

32124, IV, D, e, 67
40

67/80

Über die
Panzerwirkung der Geschosse.

Von

Josef Schwarz,

k. k. Marine - Artillerie - Ingenieur.



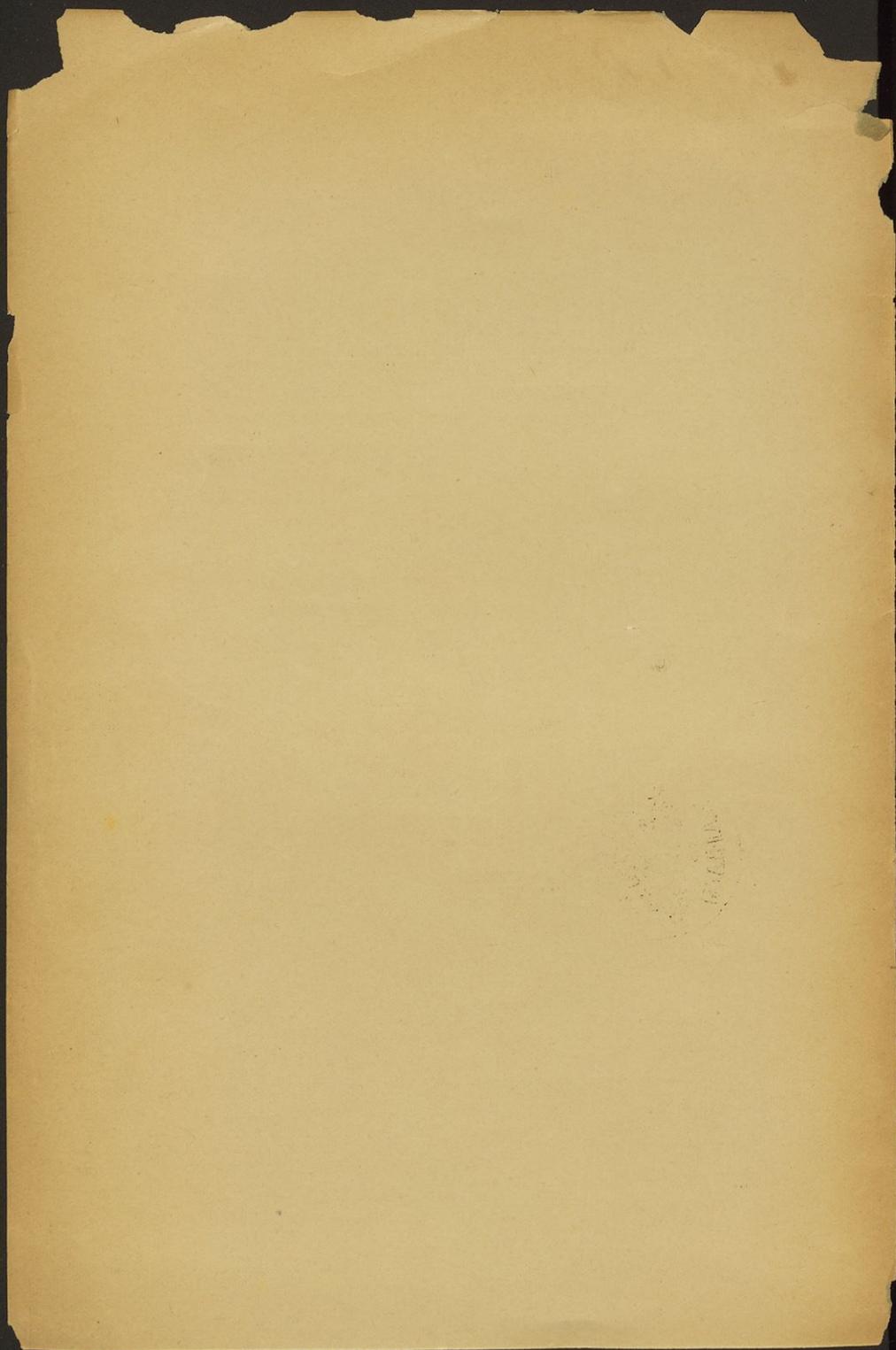
Mit einer Figurentafel und mehreren Textfiguren.

Preis 1 fl., für die P. T. Pränumeranten 80 kr.

Pola 1886.

Im Selbstverlage des Verfassers.

In Commission bei Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg in Laibach.



Über die
Panzerwirkung der Geschosse.

Von

Josef Schwarz,

k. k. Marine - Artillerie - Ingenieur.

Mit einer Figurentafel und mehreren Textfiguren.



Pola 1886.

Im Selbstverlage des Verfassers.

In Commission bei Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg in Laibach.

Über die
Panzerwirkung der Geschosse.

Josef Schwarz

Die eine Fortsetzung und andere Fortsetzung



1886

030055885

Vorwort.

Die nachstehende Abhandlung soll die rasche und bequeme Bestimmung des Durchschlagsvermögens der Panzergeschosse gegen Eisen nach den besten und gebräuchlichsten «Panzerformeln» gestatten und in möglichst populärer Weise das Wichtigste über die Wirkung der Panzergeschosse gegen Eisen-, Stahl-, Compound- und Hartgussplatten zusammenfassen.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung. — Allgemeine Charakteristik der verschiedenen Panzerformeln	1
II. Krupp'sche Panzerformel. — Tabellen zur Bestimmung des Durchschlagsvermögens der Geschosse nach dieser Formel	2
III. Die Frolow'schen Formeln. — Übergang zu den Formeln der dritten und vierten Anschauung	9
IV. Allgemeine Vergleiche. — Resultate einiger wichtiger Formeln. — Graphische Darstellungen	13
V. Ungleichmässige Wirkung der Geschosse gegen Schmiedeisenpanzer. — Versuchs-Resultate	23
VI. Wirkung der Geschosse gegen Compound- und Stahlplatten	30
VII. Versuche gegen Compound- und Stahlpanzer	35
VIII. Wirkung der Geschosse gegen Hartgusspanzer	46
IX. Der Wert der Sprengladung der Panzergeschosse	56
<i>Taf. I.</i> Zum Comparativ-Versuch im Jahre 1882 in Italien gegen 48 <i>cm</i> Compound- und Stahlplatten.	

I. Einleitung. — Allgemeine Charakteristik der verschiedenen Panzerformeln.

Gewöhnlich versteht man unter Durchschlagsvermögen eines Panzergeschosses die Dicke jener freistehenden schmiedeisernen Walzplatte bester oder doch sehr guter Qualität, welche von diesem Projectile bei senkrechtem Auftreffen gerade noch durchschlagen werden kann.

Im Laufe der Jahre wurde eine beinahe endlose Reihe von Formeln aufgestellt, welche den Zusammenhang zwischen dem Durchschlagsvermögen und der Arbeitsgrösse des Geschosses ausdrücken sollen und somit zur Lösung der verschiedenen einschlägigen Aufgaben benützt werden können.

Wir werden im Folgenden nur einige dieser sogenannten «Panzerformeln» betrachten, jedoch vorher eine allgemeine Charakteristik der für das Durchschlagen schmiedeiserner Walzplatten aufgestellten Formeln geben.

Zu diesem Zwecke und mit Bezug auf Späteres ist es vorthellhaft, nachstehende allgemeine Bezeichnungen, bei gleichzeitiger Angabe der in der Abhandlung eingestellten Mass- und Gewichtseinheiten, einzuführen.

$2r$ Kaliber in cm ,

p Gewicht in kg und

v Geschwindigkeit des Geschosses in m ;

$$E = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{pv^2}{2g} \text{ totale Energie,}$$

$$\varepsilon = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{pv^2}{2g \cdot 2r\pi} \text{ Umfangs-Energie und}$$

$$e = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{pv^2}{2g \cdot r^2\pi} \text{ Querschnitts-Energie des Geschosses}$$

(sämmtlich in mT);

$k = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{\rho v}{r^2 \pi}$ auf die Einheit des Querschnitts entfallende Arbeitsstärke des Geschosses in mT ; endlich s Durchschlagsvermögen des Geschosses in cm .

Die gesammten Panzerformeln kann man in vier Gruppen theilen, welche durch folgende Gleichungen charakterisirt werden.

$$\begin{aligned} s &= a \cdot f(e, 2r) \dots\dots\dots \text{I.} \\ s &= b \cdot f(k) \dots\dots\dots \text{II.} \\ s &= c \cdot f(\varepsilon) \dots\dots\dots \text{III.} \\ s &= d \cdot f(e) \dots\dots\dots \text{IV.} \end{aligned}$$

Demnach wird das Durchschlagsvermögen eines Geschosses

- 1.) als eine Function der Querschnitts-Energie (d. i. die pro Einheit des Geschoss-Querschnittes entfallende Energie) und des Kalibers, oder
- 2.) als eine Function der auf die Querschnittseinheit entfallenden Arbeitsstärke, oder
- 3.) als eine Function der Umfangs-Energie (Energie pro Einheit des Geschossumfanges), oder endlich
- 4.) als eine Function der Querschnitts-Energie allein hingestellt.

Welche dieser Anschauungen das meiste Vertrauen verdient, muss vorläufig dahin gestellt bleiben, denn es lässt sich in dieser Richtung erst dann urtheilen, wenn man die Ergebnisse mehrerer möglichst einwandfreier Versuche mit den Resultaten vergleicht, welche nach den besseren Formeln der verschiedenen Anschauungen entspringen.

Somit ist zunächst das Eingehen auf einige der wichtigeren Panzerformeln geboten.

II. Krupp'sche Panzerformel. — Tabellen zur Bestimmung des Durchschlagsvermögens der Geschosse nach dieser Formel.

Für Krupp'sche Stahlgeschosse besteht nach einer vor kurzem publicirten Abhandlung der Firma Krupp «Über das Durchschlagen von Panzerplatten», Essen 1885, zwischen dem Durch-

schlagsvermögen s , dem Kaliber $2r$ und der Querschnitts-Energie e des Geschosses die Relation:

$$s = (2r)^{3/4} \cdot (10e)^{3/4} \cdot \dots \dots \dots \text{I.}$$

Stellt man sich daher für den Kaliber $2r = 1 \text{ cm}$ eine Tabelle auf, welche für die Reihe der e -Werte die Werte für $(10e)^{3/4}$ enthält, so kann man mit Hilfe dieser Tabelle das nach der Krupp'schen Formel resultirende Durchschlagsvermögen s eines Geschosses vom Kaliber $2r$ beinahe ohne Rechnung bestimmen. Man hat nämlich nur den Wert für $(10e)^{3/4}$ mit $(2r)^{3/4}$ zu multipliciren und erhält s in Centimeter.

Die Tabelle kann selbstverständlich auch für die logarithmische Berechnung eingerichtet sein; dann muss sie die Reihe der e -Werte und die Reihe der Werte für $\log (10e)^{3/4}$ enthalten.

Ich habe nun für beide Rechnungsweisen die erwähnten Tabellen zusammengestellt und sie so weit ausgedehnt, als es mir mit Rücksicht auf Späteres für die Praxis nothwendig schien. Dabei habe ich die Genauigkeit so weit getrieben, dass man mit Hilfe der Tabellen die zu suchende Grösse stets mit hinreichender Schärfe bestimmen kann.

Die Einrichtung dieser, auf den Seiten 4 und 5 befindlichen Tabellen ist analog jener der Logarithmen-Tafeln. Die erste Spalte enthält die ganzen Metertonnen von e , die folgenden Spalten sind, entsprechend den Zehntel-Metertonnen von e , mit 0 bis 9 überschrieben und enthalten in Tabelle I die Werte von $(10e)^{3/4}$, in Tabelle II die Brigg'schen Logarithmen dieser Werte. In der letzten, mit «Diff.» überschriebenen Spalte sind — soweit ich dies für praktisch erachtete — die grössten und kleinsten Differenzen für je zwei aufeinander folgende Tafelwerte derselben Horizontalreihe eingetragen; man kann daher in der Regel ohne Rechnung den Wert für Hundertstel-Metertonnen von e aus der Position des zu benützendes Tafelwertes hinlänglich richtig beurtheilen.

Ausser den Werten für e , $(10e)^{3/4}$ und $\log (10e)^{3/4}$ benöthigt man, je nach den Aufgaben, welche mit Hilfe der Tabellen gelöst werden

* Zum erstenmale erschien diese Formel im Berichte Nr. 31 (Versuche am 29. und 30. März 1882) der Firma Krupp; dann finden wir sie in verschiedenen Schreibweisen in diversen Publicationen, z. B. auf Seite 107 des «Almanachs für die k. k. Kriegs-Marine», Jahrgang 1883.

Tabelle I. Werte der $(10e)^{3/4}$,
 e = Energie pro cm^2 Geschossquerschnitt in mT ; ϵ = Energie pro cm Geschossumfang in mT .

e	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.
0	—	1.000	1.682	2.280	2.828	3.344	3.834	4.304	4.757	5.196	verändert.
1	5.624	6.040	6.448	6.846	7.238	7.622	8.000	8.372	8.739	9.101	415—357
2	9.458	9.810	10.158	10.502	10.843	11.180	11.514	11.845	12.172	12.497	352—322
3	12.819	13.138	13.455	13.769	14.081	14.390	14.697	15.002	15.305	15.607	319—299
4	15.905	16.202	16.498	16.792	17.084	17.374	17.663	17.950	18.236	18.520	297—283
5	18.803	19.084	19.364	19.643	19.920	20.196	20.471	20.745	21.017	21.288	281—270
6	21.558	21.827	22.095	22.362	22.627	22.892	23.156	23.419	23.681	23.941	269—259
7	24.200	24.458	24.716	24.973	25.229	25.484	25.739	25.993	26.246	26.498	258—251
8	26.749	26.999	27.249	27.498	27.746	27.994	28.241	28.488	28.733	28.977	250—243
9	29.220	29.463	29.705	29.947	30.188	30.429	30.669	30.908	31.147	31.385	243—238
10	31.623	31.860	32.096	32.332	32.567	32.802	33.036	33.269	33.502	33.734	237—232
11	33.966	34.197	34.428	34.658	34.888	35.117	35.346	35.574	35.802	36.030	231—227
12	36.257	36.484	36.710	36.936	37.161	37.386	37.610	37.833	38.056	38.278	227—222
13	38.500	38.722	38.943	39.164	39.385	39.605	39.825	40.044	40.263	40.482	222—218
14	40.700	40.918	41.135	41.352	41.569	41.785	42.001	42.217	42.432	42.647	218—215

Hilfswerte für die Kaliber 27.

$2r$	12	14.91	17.26	20.93	24	26	28	30.5	35.5	40	43	45 cm
$(2r)^{1/4}$	1.861	1.905	2.038	2.139	2.213	2.258	2.301	2.350	2.441	2.515	2.561	2.590
$2r\pi$	37.699	40.841	54.224	65.754	75.368	81.681	87.965	95.819	111.527	125.66	135.09	141.37
$r^{3/2}\pi$	113.10	174.60	233.98	344.06	452.39	530.93	615.75	730.62	989.80	1250.64	1452.20	1590.43
$\frac{\epsilon}{2} = \frac{1}{2}r$	3.000	3.728	4.315	5.233	6.000	6.500	7.000	7.625	8.875	10.000	10.750	11.250
$(40)^{3/4} \cdot (2r)^{-1/2}$	4.592	4.119	3.829	3.477	3.246	3.119	3.006	2.880	2.670	2.515	2.426	2.371

Tabelle II. Werte der $\log(10e)^{3/4}$.

e = Energie pro cm^2 Geschossquerschnitt in mT ; ε = Energie pro cm Geschossumfang in mT .

e	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.
0	neg.	0.00000	0.22577	0.35784	0.45155	0.52423	0.58361	0.63382	0.67732	0.71568	verändert.
1	0.75000	.78104	.80939	.83546	.85960	.88207	.90309	.92284	.94145	.95906	3104—1071
2	0.97577	.99166	1.00681	1.02129	1.04840	1.07354	1.09681	1.11884	1.13959	1.15903	1389—1103
3	1.10784	1.11852	1.12886	1.13888	1.14860	1.15804	1.16722	1.17615	1.18484	1.19333	1068—825
4	1.20155	.20959	.21744	.22511	.23260	.23992	.24708	.25408	.26093	.26764	804—658
5	2.27422	.28067	.28700	.29321	.29930	.30528	.31115	.31691	.32257	.32814	645—547
6	1.33361	.33900	.34429	.34949	.35463	.35968	.36466	.36956	.37438	.37914	539—468
7	1.38382	.38844	.39300	.39749	.40192	.40630	.41061	.41487	.41907	.42322	402—409
8	1.42731	.43135	.43535	.43930	.44320	.44706	.45088	.45465	.45838	.46206	404—363
9	1.46569	.46928	.47283	.47635	.47983	.48328	.48670	.49008	.49342	.49673	359—327
10	1.50000	.50324	.50645	.50963	.51278	.51590	.51899	.52204	.52507	.52807	324—297
11	1.53104	.53399	.53691	.53980	.54267	.54552	.54834	.55113	.55390	.55665	295—273
12	1.55938	.56210	.56479	.56746	.57010	.57271	.57530	.57787	.58042	.58295	272—251
13	1.58546	.58795	.59043	.59289	.59533	.59775	.60016	.60254	.60491	.60726	249—233
14	1.60959	.61191	.61421	.61650	.61877	.62102	.62326	.62548	.62769	.62989	232—218

Hilfswerte für die Kaliber $2r$.

$2r$	12	14.91	17.26	20.93	24	26	28	30.5	35.5	40	43	45 cm
$\log(2r)^{1/4}$	0.26980	.29337	.30926	.33019	.34595	.35374	.36179	.37108	.38756	.40052	.40837	.41330
$\log 2r\pi$	1.57633	.67003	.73419	.81792	.87736	.91212	.94431	.98145	2.04758	.09921	.13002	.15936
$\log r^2\pi$	2.05345	.24205	.30915	.53063	.65551	.72504	.78941	.80309	.99550	3.09921	.10203	.20151
$\log \frac{\varepsilon}{e} = \log \frac{1}{2}r$	0.47712	.57142	.63498	.71871	.77815	.81291	.84510	.88224	.94817	1.00000	.03141	.05115
$\log(40)^{3/4} \cdot (2r)^{-1/4}$	0.66195	.61481	.58302	.54116	.51144	.49406	.47797	.45940	.42643	.40052	.38481	.37494

sollen, auch einige allgemeine Werte, welche ich Hilfwerte nennen will und den Tabellen für eine Reihe von Kalibern beifügte.

