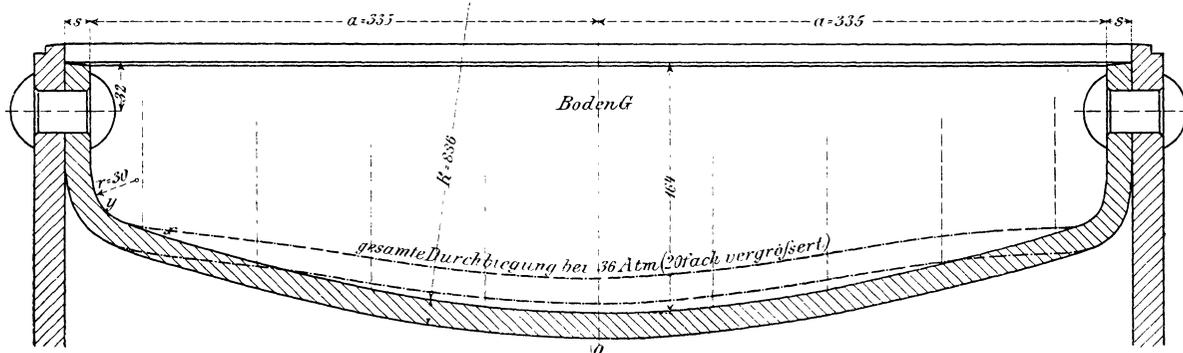


Fig. 73.

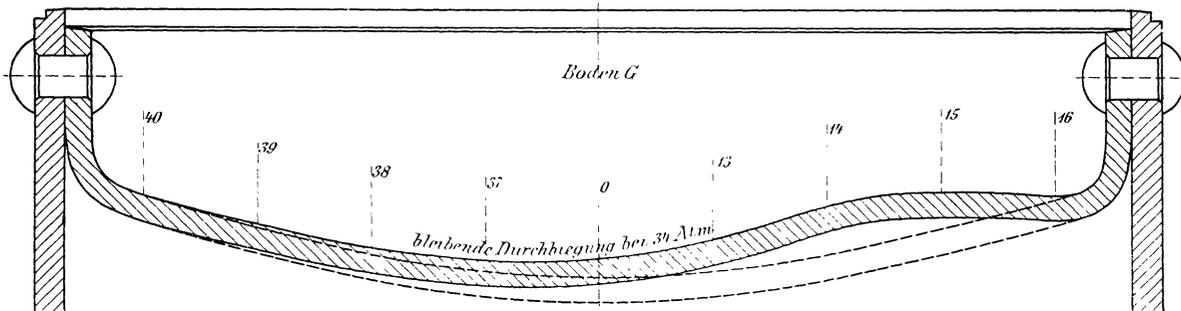
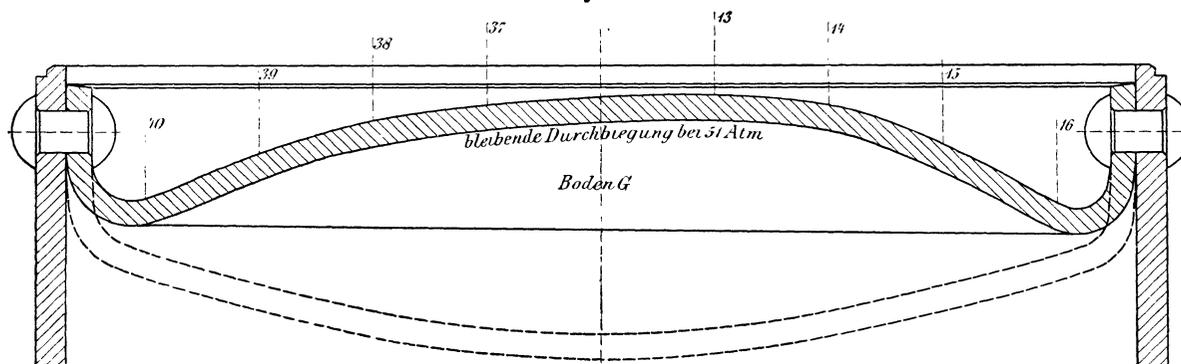


Fig. 74.



Boden I, Fig 75.

Wandstärke $s = 1,45 \text{ cm.}$

Der Bruch erfolgt bei 28,5 Atm Pressung nach der in Fig. 76 ausgezogenen Linie *abcdefghikl*. In der Strecke *la* bleibt der Zusammenhang mit dem Boden bestehen.