Den Gebrauch der Tabellen wird die Lösung einiger Aufgaben vollends erläutern:

1.) Gegeben der Kaliber $2r = 28 \text{ cm}$ und die Querschnitts-Energie $e = 2.72 \text{ mT}$ des Geschosses; zu suchen das Durchschlagsvermögen s .

Man entnimmt der Tabelle I:

$$e^{3/4} = 11.910$$

und findet bei Benützung des Hilfwertes $(2r)^{1/4} = (28)^{1/4} = 2.301$ das Durchschlagsvermögen

$$s = 11.91 \cdot 2.301 = 27.40 \text{ cm.}$$

2.) Gegeben der Kaliber $2r = 14.91 \text{ cm}$ und die totale Energie $E = 908 \text{ mT}$ des Geschosses; zu suchen s .

Diese Aufgabe wird auf die vorige zurückgeführt, indem man mit Benützung des Hilfwertes $r^{2\pi} = 174.6$ die Querschnitts-Energie $e = 5.20 \text{ mT}$ bestimmt, worauf man mit Hilfe der Tabelle I rasch $s = 38.05 \text{ cm}$ findet.

3.) Gegeben der Kaliber $2r = 26 \text{ cm}$ und die Umfangs-Energie $\varepsilon = 44.25 \text{ mT}$; zu bestimmen das Durchschlagsvermögen s .

Diese Aufgabe liesse sich gleichfalls auf jene 1.) zurückführen, denn zwischen Querschnitts- und Umfangs-Energie besteht die Relation:

$$e : \varepsilon = \frac{1}{r^{2\pi}} : \frac{1}{2r\pi} = 2 : r, \dots \dots \dots a)$$

woraus für den vorliegenden Fall $e = 6.81 \text{ mT}$ und $s = 53.53 \text{ cm}$ entspringt. Diese Rechnung ist zwar sehr einfach, aber sie kann noch theilweise umgangen werden. Substituirt man nämlich den aus Gleichung a) für e resultirenden Wert in Formel 1.), so geht diese über in:

$$s = (2r)^{1/4} \cdot 10^{3/4} \cdot \left(\frac{4\varepsilon}{2r}\right)^{3/4} = \frac{(40)^{3/4}}{(2r)^{1/2}} \cdot \varepsilon^{3/4} \dots \dots \dots 1.a)$$

Man kann somit, wie die Gleichung 1. a) lehrt, die Tabellen auch bei gegebener Umfangs-Energie benützen, nur bestimmt man dann mit Hilfe derselben statt $(10e)^{3/4}$, respective $\log (10e)^{3/4}$, die Grösse $\varepsilon^{3/4}$, beziehungsweise $\log \varepsilon^{3/4}$, und bedient sich der Hilfwerte $\frac{(40)^{3/4}}{(2r)^{1/2}}$ oder $\log \left[\frac{(40)^{3/4}}{(2r)^{1/2}} \right]$.

Für die hier gestellte Aufgabe erhält man mit Hilfe der Tabelle I:

$$\varepsilon^{3/4} = (44 \cdot 25)^{3/4} = 17 \cdot 157$$

und

$$s = 17 \cdot 157 \cdot 3 \cdot 119 = 53 \cdot 51 \text{ cm.}$$

4.) Gegeben der Kaliber $2r = 28 \text{ cm}$ und ein Summenpanzer, welcher aus zwei hintereinander befindlichen Platten von den Dicken $s_1 = 12'' \text{ engl.} = 30 \cdot 5 \text{ cm}$ und $s_2 = 8'' \text{ engl.} = 20 \cdot 3 \text{ cm}$ besteht; zu ermitteln die zum Durchschlagen jeder und beider Platten nöthige totale, Querschnitts- und Umfangs-Energie des Geschosses.

Zum Durchschlagen der ersten und zweiten Platte sind die vorläufig noch unbekanntenen Energien E_1 , e_1 und ε_1 , respective E_2 , e_2 und ε_2 nöthig, und es bestehen beispielsweise laut Gleichung 1.) folgende einfache Relationen:

$$s_1 = (2r)^{1/4} \cdot (10e_1)^{3/4} \text{ und } s_2 = (2r)^{1/4} (10e_2)^{3/4}.$$

Man findet daher beim Übergange auf die besonderen Zahlenwerte der Aufgabe

$$(10e_1)^{3/4} = \frac{30 \cdot 5}{2 \cdot 301} = 13 \cdot 260 \text{ und } (10e_2)^{3/4} = \frac{20 \cdot 3}{2 \cdot 301} = 8 \cdot 825,$$

somit mit Hilfe der Tabelle I:

$$e_1 = 3 \cdot 14, e_2 = 1 \cdot 82, e_1 + e_2 = 4 \cdot 96 \text{ mT.}$$

Ferner, weil für $2r = 28 \text{ cm}$, $\varepsilon = 7e$ ist,

$$\varepsilon_1 = 21 \cdot 98, \varepsilon_2 = 12 \cdot 74, \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 34 \cdot 72 \text{ mT,}$$

und, wegen $E = 615 \cdot 75e$,

$$E_1 = 1933 \cdot 5, E_2 = 1120 \cdot 7, E_1 + E_2 = 3054 \cdot 2 \text{ mT.}$$

Die logarithmische Rechnung, welche selbstverständlich ebenfalls anwendbar ist, führt vielleicht noch rascher zum Ziele, weil man mit derselben immerhin einige kleine Multiplicationen und Divisionen umgeht. Führen wir daher das Beispiel durch, und zwar etwa derart, dass zunächst die Werte $\log \varepsilon_1$ und $\log \varepsilon_2$ bestimmt werden. Man hat:

$$\log s_1 = 1 \cdot 48430, \log s_2 = 1 \cdot 30750$$

$$\log (40)^{3/4} (2r)^{-1/2} = 0 \cdot 47797, \quad = 0 \cdot 47797$$

$$\log \varepsilon_1^{3/4} = 1 \cdot 00633, \log \varepsilon_2^{3/4} = 0 \cdot 82953,$$

folglich:

$$\log \varepsilon_1 = 1 \cdot 34177, \log \varepsilon_2 = 1 \cdot 10604.$$

Nun bestimmt man, mit Benützung der betreffenden Hilfwerte,

$$\begin{aligned} \log e_1 &= 0.49667, \log e_2 = 0.26094 \\ \log E_1 &= 3.28608, \log E_2 = 3.05035, \end{aligned}$$

und sodann in einer Reihenfolge

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= 21.97, \varepsilon_2 = 12.77, \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 34.74 \text{ mT}; \\ e_1 &= 3.14, e_2 = 1.82, e_1 + e_2 = 4.96 \text{ mT}; \\ E_1 &= 1932, E_2 = 1123, E_1 + E_2 = 3055 \text{ mT}. \end{aligned}$$

5.) Gegeben der Kaliber $2r = 12 \text{ cm}$, die Dicke $s_1 = 12 \text{ cm}$ der Platte, welche beschossen wird, und eine der Grössen E, e oder ε , z. B. $E = 150 \text{ mT}$; zu bestimmen der nach dem Durchschlagen der Platte eventuell bleibende Energie-Rest E_2 und die Dicke s_2 jener Platte, welche, hinter der ersten aufgestellt, noch durchschlagen werden könnte.

Wir wollen die Aufgabe mit Hilfe der Tabelle I lösen und die den Plattendicken s_1 und s_2 zugehörigen Grössen mit dem Index «1», respective «2» versehen. Man hat zunächst $E = 150 \text{ mT}$,

folglich $e = \frac{150}{113.097} = 1.33 \text{ mT}$. Für das Durchschlagen einer

Platte von 1 Kaliber Dicke geht (wegen $2r = s$) die allgemeine Gleichung 1.) über in:

$$s = s^{1/4} (10e)^{3/4},$$

woraus sofort

$$s = 10e \dots \dots \dots \text{I. b)}$$

entspringt.

Diese Gleichung drückt die seinerzeit von der Firma Krupp für relativ kleine Energien aufgestellte Gedächtnisregel «soviel Decimeter Eisen als Metertonnen Querschnitts-Energie» aus und führt im gegebenen Beispiele zu $e_1 = 1.2 \text{ mT}$.

Dem Geschosse bleibt somit nach der Durchschlagung der 12 cm Platte noch eine Querschnitts-Energie $e_2 = 0.13 \text{ mT}$ und eine totale Energie $E_2 = 2.42 \text{ mT}$.* Für diesen Energie-Rest ergibt sich $s_2 = 2.24 \text{ cm}$, d. h. es könnte das 12 cm Geschoss noch eine circa 12zöllige Innenhaut durchschlagen.

* Die Lösung von Aufgaben, wo geringe Energien ins Spiel kommen, bestimmte mich, die Tabellen nach abwärts, d. h. für kleine Energien, hinreichend weit auszu-dehnen, während die bedeutende Ausdehnung der Tabellen nach aufwärts für mächtige Kaliber, und zwar namentlich beim Rechnen mit den Umfangs-Energien, nothwendig war.

6.) Gegeben die französische 27 cm Kanone mit $2r = 27.44 \text{ cm}$ und eine 40 cm Platte; zu ermitteln die nöthige Umfangs-Energie ϵ jenes guten Stahlgeschosses, welches die Platte gerade noch durchschlagen soll.

Diese Aufgabe weist einen Zwischenkaliber auf, für welchen die Hilfwerte in den Tabellen zwar nicht angeführt sind, aber näherungsweise rasch bestimmt werden können. Wird Tabelle I benützt, so ergibt sich der hier nöthige Hilfwert $\frac{40^{3/4}}{\sqrt{27.44}}$ genau mit 3.0365, hingegen durch Proportionalrechnung nach den angesetzten Hilfwerten für $2r = 26 \text{ cm}$ und $2r = 28 \text{ cm}$ mit 3.0354; mit diesen beiden Werten erhält man $\epsilon^{3/4} = 13.173$, respective 13.178, was zu praktisch gleichen ϵ -Werten, nämlich zu $\epsilon = 31.11$ und 31.12 mT führt. Dies beweist, dass die beiden Tabellen auch für Zwischenkaliber brauchbar sind und dass es genügt, die Hilfwerte durch Proportionalrechnung zu bestimmen.

III. Die Frolow'schen Formeln. — Übergang zu den Formeln der dritten und vierten Anschauung.

Die zweite Auffassung, «es sei das Durchschlagsvermögen eines Geschosses von der auf seine Querschnittseinheit entfallenden Arbeitsstärke oder — wie Frolow sie nennt — Durchschlagskraft abhängig,» wird durch die Frolow'schen Formeln ausgedrückt. Diese Formeln lauten:

a) für Panzerstärken s grösser als 10 cm:

$$s + 4 = \frac{1}{3} \cdot \frac{pv}{(2r)^2}; \dots\dots\dots 2.)$$

b) für Panzerstärken s' bis 10 cm:

$$s' = \frac{1}{4.878} \cdot \frac{pv}{(2r)^2} \dots\dots\dots 3.)$$

Die Gleichungen 2.) und 3.) lassen sich, wenn man allgemein das Durchschlagsvermögen mit s bezeichnet, durch

$$s + const = A \cdot \frac{pv}{(2r)^2} \dots\dots\dots 4.)$$

ersetzen, welche Gleichung nunmehr in unseren weiteren Betrachtungen als Ausgang dienen soll.

Zunächst wird die Gleichung 4.) durch Einführung von $k = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{p v}{r^2 \pi}$ auf die typische Form $s = b \cdot f(k)$ gebracht und lautet dann:

$$s + const = 10^3 \cdot \frac{\pi}{4} A \cdot k \dots \dots \dots 4.a)$$

Wird in Gleichung 4.) das Geschossgewicht durch eine Function des Kalibers ersetzt, also $p = C(2r)^3$ eingeführt, so ergibt sich:

$$s + const = AC \cdot 2r \cdot v \dots \dots \dots 4.b)$$

Führt man in Gleichung 4.a) statt k die Umfangs- oder Querschnitts-Energie ε , beziehungsweise e ein, so entspringt, wegen $k =$

$$= 8g \frac{\varepsilon}{2r \cdot v} = 2g \frac{e}{v},$$

$$s + const = 10^3 2g \pi A \frac{\varepsilon}{2r \cdot v} \dots \dots \dots 4.c)$$

$$s + const = 10^3 \frac{g \pi}{2} A \frac{e}{v} \dots \dots \dots 4.d)$$

Es ist daher vermöge der Gleichungen 4. b) und 4. c):

$$2r \cdot v = \sqrt{10^3 \frac{2g \pi}{C} \cdot \varepsilon},$$

folglich:

$$s + const = A \sqrt{10^3 \cdot C \cdot 2g \pi} \sqrt{\varepsilon} \dots \dots \dots 4.e)$$

Ferner ist, wegen $\varepsilon = \frac{r}{2} e$, auch

$$s + const = A \sqrt{\frac{10^3 C \cdot g \pi}{2}} \cdot \sqrt{e \cdot 2r} \dots \dots \dots 4.f)$$

Die Gleichung 4. e) enthält den Factor C der Geschoss-Construction. Nachdem nun derzeit vorzugsweise zwei Gattungen von Panzergeschossen ins Auge zu fassen sind, von denen die schweren 3.5 Kaliber lang sind, während die leichten meistens eine Länge von 2.8 Kaliber aufweisen, die Geschosse desselben Typs aber einander nahezu ähnlich construirt sind, so ist auch der Factor C der Geschoss-Construction für Geschosse des gleichen Typs nahezu constant, und es kann für die schweren (3.5 Kaliber langen) Geschosse $C = 0.0155$, für leichte (2.8 Kaliber lange) Projectile $C_1 = 0.0116$ gesetzt werden.

Vergleicht man die Formeln 4. c) und 4. d) mit jenen der Firma Krupp, so kommt man zu folgenden Schlüssen:

1.) Bei constanter Umfangs-Energie wächst nach der Krupp'schen Anschauung das Durchschlagsvermögen bloss mit der Abnahme des Kalibers, nach Frolow hingegen ausserdem mit der Abnahme der Geschwindigkeit.

2.) Bei constanter Querschnitts-Energie wächst das Durchschlagsvermögen nach Krupp mit dem Kaliber, nach Frolow mit der Abnahme der Geschwindigkeit.

Diese beiden Folgerungen weisen darauf hin, dass nach der Anschauung Frolow's bei einerlei Kaliber und gleicher Energie das schwerere Geschoss im Vortheil ist. Es kann nämlich die Energie E (oder ε , beziehungsweise e) sowohl mit dem grösseren Geschoss-gewichte p und der kleineren Geschwindigkeit v , als auch mit dem kleineren Geschoss-gewichte p_1 und der grösseren Geschwindigkeit v_1 erreicht werden, wenn nur $p v^2 = p_1 v_1^2$ bleibt; dann ergibt sich aber, wegen $v < v_1$, sofort $\frac{p v^2}{v} > \frac{p_1 v_1^2}{v_1}$, d. h. es ist bei einerlei Kaliber und Energie die Arbeitsstärke und folglich nach Frolow auch das Durchschlagsvermögen beim schwereren Geschosse grösser als beim leichteren Projectile.

Die Firma Krupp betont dies im Anhang zu ihrem Berichte Nr. 47 gleichfalls und bemerkt, dass nach ausgeführten Schiessversuchen ihre 3.5 Kaliber langen Geschosse um ca. 10% durchschlagsfähiger sind als ebenso gute, mit gleicher Energie begabte kalibergleiche Geschosse von 2.5 Kaliber Länge, — aber die Formeln der Firma Krupp bringen diese Ansicht nicht zum Ausdruck. So recht deutlich kann man die oben ausgesprochene Anschauung aus der Frolow'schen Gleichung 4. e) herauslesen, nach welcher für Geschosse verschiedenen Typs das Durchschlagsvermögen (mehr der Constanten) der Quadratwurzel aus $C\varepsilon$ (Factor der Geschoss-Construction und Umfangs-Energie) proportional ist, während für Geschosse gleichen Typs das Durchschlagsvermögen nur mit der Umfangs-Energie wächst; haben somit ein 12 cm und ein 40 cm Geschoss den gleichen Factor der Geschoss-Construction und dieselbe Umfangs-Energie, so ist nach Frolow ihr Durchschlagsvermögen das gleiche.

Zum Rechnen mit den Frolow'schen Gleichungen sind umstehend die nöthigen allgemeinen Hilfwerte und die nothwendigen Daten über schwere und leichte Geschosse Krupp'scher Construction zusammengestellt.

1.) Formeln für $s > 10$ cm.

$$s + 4 = \frac{1}{3} \frac{pv}{(2r)^2} = 261 \cdot 8 k = 20541 \frac{\epsilon}{2r \cdot v} = 5135 \cdot 4 \frac{e}{v}$$

2.) Formeln für $s \leq 10$ cm.

$$s = 0 \cdot 2046 \frac{pv}{(2r)^2} = 161 \cdot 0 k = 12633 \frac{\epsilon}{2r \cdot v} = 3158 \cdot 2 \frac{e}{v}$$

<i>2r...cm</i>	12	14·91	17·26	20·93	24	26	28	30·5	35·5	40
3·5 Kaliber lange Geschosse Krupp'scher Construction.										
<i>p...kg</i>	26	51	78	140	215	275	345	455	725	1050
<i>C....</i>	01505	01539	01517	01527	01555	01565	01572	01604	01621	01641
2·8 Kaliber lange Geschosse Krupp'scher Construction.										
<i>p...kg</i>	20	39	60	108	160	205	255	329	525	740
<i>C....</i>	01157	01177	01167	01178	01157	01166	01162	01160	01174	01156

Die Frolow'sche Gleichung 4. e) bildet den zwanglosen Übergang zur dritten Anschauung. Wird nämlich der Factor der Geschossconstruction constant, so hat man sofort

$$s = c \cdot f(\epsilon), \dots \dots \dots \text{III.})$$

welche Form durch eine grosse Zahl von Gleichungen, nämlich durch die Formeln von Noble, Hélie und King, die Formel der Spezia-Commission, die derzeit in Russland* und England

* Nach den «Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», Jahrgang 1883, Seite 434, «gehört die derzeit in Russland meist benützte Formel in die Kategorie der sogenannten ‚russischen Panzerformeln‘, bei denen das Durchschlagsvermögen des Geschosses nach der Energie desselben pro Quadratcentimeter oder Quadratzoll des Geschossquerschnittes beurtheilt wird». Diese Anschauung beruht auf einem Irrthume, denn die Formel hat die Form:

$$s = a \left(\frac{pv^2}{2r} \right)^{5/8}$$

und kann somit sofort durch

$$s = a' \left(\frac{pv^2}{2g \cdot 2r\pi} \right)^{5/8} = a' \epsilon^{5/8} = a' \epsilon^{1/6}$$

ersetzt werden, wobei die Constante $a' = a \cdot (2g\pi)^{5/8}$ und ϵ die Umfangs-Energie des Geschosses bezeichnet.

Soll s in Centimeter und ϵ in Metertonnen pro Centimeter Geschossumfang ausgedrückt werden, so lautet nach den von mir benützten Umrechnungszahlen (1' engl. = 2·5399 cm, 1' engl. = 0·3048 m u. 1 Pfd. russ. = 0·409531 kg) die russische Formel:

$$s = 5 \cdot 28984 \sqrt[1.6]{\epsilon} \quad \text{oder} \quad \log s = 0 \cdot 7234424 + \frac{\log \epsilon}{1 \cdot 6}$$

viel benützten Formeln etc. vertreten ist. Alle diese Formeln sagen uns gemeinsam, es sei das Durchschlagsvermögen eines Geschosses bloss von der Umfangs-Energie ε des Projectiles abhängig.

Die vierte Anschauung wird durch die Gleichungen von Mart. de Brettes und Adts ausgedrückt, nach welchen

$$s = d \cdot f(e) \dots \dots \dots \text{IV.})$$

ist. Wie man sieht, unterscheidet sich dieser Ausdruck von jenem

$$s = a \cdot f(e, 2r) \dots \dots \dots \text{I.})$$

nur dadurch, dass nach der ersten (Krupp'schen) Anschauung das Durchschlagsvermögen eines Geschosses nicht nur von seiner Querschnitts-Energie, sondern auch vom Kaliber abhängt. Somit sind — ganz allgemein aufgefasst — die Gleichungen der vierten Gruppe nur ein specieller Ausdruck der Krupp'schen Anschauung.

IV. Allgemeine Vergleiche. — Resultate einiger wichtiger Formeln. — Graphische Darstellungen.

Vermöge der Gleichung 4. e) und vermöge der zwischen ε und e bestehenden Relation:

$$\varepsilon = \frac{r}{2} e$$

zerfallen beim Übergang auf die Umfangs-Energien alle für das Durchschlagen von Solidplatten aufgestellten Formeln in drei Gruppen, von denen die eine durch:

$$s = a \cdot f(\varepsilon), \dots \dots \dots \text{III.})$$

die zweite durch:

$$s = b \cdot F(C, \varepsilon), \dots \dots \dots \text{III. a)}$$

die dritte durch:

$$s = c \cdot \varphi(\varepsilon, 2r) \dots \dots \dots \text{III. b)}$$

charakterisirt wird.

Nach Gleichung III. (Noble, Hélie, King, englische Marine etc.) wächst also das Durchschlagsvermögen nur mit der Umfangs-Energie, nach Gleichung III. a) (Frolow) ausserdem mit

dem Factor der Geschoss-Construction, nach Gleichung III. *b*) (Krupp, M. de Brettes und Adts) mit der Umfangs-Energie und mit dem Abnehmen des Kalibers, d. h. es ist bei constanter Umfangs-Energie das Durchschlagsvermögen desto grösser, je kleiner der Kaliber des Geschosses ist.

Geht man auf die Querschnitts-Energie über, so gelangt man mit Rücksicht auf die Relation $e = \frac{2\varepsilon}{r}$ und die Formel 4. *f*) zu folgender Gleichungsgruppe:

$$s = a' \cdot f(e) \dots\dots\dots \text{IV.}$$

$$s = b' \cdot f(e, 2r) \dots\dots\dots \text{IV. a)}$$

$$s = c' \cdot f(C, e, 2r) \dots\dots\dots \text{IV. b)}$$

Es wächst somit nach Gleichung IV.) (de Brettes und Adts) das Durchschlagsvermögen nur mit der Querschnitts-Energie, nach Gleichung IV. *a*) (Krupp, sowie Noble, Hélie, King, englische Marine etc.) ausserdem mit dem Kaliber, endlich nach Gleichung IV. *b*) (Frolow) überdies mit dem Factor der Geschoss-Construction.

Wir wollen hier nicht untersuchen, weshalb die Anschauungen der verschiedenen Fachmänner so weit auseinander gehen und weshalb selbst bei principiell gleicher Anschauung die Endformeln zu oft sehr weit von einander entfernten Resultaten führen, denn dies würde uns zwingen, die Prämissen der einzelnen Autoren und theilweise auch den Gang der bezüglichen Abhandlungen zu verfolgen, aber auf zwei Umstände möchten wir hier aufmerksam machen, nämlich:

1.) Bei allen Panzerformeln ist eine der Hauptsachen der oder die Erfahrungs-Coëfficienten, und diese krystallisiren sich — je nach den in Betracht gezogenen Versuchsergebnissen — selbst bei gleichen Prämissen verschieden heraus.

2.) Die meisten Panzerformeln sind aus den Daten bestimmter Versuche abgeleitet und können somit nur innerhalb gewisser Grenzen annähernd richtige Resultate liefern.

Zur Beleuchtung dieser Bemerkungen sei es gestattet, Einiges hier anzuführen.

Die vom Capitän W. H. Noble für Langgeschosse mit ogivaler Spitze aufgestellte Gleichung:

$$s = 6.5175 \varepsilon^{1/2} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{0.0235418}} * \dots\dots\dots 5.)$$

gehört, gleich der Formel der Spezia-Commission:

$$s = 6.01921 \varepsilon^{\frac{1}{1.868}} = \sqrt[1.868]{\frac{\varepsilon}{0.03498}} * \dots\dots\dots 6.)$$

und der neueren Gleichung von Hélie:

$$s = 3.6528 \varepsilon^{\frac{1}{1.4}} = \sqrt[1.4]{\frac{\varepsilon}{0.16305}} *, \dots\dots\dots 7.)$$

jener Gleichungsgruppe an, nach welcher das Durchschlagsvermögen nur von der Umfangs-Energie des Geschosses abhängt. In allen drei Gleichungen sind die Constanten empirisch aus Versuchsergebnissen abgeleitet, aber die Versuchsergebnisse waren eben sehr verschieden.

Als Capitän Noble seine Formel aufstellte, waren Panzerplatten von mehr als 1 Kaliber Dicke selten durchschliessbar, und grosse Kaliber konnten, weil sie zu jener Zeit erst in der Entwicklung begriffen waren, nicht nach Gebühr berücksichtigt werden. Als aber die Spezia-(Muggiano-)Commission ihre Versuche ausführte und aus den Resultaten derselben ihre Formel für Panzerstärken von 30 cm bis 55 cm Dicke ableitete, war die Geschützwirkung bereits mächtiger, und es wurden gerade die Resultate, welche man mit guten Hartguss-Geschossen grösserer Kaliber erschoss, in höherem Grade berücksichtigt. Hélie endlich corrigirte die Constanten seiner älteren Gleichungen auf Basis neuerer Ver-

* Diese Formeln geben s in Centimeter, wenn ε in Metertonnen ausgedrückt ist. Die Constanten sind nach der Krupp'schen Abhandlung «Über das Durchschlagen etc.» eingestellt und weichen bei der Noble'schen und Hélie'schen Gleichung von jenen anderer Publicationen etwas ab. So schreibt z. B. der «Almanach für die k. k. Kriegsmarine», Jahrgang 1886, die Noble'sche Gleichung:

$$s = \sqrt{\frac{\varepsilon}{0.023638}}, \dots\dots\dots 5. a)$$

und nach den «Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», Jahrgang 1884, Seite 713, ergibt sich die Hélie'sche Gleichung:

$$s = \sqrt[1.4]{\frac{\varepsilon}{0.17268}} \dots\dots\dots 7. a)$$

Die Gleichungen 5.) und 5. a) geben praktisch gleiche Resultate, während die Gleichung 7. a) s-Werte liefert, welche um 4% kleiner sind, als die aus Formel 7.) entspringenden.

suche und kam hiebei zu seiner neuen Gleichung, welche für Panzerstärken von 15 cm bis 44 cm brauchbare Resultate liefern soll.

Mit Rücksicht auf das Gesagte ist es selbstverständlich, dass die Gleichungen 5.) bis 7.) zu verschiedenen Resultaten führen müssen, wie dies aus den zwei nachstehenden Tabellen entnommen werden kann.

Durchschlagsvermögen bei kleinen Umfangs-Energien.

Durchschlagsgleichung	Energie pro cm Umfang in Metertonnen										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Noble mm	65	92	113	130	146	160	172	184	195	206	252
Spezia-Commission »	60	87	108	126	142	157	170	183	195	209	256·5
Hélie »	36	60	80	98	115	131·5	146·5	161	175	189	253

Durchschlagsvermögen bei mittleren und grossen Umfangs-Energien.

Durchschlagsgleichung	Energie pro cm Umfang in Metertonnen										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Noble mm	291·5	357	412	461	505	545	583	618	652	683·5	714
Spezia-Commission »	299	372	434	489	539	585	628	669	708	745	781
Hélie »	310	415	509	597	680	760	835·5	909	980	1048	1114

Wenn also, wie die vorstehenden Zahlen zeigen, die gleiche principielle Anschauung, «es sei das Durchschlagsvermögen nur von der Umfangs-Energie des Geschosses abhängig,» zu so verschiedenen Resultaten führt, so kann und muss sich bei einer anderen Anschauung ein noch grellerer Unterschied herausstellen. Betrachten wir die Krupp'sche Formel

$$s = \frac{40^{3/4}}{(2r)^{1/2}} \cdot \varepsilon^{3/4}, \dots \dots \dots \text{I. a)}$$

so sieht man sofort, dass sie ein Durchschlagsvermögen indicirt, welches der $\frac{3}{4}$ ten Potenz der Umfangs-Energie direct und der Quadratwurzel aus dem Kaliber verkehrt proportional ist; es muss demnach bei constanter Umfangs-Energie und weit von einander abstehenden Kalibern die Curve für das Durch-

schlagsvermögen des grossen Geschosses tief unter der Durchschlagscurve des kleinen Projectiles liegen. Den Zahlenbeweis für die Richtigkeit dieser Folgerungen bringen die zwei nachstehenden Tabellen.*

Durchschlagsvermögen bei kleinen Umfangs-Energien.

Krupp'sche Panzerformel für	Energie pro <i>cm</i> Umfang in Metertonnen										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
40 <i>cm</i> <i>mm</i>	25	42	57	71	84	96	108	119	130	141	192
28 » »	30	50	68	85	100·5	115	129	143	156	169	229
12 » »	46	77	105	130	153	176	198	219	239	258	350

Durchschlagsvermögen bei mittleren und grossen Umfangs-Energien.

Krupp'sche Panzerformel für	Energie pro <i>cm</i> Umfang in Metertonnen										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
40 <i>cm</i> <i>mm</i>	238	322	400	473	542	609	673	735	795	854	933
28 » »	284	385	478	565	648	727	804	878	950	1021	1090
12 » »	434	589	730	863	990	1111	1228	1342	1452	1560	1665

Wieder andere Resultate ergeben die Frolow'schen Gleichungen. Für Geschosse Krupp'scher Construction von 3·5, beziehungsweise 2·8 Kaliber Länge gelangt man mit Berücksichtigung der für kleine Panzerstärken aus Formel 3.) entspringenden Werte beispielsweise zu folgenden Tabellen.

* Die hinsichtlich ihres Baues der Krupp'schen Formel zunächst stehenden Gleichungen von Adts und M. de Brettes liefern keine brauchbaren Resultate. Man erhält nämlich nach diesen Gleichungen beispielsweise Folgendes:

a) Für $2r = 12 \text{ cm}$.

$$\begin{array}{l}
 \varepsilon = 1, \quad 3, \quad 5, \quad 7, \quad 10, \quad 15 \text{ mT}; \\
 s \left\{ \begin{array}{l} \text{Adts} \\ \text{de Brettes} \end{array} \right. = \begin{array}{l} 37, \quad 101, \quad 155, \quad 204, \quad 269, \quad 364 \text{ mm}; \\ 30, \quad 90, \quad 150, \quad 209, \quad 295, \quad 438 \text{ mm}. \end{array}
 \end{array}$$

b) Für $2r = 40 \text{ cm}$.

$$\begin{array}{l}
 \varepsilon = 1, \quad 5, \quad 10, \quad 20, \quad 40, \quad 60, \quad 80, \quad 100, \quad 120 \text{ mT}; \\
 s \left\{ \begin{array}{l} \text{Adts} \\ \text{de Brettes} \end{array} \right. = \begin{array}{l} 12, \quad 54, \quad 101, \quad 180, \quad 309, \quad 415, \quad 507, \quad 590, \quad 665 \text{ mm}; \\ 9, \quad 45, \quad 90, \quad 180, \quad 352, \quad 520, \quad 684, \quad 844, \quad 1000 \text{ mm}. \end{array}
 \end{array}$$

Durchschlagsvermögen bei kleinen Umfangs-Energien.

Frolow'sche Formeln 2.) u. 3.)	Energie pro <i>cm</i> Umfang in Metertonnen											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	
Schwere Geschosse: $p = 1050, 345, 26 \text{ kg}; C = 0.01641, 0.01572, 0.01505.$												
40 <i>cm</i> <i>mm</i>	65	110	144	172	197	220	241	260	278	295	371	
28 » »	64	106	139	167	192	214	234	253	271	288	362	
12 » »	61	102	135	163	187	209	229	247	264	281	354	
Leichte Geschosse: $p = 740, 225, 20 \text{ kg}; C = 0.01156, 0.01162, 0.01157.$												
40 <i>cm</i> , 28 <i>cm</i> } . . <i>mm</i> u. 12 <i>cm</i> }	54	86	114	138	159	178	195	211	226	241	305	

Durchschlagsvermögen bei mittleren und grossen Umfangs-Energien.

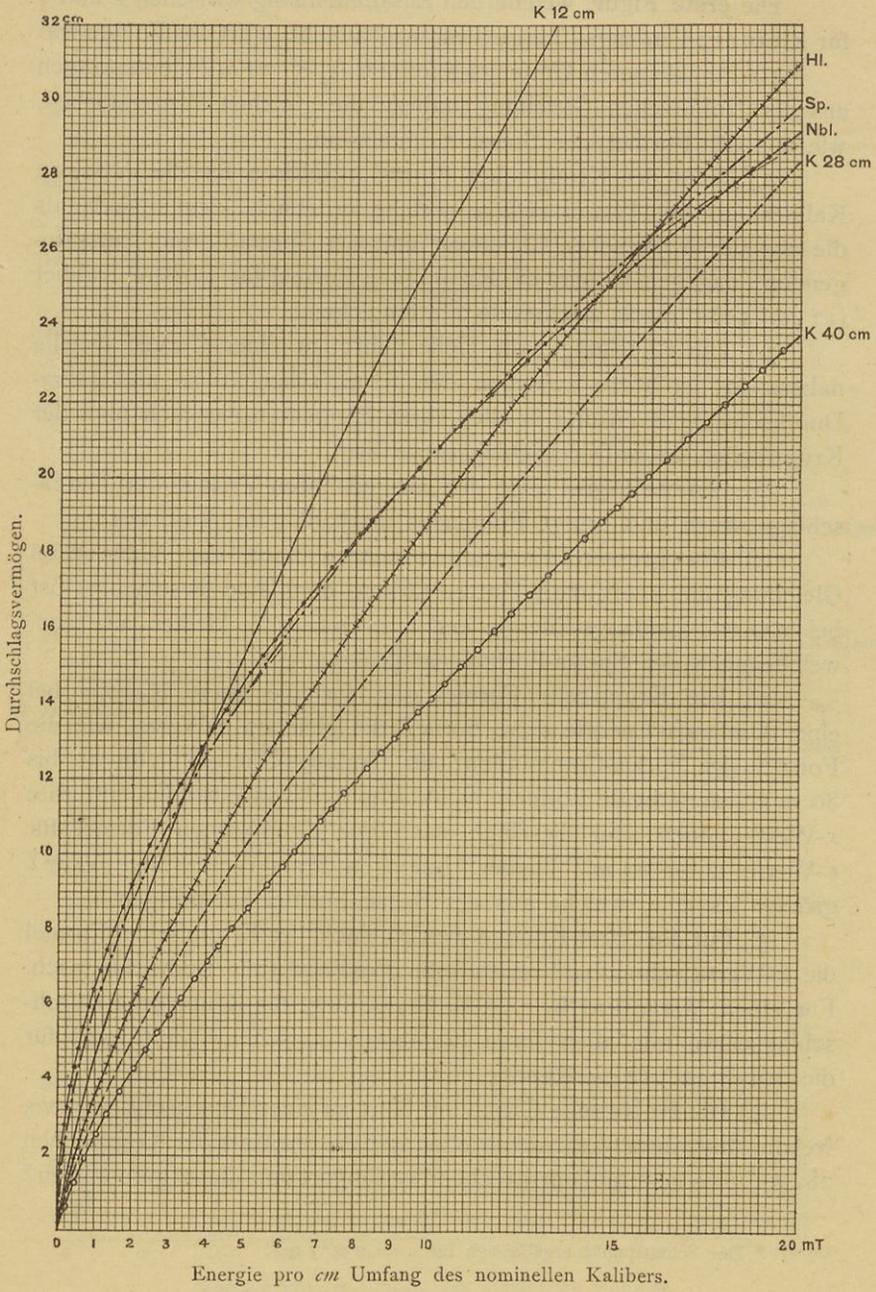
Frolow'sche Formel 2.)	Energie pro <i>cm</i> Umfang in Metertonnen											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Schwere Geschosse: $p = 1050, 345, 26 \text{ kg}; C = 0.01641, 0.01572, 0.01505.$												
40 <i>cm</i> <i>mm</i>	435	541	630	709	781	847	908	965	1019	1070	1122	
28 » »	422	528	616	694	764	828	888	944	997	1048	1096	
12 » »	414	516	602	678	746	809	868	923	975	1025	1073	
Leichte Geschosse: $p = 740, 225, 20 \text{ kg}; C = 0.01156, 0.01162, 0.01157.$												
40 <i>cm</i> , 28 <i>cm</i> } . . <i>mm</i> u. 12 <i>cm</i> }	358	448	523	589	650	706	758	806	852	896	938	

Die in den vorstehenden Tabellen eingestellten Zahlen sagen zwar deutlich, wie sich bei gleichen Umfangs-Energien die nach den verschiedenen Formeln resultirenden Panzerstärken verhalten, aber durch den blossen Zahlenvergleich ist der Überblick über den fortlaufenden Zusammenhang der von einander abhängigen Grössen schwer zu gewinnen, und noch schwieriger ist es, denselben auf die Dauer im Gedächtnis zu behalten. Diese Umstände bestimmten mich, die Daten einiger der erwähnten Tabellen graphisch darzustellen, und zwar habe ich in *Fig. 1* nur die kleinen Umfangs-Energien, dagegen in *Fig. 2* die Umfangs-Energien bis 100 Meter-tonnen berücksichtigt.