Zum Zwecke der Bestimmung der Wandstärke wie auch zur Prüfung der Beschaffenheit der Bruchfläche wurde das bis auf die Erstreckung *la* losgerissene Bodenstück mittels der Winde herausgedrückt, wobei die Bruchlinie nach *la* verläuft, wie durch Strichelung angegeben worden ist.

Bei *f* und *g* zeigt die Bruchfläche innen kleine blasige Stellen, wie in Fig. 76 dargestellt ist; sonst erscheint sie gesund.

Die Wandstärken der Bruchfläche sind an den einzelnen Stellen eingetragen. Zur Entscheidung der Frage, welche

welche Größe auch oben in der Ueberschrift eingetragen worden ist.

Boden II, Fig. 75.

$s = 1,54 \text{ cm.}$

Der Bruch erfolgt bei 31,25 Atm nach der in Fig. 77 ausgezogenen Linie *abcdefghijklmn*. In der Strecke *na* bleibt der Zusammenhang mit dem Boden bestehen. Er wird durch Ausbrechen in der beim Boden I bezeichneten Weise aufgehoben, wobei die Bruchlinie, wie gestrichelt, von *n* nach *a* verläuft.

Die Bruchfläche erscheint gesund bis auf eine kleine blasige Stelle bei *b* innen, welche in Fig. 77 angedeutet ist.

In Fig. 75 sind in der Krempung rechts zwei Bruchstellen *e* und *h* eingetragen.

Fig. 75.

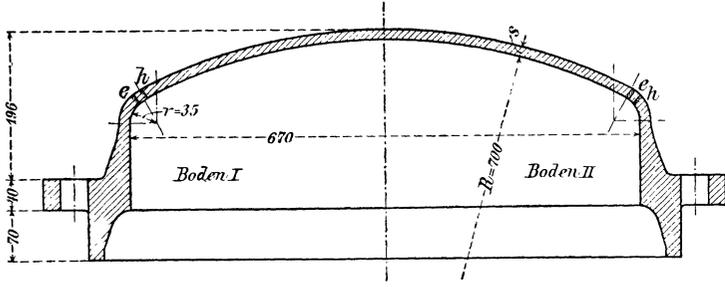


Fig. 78.

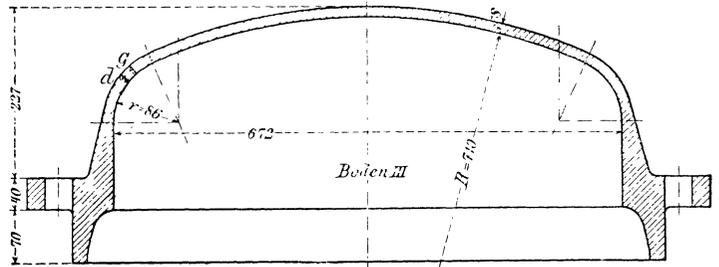


Fig. 76.

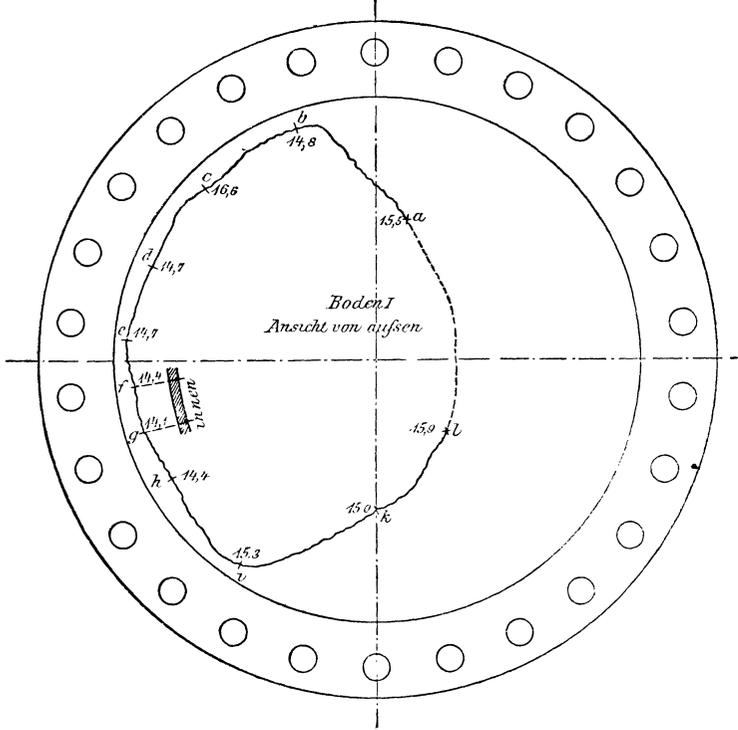


Fig. 79.

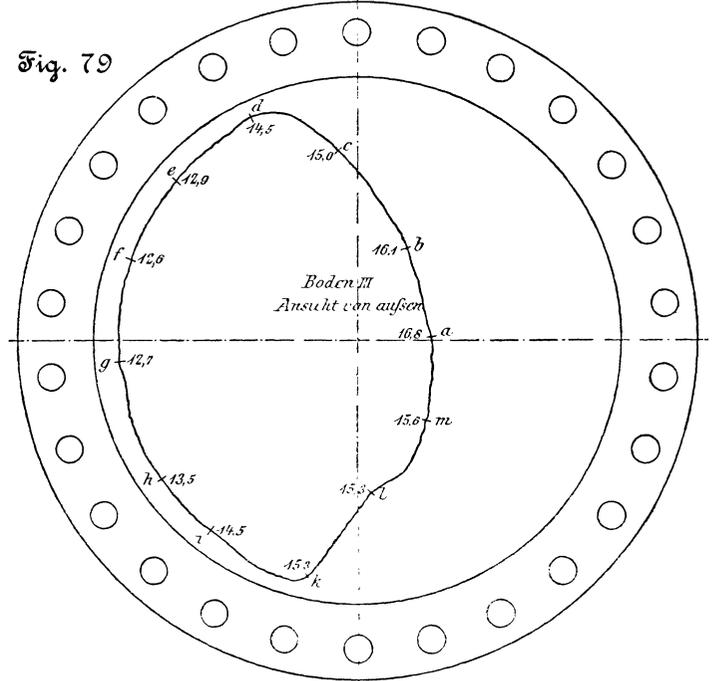


Fig. 80.

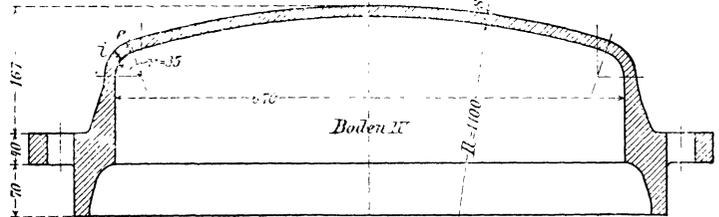


Fig. 77.

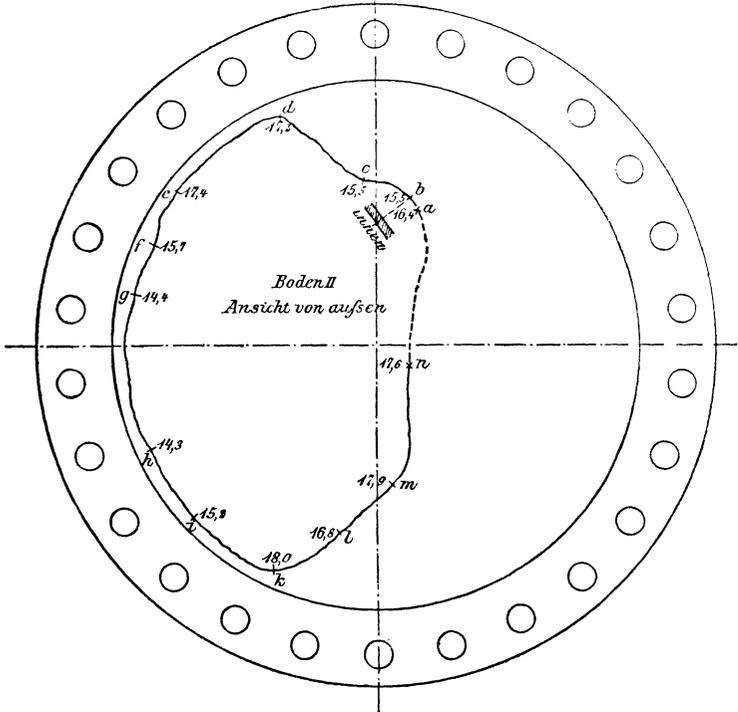
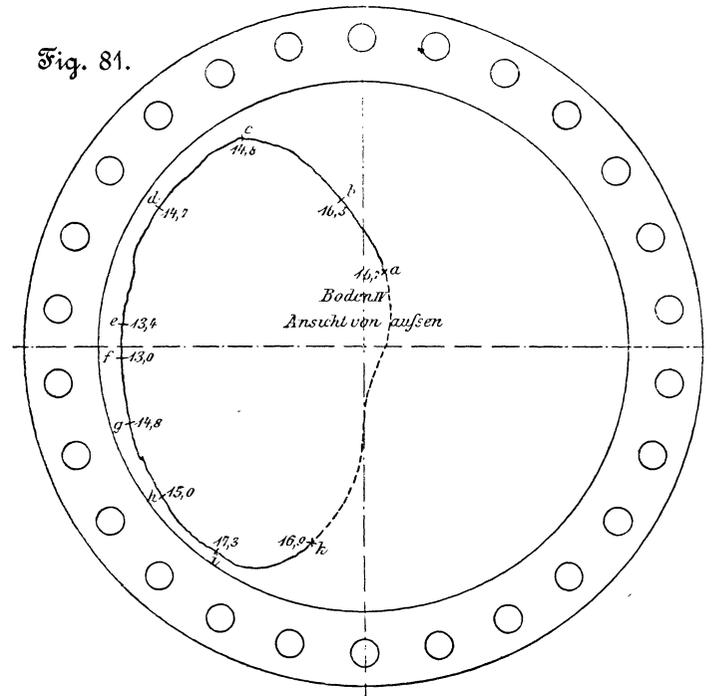