In beiden Figuren sind die Umfangs-Energien auf der Abscissen-axe aufgetragen und über derselben die entsprechend beschriebenen Durchschlagscurven derart verzeichnet, dass man mit Hilfe der

Fig. 1.

Durchschlagscurven für Umfangs-Energien bis $\sqrt{20}$ mT.



beigesetzten Masswerte das einer bestimmten Umfangs-Energie ε zugehörige Durchschlagsvermögen s sofort ziemlich scharf ablesen kann.

Die **erste Figur**, welche den Zusammenhang zwischen ε und s für kleinere Umfangs-Energien veranschaulicht, lehrt uns Folgendes:

1.) Bei kleineren Umfangs-Energien ($\varepsilon \lesssim 20 mT$) entspringen aus der Noble'schen Gleichung nahezu die gleichen Panzerstärken, wie aus der Formel der Spezia-Commission.

2.) Nach der Krupp'schen Formel resultiren für die grossen Kaliber (40 cm) Panzerstärken, welche erheblich kleiner sind, als die aus der Noble'schen Gleichung und der Spezia-Formel entspringenden; dagegen indicirt die Krupp'sche Formel für kleine Kaliber (12 cm) sehr rasch wachsende Plattendicken.

3.) Die Gleichung von Hélie führt zu einer Curve, welche nahezu in der Mitte zwischen den Krupp'schen 40cm- und 12cm-Durchschlagscurven und in allen ihren Elementen merklich über der Krupp'schen 28cm-Durchschlagscurve liegt.

Die **zweite Figur** zeigt den ausgedehnten Verlauf der Durchschlagscurven und bringt Folgendes markant zum Ausdruck:

1.) Für grössere Energien resultiren nach der Noble'schen Gleichung die kleinsten Plattenstärken, doch sind dieselben selbst bei 100 mT Umfangs-Energie erst um circa 8% kleiner als jene, welche nach der Spezia-Formel entspringen.

2.) Die Krupp'sche Formel gibt für die 40cm Kanone bei einer Umfangs-Energie $\varepsilon \approx 60 mT$ die gleichen s -Werte, wie die Formel der Spezia-Commission; für Umfangs-Energien von 40 bis 80 mT liefern beide Formeln nicht sehr weit von einander entfernte s -Werte, doch sind dieselben nach der Krupp'schen Formel für ε -Werte unter 60 mT kleiner, hingegen für ε -Werte über 60 mT grösser als jene, welche aus der Spezia-Formel entspringen.

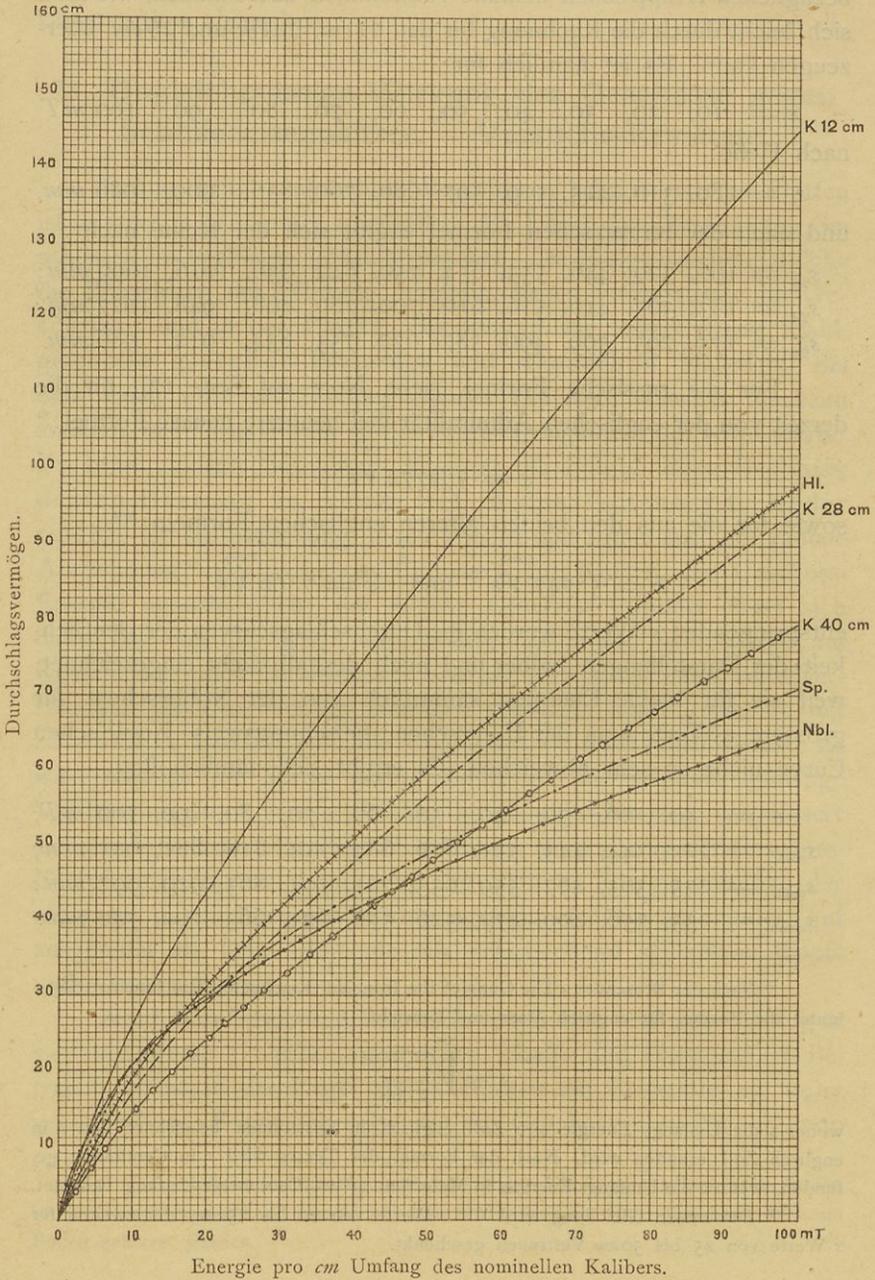
3.) Für die 12cm Kanone werden nach der Krupp'schen Formel die s -Werte schon bald relativ sehr gross und steigen überaus rasch. Für einen Mittelkaliber, z. B. 28 cm, liegt die Krupp'sche Durchschlagscurve mit allen ihren Elementen zwischen den Curven für die 40cm und 12cm Kanone.

4.) Die Hélie'sche Gleichung führt zu einer Durchschlagscurve, welche längs ihrer ganzen Ausdehnung nahe oberhalb der Krupp'schen 28cm-Curve liegt und entsprechend verlängert von dieser geschnitten*

* Der Schnittpunkt ergäbe sich für $\varepsilon = 234.7 mT$.

Fig. 2.

Durchschlagscurven für Umfangs-Energien bis 100 mT.



werden müsste. Für einen etwas kleineren Kaliber muss die Hélie'sche Curve innerhalb der praktisch möglichen Umfangs-Energien mit der bezüglichen Krupp'schen beinahe vollkommen übereinfallen, wie man sich leicht durch die Rechnung für den 21cm, 24cm und 26cm überzeugen kann. Es ist nämlich für:

$\varepsilon = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 \text{ mT}$
nach Hélie:

$s_h = 189, 310, 415, 509, 597, 680, 760, 836, 909, 980 \text{ mm}$,
und nach der Krupp'schen Formel ergibt sich der Reihe nach

$s_{21} = 196, 329, 446, 553, 654, 750, 842, 930, 1016, 1099 \text{ mm}$;

$s_{24} = 183, 307, 416, 516, 610, 700, 786, 868, 948, 1027 \text{ mm}$;

$s_{26} = 175, 295, 399, 496, 587, 672, 755, 834, 912, 986 \text{ mm}$.

Für die russische Formel (siehe Note auf Seite 12), für die derzeit von der englischen Admiralität viel benützte neuere Formel:*

$$s = 5 \cdot 5772 \sqrt[1.6]{\varepsilon},$$

sowie für die aus den beiden älteren englischen Formeln:**

$$s = 5 \cdot 747 \sqrt[1.645]{\varepsilon} \quad \text{und} \quad s = 7 \cdot 66 \sqrt[2.035]{\varepsilon}$$

entspringenden s -Werte wurden die Durchschlagcurven der Deutlichkeit der Darstellungen halber und auch deshalb nicht eingezeichnet, weil sie für kleine Energien sämtlich von der Noble'schen, für grössere ε -Werte von der Hélie'schen, beziehungsweise Noble'schen Curve nicht zu sehr abweichen. Es ergibt sich nämlich für:

$\varepsilon = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 \text{ mT}$;

$s_{\text{russ.}} = 223, 344, 443, 531, 610, 684, 753, 818, 881, 941 \text{ mm}$;

$s_{\text{engl.}} = 235, 363, 467, 559, 633, 721, 794, 863, 929, 992 \text{ mm}$;

$s_{\text{comb.}} = 233, 356, 409, 472, 526, 576, 621, 663, 702, 740 \text{ mm}$.

* Nach der Broschüre «The Guns of the Ironclad 'Riachuelo', Rio Janeiro 1885,» lautet die Formel für englisch Mass und Gewicht

$$s = \sqrt[1.6]{\frac{\varepsilon}{2.33}},$$

wobei ε die Umfangs-Energie pro Zoll englisch in Fusstonnen bezeichnet und s in englisch Zoll erhalten wird. Nach der Formel des Textes wird s in Centimeter gefunden, wenn ε die Umfangs-Energie in Metertonnen pro Centimeter Umfang bedeutet.

** Der ersten Gleichung wird für s -Werte von 10 bis 25cm, der zweiten für s -Werte von 25 bis 50cm Vertrauen geschenkt.

Von der graphischen Darstellung der aus den Frolow'schen Gleichungen entspringenden Resultate wurde namentlich wegen der Abhängigkeit des Durchschlagsvermögens vom Factor der Geschoss-Construction abgesehen.

V. Ungleichmässige Wirkung der Geschosse gegen Schmiedeisenpanzer. — Versuchs-Resultate.

Schon beim senkrechten Beschiessen schmiedeiserner Platten ist es strenge genommen unmöglich, den Effect eines bestimmten Geschosses im vorhinein genau anzugeben. Die Hauptursachen, welche die Präcisirung der Wirkung vereiteln, liegen vorzugsweise im Geschosse und in der Platte. Supponiren wir beispielsweise Stahlgeschosse gleicher Provenienz und desselben Materials. Bei dem einen geht die Härtung minder tief nach abwärts als beim anderen, bei einem dritten ist der Vordringungstheil, der Kopf, härter als beim zweiten Geschosse. Was ist die Folge? Beim Geschoss, dessen Härtung zu wenig tief in den Geschoss-Cylinder reicht, ist die Stauchung dieses Theiles und somit auch die radiale Ausdehnung* des Geschoss-Cylinders auf Kosten der Geschoss-Energie unausbleiblich; der weiche Geschoss-Cylinder muss sich daher das von der Spitze vorgebohrte Loch, und zwar wieder auf Kosten der noch vorhandenen Energie, erweitern, was selbstverständlich das Durchschlagsvermögen schädigt. Beim Geschosse mit zu weicher Spitze sind die Consequenzen noch unliebsamer. Es wird nämlich die Spitze sofort deformirt, die schlanke günstige Vordringungsform wird gedrückt, der Kopfdurchmesser vergrößert sich, und die Arbeit für diese Deformirung wird wieder der Geschoss-Energie entnommen; ferner wird der Rest an Energie vermöge der nunmehr ungünstigeren Vordringungsform der Spitze minder gut ausgenützt als beim Projectile mit entsprechend schlankem Kopfe und scharfer Spitze.

Zieht man Geschosse verschiedener Provenienz oder gar verschiedene Geschossmaterien (Stahl und Hartguss) in Betracht, so ist in der Regel das Verhalten der Projectile ein sehr verschiedenes. Bricht beispielsweise das Geschoss vorzeitig, so kann

* Diese radiale Ausdehnung tritt bei langen Geschossen schon beim Schuss im Rohre auf, was mit ein Grund ist, dass in der Neuzeit derlei Geschosse bis zum Boden gehärtet werden.

es unmöglich befriedigend wirken, denn das auf mehrere Geschossstücke vertheilte Moment ist keine einheitliche, sondern eine zersplitterte Kraft.

Nicht minder einflussreich als das Verhalten des Geschosses ist das Verhalten der Platte, welches vom Plattenmateriale, von der Art der Erzeugung, von der Lagerung der Platte und von vielen anderen Umständen abhängt. Fasst man zunächst eine und dieselbe Platte ins Auge, so leuchtet ein, dass sie schon vor dem ersten Schusse nicht isotrop ist, denn eine Platte von vollends gleichen physikalischen Eigenschaften längs ihrer ganzen Ausdehnung und Dicke ist geradezu undenkbar. Nach dem Choc des ersten Schusses ist die Platte eine andere und zugleich eine noch ungleichmässiger als früher, denn infolge der Verdrängung von Material und infolge der sich durch die ganze Platte fortpflanzenden Erschütterung treten Molecular-Bewegungen auf, welche die Structur der Platte ändern und namentlich bei harten Platten das nachträgliche Entstehen von Rissen und die Erweiterung schon vorhandener Risse und Sprünge bewirken.

Hat man es mit verschiedenen gleich dimensionirten Platten derselben Provenienz und Lieferung zu thun, so kann die ganze Lieferungspartie zwar gut sein, auch sehr gut sein, aber dennoch werden die Platten nicht gleich gut sein, denn die einzelnen Platten sind nicht aus vollends gleichem Materiale gemacht, und selbst die aufmerksamsten und routinirtesten Walzmeister haben es nicht in der Hand, die Hitzen immer genau einzuhalten.

Nun ist aber auch die Erzeugungsweise verschieden, und es wird niemandem einfallen, beispielsweise von der Dillinger-Hütte zu fordern, dass sie ihre Platten genau so wie Cammel & Co. herstelle. Jeder Abnehmer wird zwar bestimmte Schlussforderungen machen, wie aber der Erzeuger gattirt, schmilzt, hitzt, walzt, härtet, nachlässt, das ist dem Abnehmer zwar interessant, aber am Ende doch ziemlich gleichgiltig, wenn nur das Plattenmaterial, respective die fertige Platte jene Proben gut besteht, welche die Bedingung der Annahme bilden. Offenbar kann man somit nicht fordern und nicht erwarten, dass die Fabriken *A* und *B* Platten liefern werden, deren Verhalten bei der Beschiessung ein vollkommen gleiches ist, denn auf eine derartige Forderung würde kein Fabrikant eingehen, und die Erwartung des vollkommen gleichen Verhaltens hegt man nicht, weil sie sinnlos wäre.

Von Wichtigkeit für das Verhalten der Platte ist ferner auch die Lagerung und die Befestigung derselben. Ist die Platte bloss an den Enden eingespannt, so haben wuchtige Stösse zwischen den Stützpunkten ganz andere Beanspruchungen zur Folge, als bei einer zweiten Platte, welche an den Enden eingespannt und etwa hinter der Stosstelle gestützt ist. Wieder anders wird der Fall, wenn die Platte mit ihrer ganzen Rückfläche auf einer mehr oder minder elastischen Rücklage ruht. Fassen wir z. B. eine gute weiche, elastische und eine sonst gleich gute, aber starre Platte ins Auge, und supponiren wir, beide Platten seien bloss an den Enden eingespannt. Die elastische Platte wird beim Geschossanprall federnd nachgeben, sich auch möglicherweise erheblich durchbiegen, die starre wird senkrecht auf die Verbindungslinie der Stützpunkte brechen, — und weil beim Zerschneiden oder Spalten der Platte im allgemeinen mehr Arbeit geleistet wird, als für eine blosser Deformirung (Durchbiegung), so wird die Hauptarbeit — das Eindringen des Geschosses — bei der elastischen Platte grösser, dagegen die Nebenarbeit — die wie üblich als «Nebenleistung» bezeichnete Bildung von Rissen und Sprüngen etc. — bei der starren Platte bedeutender sein. — Will man die Widerstandsfähigkeit der starren Platte günstig ausnützen, so muss sie sozusagen aufgespannt, d. h. mit vielen Bolzen mit einer nicht zu nachgiebigen Rücklage verbunden sein, dann werden möglicherweise zwar auch Risse und Sprünge entstehen, doch dürften sie seltener durch die ganze Dicke der Platte und nicht bis an die Ränder, sondern bloss bis zu den nächsten Bolzenlöchern gehen.

Bekanntlich wird nun namentlich bei Comparativ-Versuchen den verschiedenen physikalischen Eigenschaften der Materie der einzelnen Platten nicht in vollem Umfange Rechnung getragen, sondern man zieht es aus mancherlei, theilweise sehr wichtigen Gründen vor, die verschiedenen Platten gleich zu lagern und zu verbolzen. Die naturnothwendige Folge ist, dass die Lagerung entweder der weichen und zähen Platte oder der härteren und spröderen besser entspricht und sich demgemäss bei der Beschiessung die Hauptarbeit einmal bei dieser, das anderemal bei jener grösser herausstellt. Besonders wichtig wird die Lagerung und Verbolzung dann, wenn die Energie des Geschosses für das Durchschlagen des Panzers nicht mehr vollends ausreicht, weil in diesem Falle gerade die Nebenleistungen noch stärker, und zwar um so stärker hervor-

treten, je weniger die Lagerung und Befestigung der Platte dem Plattenmateriale entspricht.

Wir haben somit in der Art der Lagerung und Verbolzung einer Panzerplatte gleichfalls eine der wichtigen Ursachen der ungleichmässigen Wirkung gleicher Geschosse gegen angeblich gleiche Platten.

Im Vorstehenden sind bei weitem nicht alle jene Momente berührt, geschweige denn beleuchtet, welche es unmöglich machen, die Wirkung eines normal auftreffenden, guten Panzergeschosses gegen eine gute schmiedeiserne Walzplatte im vorhinein zu präzisieren, doch dürfte das Angeführte immerhin zur Überzeugung drängen, dass selbst die für bestimmte Geschosse und Platten aufgestellten Panzerformeln nicht immer zu Resultaten führen können, welche mit jenen des Versuches im Einklange stehen. Oft aber muss sich dieser Einklang ergeben, und selbstverständlich verdienen jene Formeln das meiste Vertrauen, deren Resultate mit jenen möglichst einwandfreier Versuche am besten harmoniren.

Somit ist der Vergleich mit den Resultaten ausgeführter Schiessversuche nothwendig, und deshalb sind in der Tabelle auf Seite 28 und 29 die Ergebnisse einiger Versuche und die nach mehreren Formeln für die Durchschlagung der Ziele und ihrer Theile* nöthigen Umfangs-Energien verzeichnet.

Vergleicht man die Daten des Versuches mit den Resultaten der Rechnung, so zeigt sich Folgendes:

1.) Die Krupp'sche Formel liefert für kleine und mittlere Kaliber und kurze (nicht über 2·8 Kaliber lange) Geschosse sehr brauchbare Resultate; für lange Geschosse gibt sie das Durchschlagsvermögen besonders bei grossen Kalibern etwas zu klein, die nothwendigen Energien zu gross.

* Bei der Rücklage gieng ich auf die verschiedenen Ansichten über die Widerstandsfähigkeit derselben nicht ein, sondern ich ersetzte schätzungsweise die ganze Rücklage durch eine Schmiedeisenplatte, wobei ich mich an die einfache Regel «12 cm Holz = 1 cm Eisen = $\frac{3}{4}$ cm Stahl» hielt. Dieser einfache Ersatz von Holz und Stahl durch Eisen ist zwar aus mancherlei Gründen nicht ganz correct, nachdem aber der Widerstand der Rücklage relativ doch immer sehr gering ist, so wurde ein grösserer Fehler bloss bei starken Rücklagen und auch da nur vorzugsweise beim Rechnen mit der Krupp'schen Formel begangen.

2.) Die Frolow'schen Formeln geben für kleine und mittlere Kaliber brauchbare Resultate, wenn das Ziel aus einer einzigen Platte gebildet ist, welche

nahezu,

gerade noch oder

mit nur geringem Kraftüberschuss

durchschlagen werden kann. — Besteht das Ziel aus mehreren Platten, so sind die Frolow'schen Formeln nicht anwendbar, was aus folgender Betrachtung erhellt.

Beim Krupp'schen $15\text{cm L}/35$ ist für die Durchschlagung jeder 18cm Platte eine Geschwindigkeit von $295 \cdot 2 \text{ m}$ nothwendig. Wollte man daher nur die Arbeitsstärken berücksichtigen, so käme man zu folgendem Schlusse: Das 15cm Geschoss mit $533 \cdot 5 \text{ m}$ Auftreffgeschwindigkeit bleibt in der zweiten 18cm Platte stecken. — Andererseits wäre aber das gleiche Geschoss nach derselben Formel zum Durchschlagen einer Solidplatte von $35 \cdot 8 \text{ cm}$ Dicke befähigt, was sich mit dem Nichtdurchschlagen zweier Platten von der Summendicke der Solidplatte nicht in Einklang bringen lässt.

Geht man hingegen von der Ansicht aus, das Geschoss verliere beim Durchschlagen jeder 18cm Platte nur so viel Energie, als der Geschwindigkeit von $295 \cdot 2 \text{ m}$ entspricht, so bliebe dem Projectile nach der Durchschlagung der ersten, respective zweiten Platte noch eine Umfangs-Energie $\epsilon_1 = 15 \cdot 40 - 4 \cdot 71 = 10 \cdot 69 \text{ mT}$, beziehungsweise $\epsilon_2 = 10 \cdot 69 - 4 \cdot 71 = 5 \cdot 98 \text{ mT}$; demnach könnte das Geschoss selbst eine dritte 18cm Platte noch mit Leichtigkeit durchschlagen, was offenbar zu viel gefordert wäre.

Obgleich nun, wie erwähnt, die Frolow'schen Formeln bloss für kleine und mittlere Kaliber und für dem Geschosse ebenbürtige Solidplatten anwendbar sind, so wurden in der Tabelle dennoch für sämtliche Ziele die aus der zweiten Anschauung entspringenden Rechnungsresultate eingestellt, jedoch dort, wo sie nur wenig Vertrauen verdienen, durch Cursivziffern kenntlich gemacht.

3.) Die vier übrigen Formeln tragen weder dem Kaliber noch dem Factor der Geschoss-Construction Rechnung und sind demnach nicht allgemein anwendbar. Trotzdem geben sie — mit Ausschluß der Spezia-Formel, welche meist auf zu grosse Energien hinweist — theilweise Resultate, welche den Ergebnissen der Versuche nicht widersprechen.

Tabelle über einige Versuchs- und Rechnungs-Resultate.

Hauptquelle	Versuchsort u. Zeit	Geschütz	Geschoss	Ziel, normal zur Schussrichtung, mit Walzeisen-Platten von den Dicken s_1, s_2 und eventuell Rücklage vom Eisenwert s_3	Nöthige Umfangs-Energie für das Durchschlagen				Wirkung und Verhalten des Geschosses	
					Formel	der ersten Platte		der zweiten Platte		d. g. Zieles
						Rücklage				
«Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens», Jahrg. 1880, Seite 304 u. 305.	Shoebury-ness 1879	6zöllige Armstrong-Hinterlad.-Kanone L/24 $2r = 15.24 \text{ cm}$	Stahl $p = 30.3 \text{ kg}$ $v = 535 \text{ m}$ $E = 530 \text{ mT}$ $\epsilon = 11.06 \text{ mT}$ $\ell = 2.904 \text{ »}$	$s_1 = 25.4 \text{ cm}$	Krupp	11.47	.	.	11.47	Die Geschoss-spitze übertragt die hintere Platten-flucht um 21.5 cm ; das Geschoss ist intact.
					Frolov	12.31	.	.	12.31	
					Engl. Adm.	11.66	.	.	11.66	
					Russ.	12.31	.	.	12.31	
«Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens», Jahrg. 1880, Seite 306 u. 307.	Shoebury-ness 1879	8zöllige Armstrong-Hinterlad.-Kanone L/26.5 $2r = 20.32 \text{ cm}$	Hartguss $p = 82.8 \text{ kg}$ $v = 640.3 \text{ m}$ $E = 1731 \text{ mT}$ $\epsilon = 27.11 \text{ mT}$ $\ell = 5.324 \text{ »}$	$s = 41.9 \text{ cm}$	Krupp	27.09	.	.	27.09	Das Geschoss dringt 53 cm tief ein; die Platte wird in drei Stücke zerbrochen.
					Frolov	31.18	.	.	31.18	
					Engl. Adm.	31.20	.	.	31.20	
					Russ.	27.42	.	.	27.42	
Bericht Nr. 31 der Firma Krupp, Seite 18 u. 19, und betreffende Tabelle.	Mep-pen 1882	Krupp'sche 15 cm Kanone L/35 $2r = 14.91 \text{ cm}$	Stahl $p = 49.7 \text{ kg}$ $v = 533.5 \text{ m}$ $E = 721 \text{ mT}$ $\epsilon = 15.40 \text{ mT}$ $\ell = 4.130 \text{ »}$	$s_1 = 18 \text{ cm}$ $s_2 = 18 \text{ »}$ 25 cm Holz entspricht $s_3 = 2.1 \text{ cm}$	Krupp	7.15	7.15	0.56	14.86	Das Geschoss schlägt durch, fliegt noch 300 m weit, ist intact und bloss um 1 mm verkürzt.
					Frolov	4.71	4.71	0.11	9.53	
					Engl. Adm.	6.54	6.54	0.19	13.27	
					Russ.	7.09	7.09	0.23	14.41	
«Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», Jahrgang 1879, Seite 551 u. 552, und Jahrg. 1880, Seite 690.	Mep-pen 1879	Krupp'sche 24 cm Kanone L/25.5 $2r = 24 \text{ cm}$	Stahl $p = 157.2 \text{ kg}$ $v = 564.5 \text{ m}$ $E = 2354 \text{ mT}$ $\epsilon = 33.87 \text{ mT}$ $\ell = 5.645 \text{ »}$	$s_1 = 30.5 \text{ cm}$ $s_2 = 20.5 \text{ »}$ 5 cm Holz entspricht $s_3 = 0.4 \text{ cm}$	Krupp	19.83	11.68	0.05	31.56	Das Geschoss schlägt mit Kraft-überschuss glatt durch und fliegt noch 1200 m weit.
					Frolov	15.29	7.71	0.01	23.01	
					Engl. Adm.	10.41	8.10	0.01	24.52	
					Russ.	10.50	8.74	0.02	25.26	
					Hélie	19.51	11.19	0.04	30.74	
					Spezia	20.73	10.30	0.01	31.04	

«Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», Jahrg. 1880, Seite 629 bis 631.	Pola 1880	Krupp'sche 28 cm Kanone L/22 2r = 28 cm	Stahl p = 253 kg v = 483 m E = 3009 mT ε = 34·21 mT ε = 4·887 »	Krupp Frolow Engl. Adm. Russ. Hélie Spezia	30·91 27·87 27·89 24·85 27·94 33·44	· · · · · ·	· · · · · ·	30·91 27·87 27·89 24·85 27·94 33·44	Die Ternitzer Stahlgranate geht mit Kratüberschuss durch die Platte, bleibt ganz und ist nur wenig gestauch.
«The Guns of the Ironclad <i>Riachuelo</i> », port pag. 4 bis 6, sowie Tafel I und II.	Southport 1883	23 cm Whitworth-Kanone L/30 2r = 22·99 cm	Stahl p = 182 kg v = 579 m E = 3111 mT ε = 43·07 mT ε = 7·493 »	Krupp Frolow Engl. Adm. Russ. Hélie Spezia	33·03 24·09 37·46 31·50 34·37 44·09	· · · · · ·	· · · · · ·	33·03 24·09 37·46 31·50 34·37 44·09	Das Geschoss schlägt d. Ziel durch, dringt tief in die hinter denselben befindliche Sandtraverse und ist intact.
«Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», Jahrg. 1884, Seite 83.	Pola 1883	Krupp'sche 28 cm Kanone L/35 2r = 28 cm	Stahl p = 345 kg v = 515 m E = 4095 mT ε = 53·02 mT ε = 7·576 »	Krupp Frolow Engl. Adm. Russ. Hélie Spezia	31·54 17·99 28·74 25·46 28·52 34·39	· · · · · ·	· · · · · ·	31·54 17·99 28·74 25·46 28·52 34·39	Die Krupp'sche Stahlgranate schlägt das Ziel mit ziemlich grossem Kratüberschuss durch, war kalt und nur wenig gestauch.
«Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», Jahrg. 1877, Seite 34 und 35.	Spezia 1876	100 Tonnen-Armstrong-Vorderlad-Kanone L/27 2r = 43·18 cm	Hartguss p = 907 kg v = 449 m E = 9322 mT ε = 68·72 mT ε = 6·366 »	Krupp Frolow Engl. Adm. Russ. Hélie Spezia	64·52 45·28 55·94 42·50 44·06 62·56	· · · · · ·	· · · · · ·	64·52 45·28 55·94 42·50 44·06 62·56	Das Geschoss durchschlägt das Ziel mit Kratüberschuss. — Geschwindigkeitspro 198 m, Energiestrest pro cm Umfang 13·2 mT.

Krupp'sche Formel: $\epsilon = \frac{1}{40} \sqrt{(2r \cdot s^2)^2}$. — Frolow'sche Formeln: für $s \leq 10 \text{ cm}$ $\epsilon = 0 \cdot 38613 \frac{s^2}{1000 C}$; für $s > 10 \text{ cm}$ $\epsilon = 0 \cdot 14605 \frac{(s+4)^2}{1000 C}$. — Englische Formeln: für $s = 10 \text{ cm}$ bis 25 cm $\epsilon = 0 \cdot 05633 \cdot s^{1 \cdot 645}$; für $s = 25 \text{ cm}$ bis 50 cm $\epsilon = 0 \cdot 01572 \cdot s^{2 \cdot 085}$.

— Russische Formel: $\epsilon = 0 \cdot 06958 \cdot s^{1 \cdot 6}$. — Formel von Hélie für $s = 15 \text{ cm}$ bis 44 cm $\epsilon = 0 \cdot 16395 \cdot s^{1 \cdot 4}$. — Formel der Muggiano-(Spezia-)Commission: für $s = 30 \text{ cm}$ bis 55 cm $\epsilon = 0 \cdot 03498 \cdot s^{1 \cdot 898}$.

Nach diesen Formeln wird ϵ in mT erhalten, wenn $2r$ und s in cm eingestellt sind. — In der Rohrbezeichnung «L/n» bedeutet «n» die Rohrlänge in Kalibern.

Zum Schlusse dieses Abschnittes muss nochmals hervorgehoben werden, dass bis nun zu bloss die Wirkung senkrecht auftreffender Geschosse in Betracht gezogen wurde und sowohl die gebrachten Formeln als auch die graphischen Darstellungen nur für das senkrechte Beschiessen schmiedeiserner Walzplatten Giltigkeit haben sollen. Beim Schrägfeuer stellt sich natürlich die Sache anders. Das Durchschlagsvermögen wird dann offenbar desto kleiner, je grösser der Auftreffwinkel φ (von der Normalen aus gezählt) wird. Für φ -Werte über 30° ist auf eine ausgiebige Durchschlagsarbeit überhaupt nicht mehr zu rechnen, denn das Geschoss legt sich bald flach, gräbt sich eine mehr oder minder lange Mulde und prallt ab oder zerschellt. Für φ -Werte unter 30° werden jedoch die gebrachten Formeln bei der Beurtheilung des Durchschlagsvermögens guter und nicht sofort beim Anprall brechender Geschosse benützt, indem man in den Formeln gewöhnlich die Auftreffgeschwindigkeit v des Geschosses durch die Normal-Componente $v \cdot \cos \varphi$ der Geschwindigkeit ersetzt. Kommen die Energien ins Spiel, so bringt man, da sie dem Quadrat der Geschwindigkeiten proportional sind, den Factor $\cos^2 \varphi$ in Rechnung.

VI. Wirkung der Geschosse gegen Compound- und Stahlplatten.

Wenn sich schon der Effect eines bestimmten Geschosses gegen schmiedeiserne Walzplatten nicht genau angeben lässt, so kann und darf es nicht befremden, dass die Präcisirung der zu erwartenden Panzerwirkung eines Geschosses gegen Compound- und Stahlplatten geradezu unmöglich ist.

Angenommen, es werde eine senkrecht zur Schusslinie gestellte **Compoundplatte*** beschossen.

An der dem Geschütze zugekehrten Seite befindet sich die harte Stahlschicht, welche, allmählich weicher werdend, in die bei-läufig doppelt so dicke Schmiedeisenschicht übergeht. Nun möge das Geschoss mit etwa $450m$ Auftreffgeschwindigkeit anprallen und

* Ich verstehe in dieser Abhandlung unter «Compoundplatte» eine nach dem Patent Wilson oder Ellis erzeugte Panzerplatte, deren Walzeisenschicht ungefähr doppelt so dick ist als die dem Geschütze zugekehrte Stahlschicht. Ich glaube dies hier hervorheben zu müssen, weil hinsichtlich der Compoundplatten wichtige Änderungen (dünnere, harte Stahlschicht, Flusseisen statt des Walzeisens) im Zuge sind.

es versuchen, sich durchzubohren. Das ist, namentlich für lange Projectile, die einen scharfen Drall fordern, keine Kleinigkeit, denn wenn wir 25 Kaliber Enddrall voraussetzen, so macht das 12cm-Geschoss in der Secunde 150, das 40cm-Projectil 45 Rotationen um seine Längsaxe. So beim Auftreffen; wie aber beim Eindringen, wo die Rotationsgeschwindigkeit des Vordringungstheiles progressiv verringert wird, während sich der noch nicht eingedrungene Geschosstheil mit seiner ganzen Winkelgeschwindigkeit fort-drehen will? Soll das Projectile hiebei ganz bleiben, soll es dieser riesigen Torsions-Beanspruchung widerstehen, so muss es aus vorzüglichem, zähem und festem Material erzeugt sein, und es ist à priori klar, dass Hartguss-Geschosse nie vollends befriedigen können. Nur gute Stahlprojectile lassen hoffen, dass sie nicht abgedreht werden.