Fig. 81.



Als mittlere Wandstärke im Sinne des beim Boden I Bemerkten wählen wir

$$s = \frac{17,4 + 15,7 + 14,4 + 14,3 + 15,2}{5} = 15,4 \text{ mm.}$$

Boden III, Fig. 78.

$$s = 1,32 \text{ cm.}$$

Dieser Boden unterscheidet sich von den beiden Böden I und II vorzugsweise dadurch, dass der Krempungshalbmesser r bedeutend größer ist.

Bruch erfolgt bei 33,4 Atm nach der in Fig. 79 ausgezogenen Linie $abcdefghiklm$. Das Bodenstück bricht hierbei vollständig heraus. Die Bruchflächen sind durchaus gesund.

Fig. 78 zeigt links in der Krempung die Bruchstellen d und g .

Als mittlere Wandstärke wird gewählt

$$s = \frac{12,9 + 12,6 + 12,7 + 13,5 + 14,5}{5} = 13,2 \text{ mm.}$$

Vergleichen wir Boden I und II mit Boden III, so findet sich

	Wandstärke mm	Krempungshalbmesser mm	Bruchbelastung Atm
Boden I . . .	14,5	35	28,5
» II . . .	15,4	35	31,25
» III . . .	13,2	86	33,4

Deutlich tritt hier der auf Erhöhung der Widerstandsfähigkeit hinwirkende Einfluss des größeren Krempungshalbmessers hervor¹⁾. Es entspricht dies

¹⁾ Die bisher für die Berechnung gewölbter Böden aufgestellten Gleichungen nehmen hierauf keine Rücksicht. Bei flachen Böden ist dies erstmals in der in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1897 S. 1224 u. f. angegebenen Weise geschehen. Heft 3 giebt gleichfalls Auskunft.

ganz dem, was früher bei den Versuchen mit flachen Böden festzustellen war (vergl. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1897 S. 1220 u. f.).

Boden IV, Fig. 80.

$$s = 1,42 \text{ cm.}$$

Dieser Boden unterscheidet sich von den vorhergehenden vorzugsweise durch den größeren Wölbungshalbmesser ($R = 1100$ gegenüber 700 bzw. 710 mm).

Der Bruch erfolgt bei 21,5 Atm. Den Verlauf der Bruchlinie lässt Fig. 81 erkennen.

Die Bruchfläche erscheint durchaus gesund.

Die mittlere Wandstärke wurde zu

$$s = \frac{14,7 + 13,4 + 13,0 + 14,8 + 15,0}{5} = 14,2 \text{ mm}$$

ermittelt.

Der Vergleich der Widerstandsfähigkeit dieses Bodens mit derjenigen der Böden I und III weist auf die erhebliche Abnahme derselben mit Zunahme des Wölbungshalbmessers R hin.

Schlussbemerkung.

Da noch weitere Versuche mit gewölbten Böden in Aussicht genommen sind, so ist zunächst auf weitere Schlussfolgerungen aus den Versuchsergebnissen zu verzichten. Die Veröffentlichung der letzteren aus diesem Grunde längere Zeit noch zu verschieben, erschien mir jedoch nicht richtig, da manche der ermittelten Zahlen für die ausführende Technik wie auch für die wissenschaftliche Behandlung des Gegenstandes von erheblichem Werte sein dürften.

Stuttgart, Mitte September 1899.

Additional material from *Untersuchungen über die Formänderungen und die Anstrengung gewölbter Böden*, ISBN 978-3-662-31797-6, is available at <http://extras.springer.com>