Die Torsions-Beanspruchung ist es jedoch nicht allein und auch nicht vorzugsweise, welche dem Geschosse gefährlich wird. Zunächst will es durchaus nicht gelingen, Geschosse herzustellen, deren Spitze sich nicht deformirt. Immer und immer wieder tritt uns die aus der nebenstehenden Figur* ersichtliche runzliche Pilzform der Spitze entgegen, und oft ist der Pilz so platt gedrückt, dass ihm die Spitze ganz fehlt. Eine derartige Spitze — wenn sie es überhaupt verdient, noch so genannt zu werden — kann offenbar nicht durchdringen; die ganze Stosskraft setzt sich daher in eine erschütternde, zermalmende Wirkung der harten und spröden Stahlschicht der Platte um.



Dem Geschoss-Cylinder geht es noch schlechter als der Spitze: er zerschellt, — und es ist dabei ziemlich gleichgiltig, ob das Brechen des Cylinders durch die Torsions-Inanspruchnahme eingeleitet wird, oder ob er bis zum Zerknicken gestaucht wird; — er bricht, und die Bruchstücke liegen theils nahe vor dem Panzerziele, theils werden sie weit rück- und seitwärts geschleudert, wäh-

* Die Figur sah ich zum erstenmal in den «Proceedings of the Royal Artillerie Institution», Jahrgang 1882, dann in verschiedenen Fachblättern. Sie bestimmt mich zu einer kurzen Bemerkung: Bei guten Hartguss-Geschossen ist der Pilz gewöhnlich minder platt und kleiner als bei den meisten Stahlprojectilen, dafür aber zerschellt das Hartguss-Geschoss noch vollständiger als das ihm äusserlich gleiche Stahlgeschoss.

rend die Spitze — der Pilz — sich gerne in die Platte förmlich einschweisst und gewöhnlich erst beim nächsten Schuss herausgeprellt wird.

So ist bis nunzu in der Regel selbst das Schicksal der besten derzeit vorhandenen Stahlgeschosse, und es kann — mächtige Compoundpanzer vorausgesetzt — kaum gehofft werden, dass man bald zu Projectilen gelangen wird, welche ganz bleiben und sich nicht zu sehr deformiren werden.

Das eben beschriebene unbefriedigende Verhalten der Geschosse gilt jedoch nicht ganz allgemein, es gilt namentlich dann nicht, wenn das Projectil sehr gut, bis tief in den Geschoss-Cylinder hinein gehärtet und übermächtig ist; dann geht es wohl auch durch den Panzer, aber ganz bleibt es dennoch selten. Ist die Wirkung recht günstig, so kann man nach den bis jetzt vorliegenden Resultaten annehmen, dass ein gutes Projectil eine Compoundplatte durchschlägt, deren Dicke höchstens $\frac{3}{4}$ jener Eisenplatte beträgt, welche es gerade noch durchschlagen kann. Mehr möchte ich vorläufig selbst den besten geschmiedeten Stahlgeschossen nicht zutrauen, und ich kann daher der übrigens stark verlausulirten Ansicht der Firma Krupp:* «Compoundplatten er-

* Bericht Nr. 31, Seite 11, der Friedr. Krupp'schen Gusstahlfabrik. — Der citirte Satz sagt keineswegs, dass ein Geschoss, welches n cm Eisen durchschlägt, auch eine Compoundplatte durchdringt oder zertrümmert, deren Dicke um 10%, höchstens um 20% kleiner ist. Ein mit Benützung der Krupp'schen Gleichung

$$s = \frac{40^{3/4}}{\sqrt{2r}} \varepsilon^{3/4}$$

durchgeführtes Beispiel mag dies beleuchten.

Angenommen, ein 30·5 cm Geschoss durchschlage nach der Krupp'schen Formel eine Schmiedeisenplatte von der Dicke $s = 60$ cm, so müsste es nach dem Texte der Note mit der s zugehörigen Umfangs-Energie $\varepsilon = 57·3$ mT auch eine um 20% schwächere, also 48 cm dicke Compoundplatte bester Qualität noch durchschlagen oder zertrümmern. Dagegen müsste nach dem Wortlaute des Text-Citates jene Umfangs-Energie $\varepsilon_1 = 42·6$ mT, welche beim 30·5 cm Geschütze 48 cm Eisen entspricht, nach Vermehrung um 20% (d. i. 8·5 mT) auch gegen die ebenso dicke Compoundplatte bester Qualität gerade noch genügen. Man kommt somit nach dem Text der Note, beziehungsweise des Citates, zum Resultate, dass eine 48 cm Compoundplatte bester Qualität von einem 30·5 cm Stahlgeschoss durchschlagen wird, wenn dasselbe 57·3, respective 51·1 mT Umfangs-Energie besitzt. Diese Resultate sind verschieden, und zwar indicirt die Krupp'sche Anschauung die kleinere Umfangs-Energie.

fordern bis zu 10 %, höchstens bei bester Qualität bis zu 20 % mehr lebendige Kraft als gute Schmiedeisenplatten», nicht beipflichten.

Selbstverständlich hängt die Wirkung des Geschosses auch in hohem Grade vom Verhalten der Compoundplatte ab, das sich gerne wie folgt herausstellt: In der Stahlschicht wird um das Schussloch, respective um die Treffgrube herum der Stahl zermalmt, so dass sich, von der Eisenschicht ausgehend, eine Art Krater bildet, welcher mehr oder minder grosse Stahlpartikel enthält, von denen ein Theil auch losgesprengt vor der Platte liegt; concentrisch zum Schussloch (Treffgrube) entstehen — und zwar oft in grossen Abständen vom Schussloche — Risse oder Sprünge, die im allgemeinen tiefer gehen als die ziemlich spärlich auftretenden Radialrisse; Klaffungen nach den Schweissflächen in der Schmiedeisenschicht kommen selten vor, etwas häufiger prellt sich ein Theil der Stahlschicht los.

Die hier erwähnten Charakteristika treten einmal mehr, einmal minder deutlich auf. Ist das Geschoss gut und übermächtig, so ist der Krater minder ausgebildet, doch wird die Platte dann meist nach radialen und concentrisch zum Schussloch gerichteten Linien zersprengt; diese Spaltungen werden erleichtert, wenn die Platte nicht mit ihrer ganzen Rückfläche gut aufliegt, und (falls der Befestigungsbolzen zu wenige sind) fallen dann selbstverständlich einzelne Plattenstücke herab. Ist das Geschoss minder gut oder nicht mit hinreichender Energie begabt, so wird der Krater ausgeprägter, dagegen sind die übrigen Nebenleistungen (concentrische und Radialsprünge etc.) nicht so bedeutend.

Werden **Stahlplatten*** beschossen, so ist das Verhalten der Projectile im allgemeinen dasselbe wie beim Beschiessen von Compoundplatten, doch dringen vollkommen gleiche, aber mit unzureichender lebendiger Kraft begabte Geschosse in Compoundplatten in der Regel etwas weniger tief ein, als in Stahlplatten. Dies hat wohl darin seinen Grund, dass beim Compoundpanzer die äusserste Stahlschicht gewöhnlich etwas härter ist, als bei der gehämmerten Stahlplatte von Schneider; in Folge dessen wird bei jener die Deformation der Geschoss-Spitze rascher und energischer eingeleitet als

* Ich verstehe unter «Stahlplatten» derzeit nur die gehämmerten Stahlplatten der Firma «Schneider & Comp. in Le Creusot», denn nur diese sind derart ausgebildet, dass sie für Schiffspanzerungen in Betracht kommen.

bei dieser, und der einmal deformirten Spitze wird natürlich das Eindringen sehr erschwert.

Das Verhalten der Stahlplatten ist aber entschieden ein anderes, als jenes der Compoundplatten. Bei jenen treten concentrische Sprünge um die Treffgrube nicht auf, dafür findet man aber häufiger Radialrisse; es spaltet sich daher bei hinreichender Geschoss-Energie die Stahlplatte nach Radien- oder Durchmesser-Richtungen durch die Treffgrube, während sich bei der Compoundplatte die Klaffungen gerne, vielleicht sogar lieber, nach den concentrischen Sprüngen bilden. Ferner fehlt bei der Stahlplatte der ausgeprägte Treffgruben-Krater mit seinem zermalnten und losgesprengten Material, dagegen sind die Sprünge durchschnittlich tiefer als in der Compoundplatte, bei welcher sie sich häufig in der Eisenschicht verlieren. Eine weitere Eigenthümlichkeit der Stahlplatten besteht darin, dass sich die entstandenen Risse und Sprünge nach dem Schusse erheblich erweitern und ausdehnen, ja wohl auch neue Risse entstehen; es wird somit nach dem Schusse in der Platte noch durch längere Zeit innere Arbeit geleistet, was sich durch das «Singen der Platte» hörbar macht. Die gleichen Erscheinungen treten zwar auch in der Stahlschichte der Compoundplatten und im minderen Grade auch bei Schmiedeeisenplatten auf, doch ist bei Compound- und Eisenplatten die innere Arbeit nach dem Schusse jedenfalls kleiner als bei den Stahlplatten. Dass endlich bei den Stahlplatten Trennungen oder Klaffungen nach Schweissflächen nicht vorkommen können, ist durch die Erzeugungsweise dieser Platten bedingt.

Das hier in groben Zügen geschilderte, jedoch nicht immer zutreffende Verhalten von Compound- und Stahlplatten dürfte zu folgendem Schlusse berechtigen: leichter durchschossen wird die Compoundplatte, leichter zertrümmert die Stahlplatte. Für den ersten Theil dieses Schlusses lässt sich vorbringen, dass $\frac{1}{3}$ mehr oder minder harter Stahl und $\frac{2}{3}$ weiches Walzeisen dem Durchdringungsbestreben des Geschosses weniger Widerstand bieten, als $\frac{3}{3}$ gehämmerter Stahl; dagegen wird die Stahlplatte leichter zertrümmert, weil ihr die Zähigkeit und Biegsamkeit der dicken Eisenschicht fehlt. Demnach dürften intacte Stahlplatten dem Geschosse das Eindringen in das Innere des Schiffes besser wehren als Compoundplatten; weil aber die Stahlplatte überhaupt und namentlich bei nicht gutem Aufliegen leichter zertrümmert wird als die Compoundplatte, so muss jene sehr gut aufliegen, sozusagen

aufgespannt sein, und mit dem Schiffskörper (der Rücklage) durch eine grössere Anzahl geeigneter Bolzen verbunden werden, denn sonst bleiben bei durchgehenden Sprüngen die einzelnen Plattenstücke nicht haften. Diese vielen Bolzen sind dem Schiffbauer mindestens — unangenehm.

VII. Versuche gegen Compound- und Stahlpanzer.

Es wurden zwar schon manche Versuche gegen Compound- und Stahlpanzer durchgeführt, aber die Zahl der massgebenden Comparativ-Versuche ist sehr gering. Die meisten und wichtigsten Folgerungen wurden aus den Resultaten der im Jahre 1882 in Italien und bald darauf in Russland ausgeführten Versuche gezogen, und deshalb wollen wir uns im Nachstehenden bloss auf die Besprechung dieser wahrhaften Comparativ-Versuche beschränken.*

A. Comparativ-Versuch im Jahre 1882 in Italien gegen 48 cm dicke Compound- und Stahlplatten.

Dieser Versuch wurde in Muggiano bei Spezia am 16. November 1882 begonnen und am 21. November beendet. Wir halten uns in der nunmehr folgenden Beschreibung, respective Schilderung des Versuches beinahe ausschliesslich an die «Rivista marittima», Jahrgang 1883 Seite 247 bis 270, und ergänzen nur dort aus an-

* Den im Jahre 1884 in Muggiano durchgeführten Comparativ-Versuch gegen 48 cm Compound- und Stahlplatten besprechen wir nicht; nachdem seine Resultate principiell nichts Neues bieten dürften. Wir sagen «dürften», weil officiële Mittheilungen fehlen und uns nur die bezüglichen Berichte diverser Fachzeitschriften, z. B. «Le Yacht» vom 15. und 22. November 1884, «Revue maritime et coloniale», Jahrgang 1884 Seite 563 und 564 und Jahrgang 1885 Seite 175 bis 191, «Engineer» vom 27. Februar 1885, «Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens», Jahrgang 1885, Notizen, Seite 52 bis 58, bekannt sind. Soviel man aus diesen Berichten ersieht, hat sich neuerdings die Stahlplatte am besten bewährt, und war die Wirkung der Krupp'schen 43 cm und 25 cm Stahlgeschosse eine recht befriedigende. Die 43 cm Geschosse hatten durchschnittlich 13730 mT totale Auftreff-Energie, wonach sich pro Centimeter Umfang annähernd 102 mT Energie ergeben, was nach der Formel der Spezia-Commission auf ein Durchschlagsvermögen von rund 72 cm Eisen hinweist; es ist somit ganz begreiflich, dass von diesen Geschossen die intacten 48 cm Versuchsplatten mit Kraftüberschuss durchschlagen wurden. — Die vielen übrigen Versuche, welche dort und da, namentlich in England, Frankreich, Holland etc., gegen Compound- und Stahlplatten durchgeführt wurden, sind grösstentheils keine Comparativ-Versuche oder doch nicht von solcher Art, wie sie hier nöthig wären.

deren Zeitschriften, wo die «Rivista» einzelne, ihren Lesern vermuthlich ohnedies bekannte Daten nicht brachte.

Das Geschütz, ein Armstrong'sches 45 *cm* (100 Tonnen-) Vorderladerohr, in eigens für den Versuch gebauter hydraulischer Laffete, war auf einem Ponton installiert, was nothwendigerweise das Treffen der Zielpunkte erheblich erschwerte.

Die Ziele, *Taf. I, Fig. 1*, waren einander hinsichtlich ihres Baues gleich und wie folgt beschaffen. Die vertical gestellte, 48 *cm* dicke Panzerplatte *A* von circa 32 *t* Gewicht, 330 *cm* Breite und 265 *cm* Höhe war in einem eisernen Rahmen *B* gelagert und mit der durch ein System von Streben *D* gestützten Holzurücklage *C* entsprechend verbolzt. Den Rahmen bildete eine rechteckige Einfassung, welche aus drei übereinander liegenden Plattenstreifen von je circa 15 *cm* Dicke bestand; die Breite der Streifen betrug oben und an den beiden Seiten 84 *cm*, unten 43 *cm*. Die Holzurücklage *C* bestand aus vier Balkenreihen von 38 *cm* \times 35.5 *cm* Querschnitt; die dritte Balkenreihe war vertical, die übrigen waren horizontal gestellt. Das die Holzurücklage stützende Strebensystem *D* war in Lichtenabständen von 60 *cm* zu 60 *cm* angebracht. Die langen Vorderstreben *E* stemmten sich mit ihrem Kopfende oben seitwärts an die Rahmenfassung.

Das Wichtigste, die Platten, waren eine Stahlplatte *S* von Schneider & Comp. in Le Creusot und zwei Compoundplatten aus Sheffield, die eine (*B*) von der Firma Brown & Co., die andere (*C*) vom Hause Cammell & Co. Die Verbindung der Platten mit der Holzurücklage war den Lieferanten überlassen, d. h. sie hatten das Recht, sich die Zahl der Bolzen und jene Verbolzung zu wählen, welche ihrer Ansicht nach ihren Platten am besten entsprach.

Die Schneider-Platte war eine vorzügliche, durch und durch gleichartige, im Bruche feinkörnige, gehämmerte Stahlplatte und wurde mittelst 20 Bolzen mit der Rücklage verbunden; der 4 $\frac{1}{2}$ "* starke Gewindzapfen dieser Bolzen war bloss 2" tief in die Platte eingeschraubt. Der Bolzenschaft gieng durch die ganze Rücklage, und das hintere (Kopf-)Ende der Bolzen war in der üblichen Weise mit Unterlagsscheiben und Vorlegemuttern versichert. Das Material der Schneider-Bolzen war, wie die Beschiessung bewies,

* Hier und später ist bei den Schraubenbolzen das für dieselben allgemein übliche englische Zollmass eingestellt.

ausgezeichnet, nämlich zähe und biegsam, denn die Bolzen verdrehten und krümmten sich, ohne zu brechen, ja ohne Sprünge zu bekommen.

Die Brown- und Cammell-Platte waren nach dem Patent Ellis, respective Wilson, erzeugte Compoundplatten mit nahezu $\frac{1}{3}$ dicker Stahllage auf mehr als doppelt so dicker Walzeisenschichte. Das Material und die Erzeugung der englischen Platten waren, wie die Untersuchung nach der Beschiessung zeigte, keineswegs muster-giltig. Die Stahllage war ungleich (12 cm bis 16 cm) dick, der Bruch im Stahl und Eisen eher grobkörnig; die Schweissung war keine innige, denn es traten Trennungen nach Schweissflächen auf, und es zeigten sich an den blossgelegten Stellen Höhlungen und schlackige Streifen. Ferner gieng der Stahl nicht allmählich in Eisen über, und es hatte dieses am Zusammenstoss der Stahl- und Eisenschicht ein knolliges, auf mindere Qualität hinweisendes Aussehen. — Im ganzen traten die betonten Mängel bei der Brown-Platte noch mehr hervor, nur die Dicke der Stahllage war bei dieser gleichmässiger als bei der Cammell-Platte.

Beide Platten waren mit der Holzrücklage nur durch je 6 aus weichem Stahl erzeugte Bolzen verbunden; die vorderen Enden der Bolzen sassen mit ihrem 4-zölligen Gewindtheile nahezu auf die ganze Tiefe der Löcher (bei der Brown-Platte über 1, bei der Cammell-Platte annähernd $1\frac{1}{4}$ Gewinddurchmesser) streng passend in den Platten und waren rückwärts mittelst Unterlagsscheiben und Muttern versichert. Der zwischen Kopfende und Gewindzapfen liegende Bolzenschaft war schwächer, nämlich nur $3\frac{7}{8}$ " stark, damit sich der Bolzen, ohne die Gewinde zu beschädigen, dehnen und verbiegen konnte. Das Material dieser Bolzen war schlecht, d. h. ohne die hier so nothwendige Zähigkeit, denn die Bolzen brachen bei der Beschiessung meist kurz ab und verdrehten sich nur ausnahmsweise.

Die Vertheilung der Bolzen ist aus den Figuren der *Taf. I* zu entnehmen und drängt im Vereine mit der Zahl der Bolzen zu folgenden Schlüssen. Die Firma Schneider spannt ihre Platte förmlich auf und will durch eine grosse Bolzenzahl Sprünge unschädlich machen, resp. das Herabfallen einzelner Plattenstücke verhindern; die englischen Fabrikanten hingegen scheinen zu fürchten, dass die Widerstandsfähigkeit ihrer Platten durch das mehrfache Anbohren derselben verringert wird.

Die Entfernung der Geschützöffnung von den Scheiben, welche sämmtlich ihre Frontseite der See zukehrten, betrug 93 m, die Schusslinien waren möglichst senkrecht zu den Platten. In jeder Platte waren drei Zielpunkte markirt, welche ein nahezu gleichseitiges Zieldreieck von beiläufig 1·2 m Seite bedingten.

Die Geschosse und Ladungen waren verschieden, denn der Versuch zerfiel eigentlich in drei Serien, nämlich:

- 1.) Beschiessung der Ziele mit reglementmässigen Gregorini-Hartguss-Geschossen von ungenügender Energie;
- 2.) Fortsetzung der Beschiessung mit den gleichen Projectilen von genügender Energie;
- 3.) weitere Beschiessung der Stahlplatte mit Versuchs-Geschossen.

Infolge dieser Theilung des Versuches wird hinsichtlich der Munition hier nur das allgemein Giltige erwähnt, insoferne es für diese Abhandlung von Wichtigkeit, resp. von Interesse ist. Die Geschosse waren stets blind adjustirt und hatten einen grössten Kerndurchmesser von durchschnittlich 44·88 cm. Das Pulver war grobkörniges Progressivpulver der königl. Pulverfabrik zu Fossano; die Korne dieses Pulvers sind grosse rechtwinklige Parallelepipede, und es gehen 4 bis 5 Korne auf 1 kg.

Die weiteren Daten und die Resultate der Versuche sind — gleich jenen Bemerkungen und Folgerungen, zu denen ich mich gedrängt sah oder berechtigt glaubte — nunmehr der leichteren Übersicht wegen tabellarisch zusammengestellt. Bemerket sei noch, dass ich das Durchschlagsvermögen gegen Eisen stets nach der Formel der Spezia-Commission, somit keinesfalls zu gross einstellte. Die den tabellarischen Zusammenstellungen zugehörige *Taf. I* stellt in den *Fig. 2* bis *7* die Front-Ansichten der Ziele nach Entfernung der theilweise steckengebliebenen Geschoss-Spitzen dar.

1.) Beschießung mit 45 cm Hartguss-Geschossen von ungenügender Energie. (Siehe auch Taf. I.)

Versuchsort u. Zeit	Geschütz, Geschoss und Ladung	Schuss Nr.	Auftreff-			Ziel mit der Platte	Treffstelle und Verhalten des Geschosses	Verhalten der Platte	Beschädigungen und der Rücklage	Bemerkungen und Folgerungen
			Geschw.-dipfekt	Energie totale	Energie pro cm					
			m	mT	cm	cm				
Muggiano bei Spezia, 10. November 1882	45 cm (100 Tonnen-) Armstrong-Vorderlader, in hydraulischer Versuchslafette auf einem Ponton installiert; blind adjustirte Hartguss-Geschosse von Gregorini, 908 kg schwer; Ladung: 149 kg grosskörniges Fossano-Pulver	1	371.5	6389	45.31	46.6	$d = 40$ $t = 17.5$ $h = 10.5$	Die Platte (Fig. 2) erhält einen durchgehenden, teilweise klaffenden, das rechte untere Platteneck abtrennenden Sprung <i>aa</i> , mehrere seichte Radialrisse und die concentrisch zur Treffgrube gerichteten Sprünge <i>b, b</i> .	Belanglos	1.) Die Geschosse zerschellen; die ziemlich stark gestauchte Spitze (stumpfer Kegelpilz mit kurzem Schaft) bleibt stecken. 2.) Bei den Com-poundplatten entstehen concentrisch zur Treffgrube Risse.
		2	375.5	6529	46.29	47.1	$d = 39$ $t = 21$ $h = 15.2$	Die Platte (Fig. 3) zeigt keine Sprünge.	Keine	3.) Die Cammell-Platte (Schussbild der «Rivista») ist gleich der Brown-Platte («Engineer» v. 24sten November 1882) um die Treffgrube herum leicht eingedrückt.
		3	372.5	6425	45.53	46.7	$d = 19$ $t = 7.5$ $h = 4.5$	Die Platte (Fig. 4) zeigt einen concentrisch z. Treffgrube gerichteten Langriss <i>ab</i> , welcher (nach späteren Untersuchungen zu urtheilen) an einzelnen Stellen durch die ganze Dicke der Platte gieng. Der zweite, äussere Langriss <i>c</i> sowie die von der Treffgrube ausgehenden Sprünge etc. werden als Haarrisse von geringerer Tiefe angesehen.	Die Rücklage hat mehr gelitten als jene der Cammell-Platte	

Das Geschoss trifft den rechten unteren Plattenheil; der eingedrungene Theil der Spitze sammt Pilzschaff steckt fest in der Platte, der übrige Geschossheil zerschellt vollständig. Der Durchmesser *a* der Treffgrube, die nachträglich ermittelte Eindringungstiefe *t* des Geschosses und die Höhe *h*, um welche der Pilzschaff der Spitze die Plattenfront nach rückwärts überträgt, sind nebenstehend angegeben

2.) Beschießung mit 45 cm Hartguss-Geschossen von genügender Energie. (Siehe auch Taf. I.)

Versuchsort u. Zeit		Geschütz, Geschoss und Ladung	Schuss Nr.	Auftreff-		Durchschlags- vermögen gegen Eisen nach der Spezia-Formel	Ziel mit der Platte	Treffstelle und Verhalten des Geschosses	Verhalten der Platte und der Befestigungsbohlen	Beschädigungen der Rücklage und der Verstrebung	Bemerkungen und Folgerungen
Geschwindigkeit				Energie							
m	mI			totale	pro <i>cm</i> Geschoss- Umfang						
Muggiano bei Spezia, 17. und 20. November 1882											
45 cm (100 Tonnen-) Armstrong-Vorderladerrohr, in hydraulischer Versuchslafette auf einem Ponton installiert; blind adjustirte Hartguss-Geschosse von Gregorini, 908 kg schwer, Ladung 217 kg grosskörniges Fossano-Pulver											
	6	4770	1053574	69	60	6	C (Cammell)				
	5	4762	1050274	44	60	5	B (Brown)				
	4	4710	1027972	82	59	7	S (Schneider)				
Das Geschoss trifft die Platte links der Mitte, nahezu in gleicher Höhe wie beim 1. Schuss; der Geschoss-Cylinder zerschellt.											
							Die Spitze dringt 23.5 cm tief ein und bleibt stecken; ihr Pfizschiff überragt die Plattenfront um 16.3 cm nach rückwärts. Der Durchmesser d. Treifgrube beträgt 527 mm.	Die Spitze dringt ca. 20 cm tief ein und steckt als Ke-geholz mit 15 cm hohem Pfizschiff in einem herabgefallenen Plattenstück. Der mittlere Durchmesser der Treifgrube beträgt rund 50 cm.	Die Platte (Fig. 7) wird in 4 grosse u. mehrere kleine Stricke zerschnitten, welche mit Ausnahme des oberen linken dreieckigen Plattenstückes von ca. 2 m ² Fläche sämtlich herabfallen.—Von den Befestigungsbohlen bleiben nur zwei intact, drei brechen, einer wird leicht verkrümmt.	Die Rücklage hat, weil der 1. Schuss in der Nähe der neuen Treffstelle nur Haarrisse hervorrief, weniger gelitten, als jene der Brown-Platte; trotzdem sind einige Balken stark havariert.	1.) Die Geschosse zer-schellen, die Spitze wird stark deformirt. 2.) Die Stahlplatte hält sich weitaus besser als die Com-poundplatten, deren Mängel auf Seite 37 hervorgehoben wurden. Bei der Brown-Platte wurde die Zer-timmerung noch begünstigt, dass die zweite Treffstelle auf den beim 1. Schuss entstandenen durchgehenden Sprung ab fiel. 3.) Die Bohlen der englischen Platten waren schlechter; die Befestigung der Platten war ungenügend.

3.) Weitere Beschiessung der Stahlplatte S mit stählernen 45 cm Versuchs-Geschossen. (Siehe auch Taf. I.)

Versuchsort u. Zeit	Geschütz und Ladung	Geschoss	Schuss Nr.	Geschwindigkeit	Auftreff.		Durchschlagsvermögen gegen Eisen gegen Spezial-Formel	Treffstelle und Verhalten des Geschosses	Verhalten der Platte und der Befestigungsbolzen	Beschädigungen der Rücklage und der Verstrebung	Bemerkungen und Folgerungen
					digkeit	Energie					
				<i>m</i>	<i>cm</i>	<i>mT</i>	<i>cm</i>				
45 cm (100 Tonnen)-Armstrong-Vordertrohrl., in hydraulischer Versuchsanstalt auf einem Ponton installiert; Ladung: 217 kg grosskörniges Fossano-Pulver.	Stahlgranate aus Terr-Noire,	7	468	8	10332	74	96	60	7	Rücklage und Verstrebung sind ungefähr in dem Masse beschädigt, wie bei den Com-poundplatten nach dem 2. Schusse. Der rechte obere Theil ist stark gekrümmt und leicht verkrümmt; die übrigen Bolzen sind intact an ihrem Platze.	1.) Weiche Geschosse (Terre-Noire) bleiben leichter ganz, deformiren sich aber ungemein. 2.) Stahlgeschosse mit harter Spitze (Gregoni) brechen. 3.) Die Wirkung, welche d. beiden Stahlgeschosse auf die intacte Platte hervorgebracht hätten, lässt sich noch weniger beurtheilen, als d. Verhalten der Geschosse für diesen Fall.
Muggiano bei Spezia, 21. November 1882	Stahlgranate von Gregorini,	8	461	5	10178	72	60	59	7	Die obere Hälfte der Rücklage ist zertrümmert.	
								Das Geschoss trifft (Fig. 6) die Platte links der Mitte, nahe dem oberen Rand, dringt 33 cm tief ein, spaltet den Rest d. Platte, geht durch die Rücklage u. bricht in viele Stücke, welche grösstentheils hint. d. Ziele liegen. Die ca. 250 kg schwere Spitze ist wenig deformirt.	Der linke obere Plattenheil senkt sich beträchtlich und reisst hiebei die Rücklage theilweise mit, trotzdem haftet noch immer ein grosser Theil der Platte gut an der Rücklage. Es bricht kein Bolzen, sondern sie werden nur mehr oder weniger aus der Holzrücklage gezerrt u. einfach, einer auch doppelt verbogen.		

B. Comparativ-Versuch im Jahre 1882/83 in Russland gegen 30·5 cm dicke Compound- und Stahlplatten.

Dieser Versuch wurde am 24. November 1882 begonnen und nach längerer Zwischenpause am 24. März 1883 beendet. Leider stimmen die Angaben der verschiedenen Fachzeitschriften über die Daten und Resultate dieses Versuches nicht ganz überein, so dass nach einigen Richtungen leichte Zweifel gestattet, ja geboten sind. Am stichhältigsten dürften die dem «Morskoi Sbornik» entnommenen Daten sein, und demgemäss halten wir uns im Nachstehenden vorzugsweise an diesen; nur bei den Geschoss-Energien* geben wir die Rechnungsergebnisse, welche aus den Angaben über Geschossgewicht und Auftreffgeschwindigkeit entspringen, und das Durchschlagsvermögen gegen Eisen stellen wir (analog wie in A) nach der Formel der Spezia-Commission ein.

Das Geschütz war ein Obuchoff'scher 11-Zöller (27·94 cm) und befand sich 91·5 m vor den Zielen. Die Geschosse waren grösstentheils blind adjustirte Hartgranaten und wurden mit zwei verschiedenen Ladungen geschossen.

Die Ziele waren 12-zöllige (30·5 cm) Platten, welche man an einer gemeinsamen Rückwand aufgebolzt hatte; letztere repräsentirte einen Theil der Bordwand einer Fregatte und bestand aus 30·5 cm (50 cm?) dicken, horizontal gelagerten Teakholzbalken, einer Innenbekleidung von zwei je $\frac{3}{4}$ " engl. (19 mm) dicken Blechen und den das Ganze stützenden Eisenspannten mit Diagonalverband. Nach vorne zu war das Panzerziel entsprechend verspreizt.

Die Platten, eine Stahlplatte von Schneider und eine Compoundplatte von Cammell, wogen etwas über 12 t, waren 30·5 cm dick, 2·134 m hoch und 2·438 m breit; auf jeder der Platten war ein gleichseitiges Zieldreieck von 80 cm Seitenlänge markirt.

Die Schneider-Platte war mittelst 12 Bolzen mit der Rücklage verbunden; der 3" starke Gewindzapfen der Bolzen sass nur ungefähr $\frac{5}{8}$ Gewind-Durchmesser tief in der Platte, das Kopfende war auf die übliche Weise durch Unterlagsscheiben und Mutter versichert. Die Cammell-Platte, nach dem Patent Wilson erzeugt, hatte eine Stahllage von circa $\frac{1}{3}$ der Gesamtdicke und war nur

* Bei der Bestimmung der Umfangs-Energien wurde der Kaliber des Rohres mit 27·94 cm in Rechnung gebracht. Die Resultate sind von den im «Morskoi Sbornik» angegebenen kaum verschieden.

mittelst 4 Bolzen mit der Rücklage verbunden; die Stärke dieser Bolzen im Gewindtheile und Kopf betrug 4" ($4\frac{1}{4}$ "?), die Befestigung war analog wie bei der Schneider-Platte. Bei beiden Bolzengattungen war der Schaft etwas schwächer als Gewindzapfen und Kopf gehalten und bei den Schneider-Bolzen gegen den zerstörenden Einfluss der Feuchtigkeit durch eine Schmiedeisenröhre geschützt.

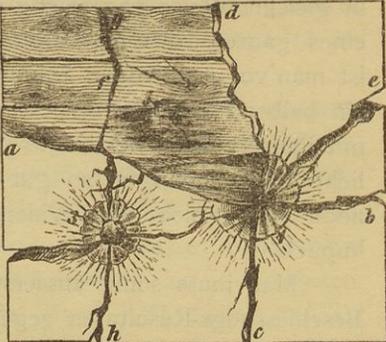
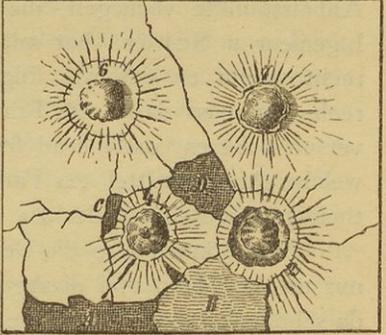
Die näheren Daten und die Resultate der Beschiessung geben wir grösstentheils wieder tabellarisch und schicken hiezu voraus, dass der Versuch in zwei Theile, nämlich in die senkrechte Beschiessung beider Platten und in die weitere schräge Beschiessung der Cammell-Platte zerfällt.

Zum Schlusse dieses Abschnittes muss hier noch der 1885 und 1886 nächst Bukarest durchgeführten Versuche* kurz gedacht werden, insoweit die Resultate derselben für Compoundpanzerungen von Bedeutung sind. Es war nämlich die sehr flache Kuppel (Kugelcalotte) des deutschen Thurmes aus Compound-Segmenten von bloss 20 *cm* Stärke und einer ebenso dicken Mittelplatte gebildet, aber trotzdem konnten ihr die grösstentheils auf 1000 *m* Distanz und mit 9 *kg* Ladung geschossenen, zahlreich treffenden und hiebei meist zerschellenden Stahlprojectile der 15 *cm* Krupp- und der 15·5 *cm* De Bange-Kanonen nicht viel schaden. Ein Stück der Stahlschicht der beiden beschossenen benachbarten Compound-Segmente wurde zwar abgeblättert, aber breschirt war die Kuppel nach 71 Treffern von je circa 300 *mT* totaler Auftreff-Energie noch immer nicht.

Es war somit die Wirkung und auch das Verhalten der Geschosse ein wahrhaft klägliches, wie es übrigens mit Rücksicht auf das sehr schräge Auftreffen der Projectile nicht anders erwartet werden konnte.

* Ein näheres Eingehen auf diese Versuche scheint mir derzeit nicht gerathen, denn die bis jetzt zwar schon sehr zahlreich vorliegenden Publicationen entbehren der vollen Übereinstimmung.

und einer 30·5 cm Compoundplatte *C* der Firma Cammell Obuchoff-Geschütze.

Wirkung am Ziele	Bild der Platten nach Schluss des Versuches und Bemerkungen
<p>Die Platte erhält durchgehende Sprünge nach den Richtungen <i>ab</i>, <i>cd</i> und <i>1 e</i>, ferner zweigt sich von <i>ab</i> ein seichter Sprung nach aufwärts bis <i>f</i> ab. Die Verbolzung bleibt intact.</p> <p>Die entstehenden Radial- und concentrischen Risse sind von geringer Bedeutung. Zwei Bolzen werden am Beginne der Gewinde abgerissen und hiedurch die Befestigung der Platte bedeutend geschwächt.</p> <p>Die Platte wird durch Bildung eines neuen Sprunges in der Richtung <i>gh</i> in 9 Theile zerlegt, einzelne Sprünge klaffen 5 cm weit. Trotzdem hat die Rücklage wenig gelitten; die zwölf Bolzen halten, nur zwei sind leicht verbogen. Dagegen wird der 3. Bolzen der Cammell-Platte abgerissen.</p>	<p>Bild der Platten nach Schluss des Versuches und Bemerkungen</p> <p>Stahlplatte nach drei Schüssen.</p> 
<p>Der 4. Bolzen wird abgerissen, die Platte fällt mit der Frontseite auf den Boden. Die Rückseite ist ohne Sprünge, doch ist die Platte gegenüber der ersten Treffstelle 4·5 cm durchgebogen. Ein 12·5 cm dickes Stück trennt sich bei <i>A</i> los, ein minder dickes <i>B</i> ist gelockert. Die Radial- und concentrischen Sprünge sind auch jetzt noch ohne besondere Bedeutung.</p> <p>Der obere linke Plattentheil wird zertrümmert und fällt herab. Drei Viertel der Platte haften noch, doch sind die Theile etwas verschoben und durch weite Klaffungen getrennt. Die Rücklage ist durchschossen.</p>	<p>Compoundplatte nach vier Schüssen.</p> 
<p>Anbringung neuer Bolzen.</p> <p>In der Platte entsteht ein Sprung, welcher concentrisch genannt werden darf, u. einige rad. Haarrisse; ein kleines Stahlstück <i>C</i> wird losgesprengt. Rücklage u. Bolzen bleib. intact.</p> <p>In der Platte entstehen drei kurze radiale Haarrisse, die Stahlpartie bei <i>D</i> wird losgesprengt. Die Bolzen halten. — Die abgenommene Platte hat an der Rückseite weder Risse noch Sprünge.</p>	<p>1.) Die Hartgeschosse zerschellen und dringen in die Stahlplatte tiefer ein als in die Compoundplatte. — 2.) Das Stahlgeschoss bleibt bei der Beschiessung der übrigens schon arg zugerichteten Stahlplatte ganz. — 3.) Bei der Compoundplatte entstehen auch concentrische, bei der Stahlplatte nur Radialrisse. Bei der Stahlplatte sind die Sprünge durchschnittlich von grösserer Tiefe. — 4.) Die erste Befestigung der Compoundplatte mit vier (überdies schlechten) Bolzen bewährt sich nicht, dagegen halten sich die zwölf Bolzen der Stahlplatte vorzüglich. — Die neuen Bolzen der Compoundplatte befriedigen.</p>

VIII. Wirkung der Geschosse gegen Hartgusspanzer.

Sobald vom Hartgusspanzer gesprochen wird, soll eigentlich ein ganzer, aus segmentartigen Gewölbestücken aufgebauter Hartgussturm mit Deck-(Mittel-)Platten, Vorpanzer und Glacis ins Auge gefasst werden. — Nachdem aber vollständige mächtige Panzerkuppeln — der Kostspieligkeit solcher Versuche wegen — nicht beschossen werden, so muss man für die Beurtheilung der Geschosswirkung schwerer Kaliber jene Versuche in Betracht ziehen, wo sich die einzelnen Theile des Zieles wenigstens so weit als möglich in gleicher Weise gegenseitig stützen und halten, wie es die Theile eines ganzen Hartgussturmes thun. Doch auch in diesem Falle ist man vor unrichtigen Schlüssen nicht vollends sicher, denn selbst ein halber Panzerturm, dessen Endsegmente und Deckplatte durch mit Panzerplatten bekleidete starke Pfeiler gestützt und gegen seitliche Verschiebungen so gut als möglich gesichert werden, hat noch lange nicht die Widerstandsfähigkeit einer ganzen Panzerkuppel.

Man muss somit äusserst vorsichtig sein, wenn man aus den Beschiessungs-Resultaten gegen einen Halbthurm Schlüsse über die gegen einen ganzen Panzerturm zu erwartende Geschosswirkung ziehen will. Diese Vorsicht ist umsomehr geboten, als gar keine Anhaltspunkte vorliegen, die Sache theoretisch* zu fassen, denn Ingenieur v. Schütz hat mit Bezug auf den Hartgusspanzer ganz recht, wenn er sich wie folgt ausspricht:** «An Stelle der Berechnung muss daher die Empirik treten, und Zweck der Schiessversuche ist es, annähernd festzustellen, auf wie lange und gegen welche Angriffsmittel ein Panzer von bestimmter Stärke die Vertheidigungsgeschütze deckt.»

Wir können also die Geschosswirkung gegen Hartgusstürme nur an der Hand von diesbezüglichen Versuchen beurtheilen, und da schon seit 1879*** erwiesen ist, dass Hartguss-Geschosse an ent-

* Die zur Feststellung der Hauptdimensionen der Segmentplatten aufgestellten Formeln sind eben auch empirisch und geben demnach gleichfalls keine Handhabe für das Kriterium der Frage. Auf die für unseren Fall wichtigste Formel kommen wir später zu sprechen.

** «Neue militärische Blätter», I. Semester 1884, Band XVI, Seite 70.

*** Siehe «Schiessversuche der Friedr. Krupp'schen Gusstahlfabrik auf dem Schiessplatze bei Meppen im August 1879», Theil II, Versuch am 8. August 1879. Die drei Stück 15 cm Hartgranaten von 40·8 kg Gewicht konnten mit 6·5 kg Ladung

sprechend starken Hartgusspanzern ohnmächtig zerschellen, ja sozusagen zerstielen, so lassen wir derlei Projectile ein- für allemal bei Seite und befassen uns nur mit der Wirkung guter Stahlgeschosse.

Für das Studium der Frage könnten wir vornehmlich zwei Versuche heranziehen, nämlich:

a) die am 22. Oktober 1883 auf dem Gruson'schen Schiessplatze bei Buckau bewirkte Beschiessung einer Seitenplatte eines für die Niederlande bestimmten Hartguss-Panzerthurmes für zwei Stück 25 Kaliber lange Krupp'sche 30·5 *cm* Kanonen in Gruson'schen Minimal-Schartenlaffeten und

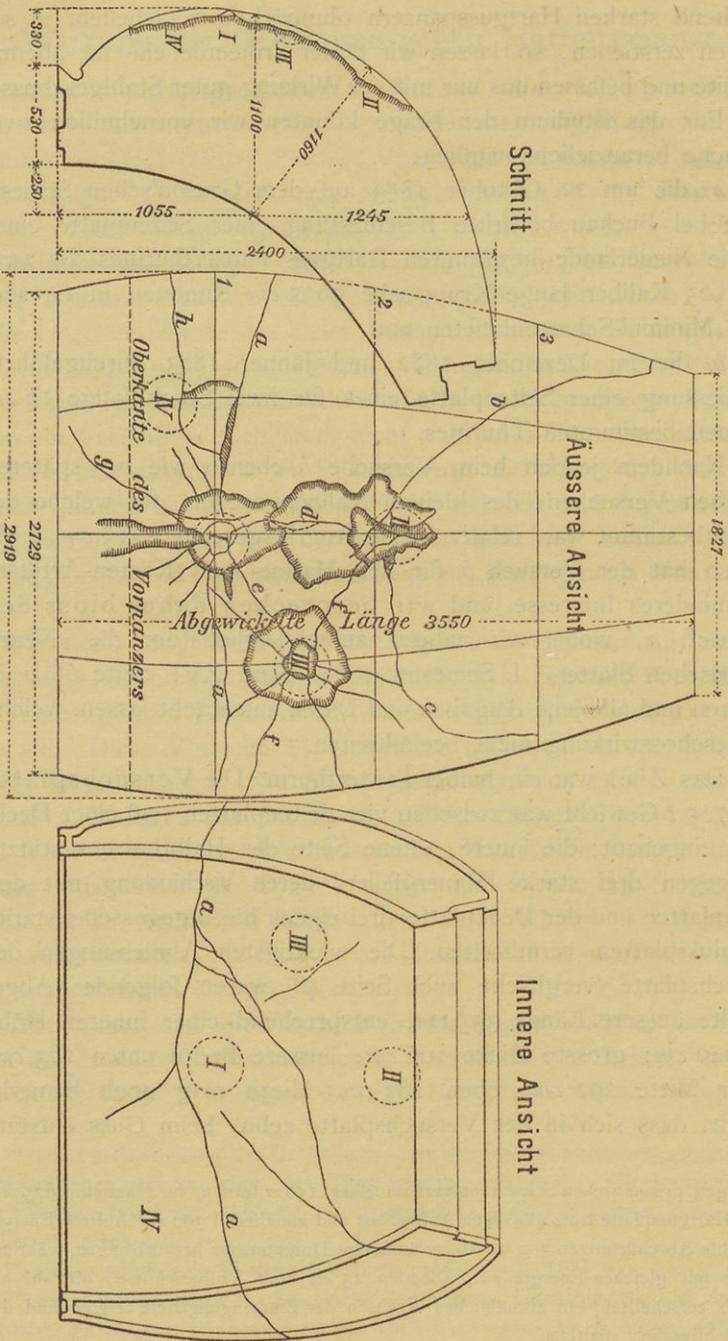
b) die im Dezember 1882 und Jänner 1883 durchgeführte Beschiessung einer Seitenplatte eines für zwei Stück lange 12 *cm* Kanonen bestimmten Thurmes.

Nachdem jedoch beim Versuche *b* ebenso wie bei späteren ähnlichen Versuchen, des kleinen Kalibers wegen, für welche der Thurm bestimmt war, relativ kleine Angriffsgeschütze (15 *cm*) wirkten, so hat der Versuch *b* für den Marine- und Küsten-Artilleristen minderes Interesse, und wir besprechen daher bloss den Versuch *a*, wobei wir nahezu ausschliesslich nur die «Neuen militärischen Blätter», I. Semester 1884, Band XVI, Seite 68 u. f., benützen und alle jene Angaben und Daten ausseracht lassen, welche die Geschosswirkung nicht beeinflussten.

Das Ziel war ein halber Panzerthurm. Die Versuchsplatte von 47·5 *t* Gewicht war zwischen vier Seitenplatten und einer Deckplatte eingebaut; die innere, offene Seite des Halbthurmes stützte sich gegen drei starke Mauerpfeiler, deren Verbindung mit den Seitenplatten und der Deckplatte drei eigens hiezu gegossene, starke Anschlussplatten vermittelten. Die wichtigsten Abmessungen der Versuchsplatte (vergleiche auch Seite 48) waren folgende: Abgewinkelte äussere Länge 355 *cm*, entsprechend einer inneren Höhe von 240 *cm*; grösste Dicke 106 *cm*, äussere Breite unten 273 *cm*, in der Mitte 292 *cm*, oben 183 *cm*. Hiezu mag noch bemerkt werden, dass sich in der Versuchsplatte zehn, beim Guss entstan-

7-canaligen prismatischen Schwarzpulvers an einer 150 *m* fernen, im Maximum 625 *mm* dicken Hartgussplatte trotz günstigen Auftreffens und annähernd 300 *mT* Auftreff-Energie nur leichte Abschürfungen von ca. 10 *cm* äusserem Durchmesser hervorbringen, während die vier mit gleicher Energie aufprallenden 15 *cm* Stahl-Vollgeschosse, obwohl sie ebenfalls zerschellten, ein allmähliches Wachsen der Eindringungstiefe zeigten und die Platte schliesslich spalteten.

Beschreibung einer Hartguss-Segmentplatte mit einer Krupp'schen 30 · 5 cm Kanone L/25.



dene Härterisse von 15 *mm* Maximaltiefe befanden; in der Zeichnung sind dieselben als störend weggelassen worden, weil mehrfache Versuche bewiesen haben, dass seichte Härterisse die Widerstandsfähigkeit einer Hartgussplatte nicht oder doch nur ganz unbedeutend verringern.

Das Geschütz, mit welchem die Beschiessung erfolgte, war eine Krupp'sche 30·5 *cm* Kanone von 25 Kaliber Länge in Gruson'scher Minimal-Schartenlafette; die Distanz betrug 27 *m*.

Die Geschosse waren leere Krupp'sche Stahlgranaten von 3·5 Kaliber Länge und 445 *kg* Mittelgewicht; sie wurden mit 80 *kg* prismatischem Schwarzpulver, Constr. 1880, geschossen, und es betrug die Auftreffgeschwindigkeit im Mittel 445 *m*, die totale Auftreff-Energie ca. 4490 *mT*.

Die Schusswirkung lässt sich wie folgt resumieren:

Schuss Nr. I. Das Geschütz feuert mit 4° 6' Depression, das Centrum der Treffstelle I liegt 4 *cm* rechts der Mittellinie der Platte und 90 *cm* über der Unterkante; der Auftreffwinkel beträgt 90°. Das Geschoss zerschellt; die plattgedrückte Spitze ist förmlich auf die Platte geschweisst und präsentirt sich als Pilz, d. h. als flache Scheibe von 15 *cm* Durchmesser mit geringer Erhöhung in der Mitte; ein Eindringen des Geschosses hat, wie sich später herausstellte, nicht stattgefunden, sondern das Projectil brachte nur eine flache Vertiefung hervor. In der Platte entsteht ein horizontaler Sprung *a*, welcher bis zu beiden Plattenkanten geht; längs des Sprunges, links vom Treffpunkte, blättert sich das Material auf 3 *cm* Breite und 30 bis 40 *cm* Länge ab. Um den Treffpunkt entsteht eine im Maximum 35 *mm* tiefe Abblätterung von 48 *cm* Breite und 52 *cm* Höhe. Ausserdem gehen von der Treffstelle fünf radiale Haarrisse von geringer Länge aus. Die Innenseite der Platte zeigt den durch die ganze Plattendicke, jedoch nicht bis an die Ränder gehenden Sprung *a* als feinen Haarriss, von dessen Mitte sich schräg nach abwärts ein 44 *cm* langer Haarriss abzweigt. Die Deckplatte ist rechts um 1 *mm*, links um 3 *mm* zurückgewichen. Auch am Fusse war die beschossene Platte dem Pfeiler etwas näher gerückt. Die Fuge zwischen der beschossenen und der Deckplatte hat sich verengt, dagegen jene zwischen der Deckplatte und den übrigen Seitenplatten erweitert. Die Stossfugen zwischen der Versuchs- und den anschliessenden Seitenplatten waren an den inneren Kanten durchschnittlich um 2·5 *mm* erweitert. Zwischen den Mauerpfeilern

und den in sie eingelassenen Anschlussplatten hatten sich gleichfalls schmale Fugen gebildet. Der Befund des Thurm-Innern bewies, dass die Mauerpfeiler eine Bewegung des ganzen Baues nach aussen nicht vollends zu hemmen vermochten.

Schuss Nr. II. Der Schuss wird mit $2^{\circ} 12'$ Depression gelöst, das Geschoss trifft die Mitte der Platte 190 cm über der Unterkante, also 1 m über Schuss Nr. I; der Auftreffwinkel beträgt 51° . Das Geschoss zerschellt; ruft eine längliche Treffgrube von 70 mm Maximaltiefe, 48 cm Länge und 12 cm Breite, ferner die Sprünge *b*, *c* und *d* sowie vier Haarrisse von circa 20 cm Länge und Abblätterungen um die Treffstelle von 55 cm maximaler Breite hervor. Der Sprung *b* geht vom Treffpunkt im Bogen nach links aufwärts, erstreckt sich jedoch nicht bis zum Plattenrande. Der Riss *c* geht nach rechts, dann mit scharfer Biegung nach aufwärts zur rechten Plattenkante. Der verticale Sprung *d* verbindet die Treffstellen I und II. An der Innenseite der Platte sind neue Risse nicht vorhanden, doch geht der Sprung *a* nunmehr bis an die Ränder der Platte und klapft circa 1 mm . Die Deckplatte war auf beiden Seiten abermals um 3 mm zurückgewichen und hatte hiebei links auch die Stützplatte der Decke um ein Geringes zurückgeschoben. Der Fussabstand der Versuchsplatte vom Pfeiler hatte sich nicht geändert. Die Fugen zwischen der Deckplatte und der beschossenen waren nunmehr wieder auf ihre ursprünglichen Masse zurückgebracht, auch die Stossfugen zwischen der Versuchs- und den anschliessenden Seitenplatten hatten sich um 0.5 mm verengt. Es hatte sich somit das Gewölbe wieder zusammengedrängt.

Schuss Nr. III. Das Geschütz feuert mit 3° Depression, die Treffstelle liegt 135 cm über der Unterkante der Platte, rechts der Treffstellen I und II, von denen sie 86 cm , beziehungsweise 90 cm entfernt ist; der Abstand der Treffstelle von der rechten Plattenkante beträgt 71 cm . Das Geschoss trifft unter 72° auf, zerschellt, macht eine 50 mm tiefe Grube mit Abblätterungen rings derselben und ruft 8 Radialrisse sowie die Erweiterung und Verlängerung der früheren Sprünge und Risse hervor. Der Riss *e* verbindet die Treffstellen III und I, jener *f* die Treffer III und II und geht weiter bis zum rechten Plattenrande. Riss *c* wird nach oben verlängert, Sprung *b* erweitert sich und klapft 7 mm . Die Innenseite der Platte zeigt nach dem dritten Schuss zwei weitere, von einem Punkte der linken Kante ausgehende Risse, von welchen einer mit

netzartigen Abzweigungen in den Sprung *a* mündet, während der andere 20 *cm* ober demselben verläuft. Die Decke war durch den letzten Schuss abermals um 2 *mm* zurückgedrängt und auch die ganze rechte Kante der beschossenen Platte um einige Millimeter nach innen getreten; links waren Decke und Plattenkante ziemlich unverändert geblieben. Die Fugen zwischen der Deckplatte und der beschossenen waren nunmehr bedeutend erweitert, ebenso die rechte Stossfuge zwischen der beschossenen und der Seitenplatte, und zwar klaffte die letztere oben 3·5 *mm*, unten 9 *mm*. Beim linken Pfeiler war die Fuge zwischen Pfeiler und Anschlussplatte auf 6 *mm* erweitert.

Schuss Nr. IV. Das Geschütz wird unter 4° 30' Depression abgefeuert und die Platte 65 *cm* über ihrem Unterrande und 75 *cm* innerhalb der linken Plattenkante getroffen, so dass die Treffstelle von jener des ersten Schusses 84 *cm* absteht. Das unter circa 75° anprallende Geschoss bricht, zerlegt jedoch trotzdem die Platte nach den Sprüngen *a*, *b*, *c*, *d*, *f* und *g* in sechs Theile und breschirt sie, indem das durch den alten Sprung *a* und die neuen Risse *g* und *h* begrenzte Stück gegen den Mittelpfeiler im Thurm-Innern gedrängt wird, so dass sich nun die Theile links senken und hiedurch die Bresche zum Theil wieder schliessen. Die Deckplatte war nicht weiter zurückgedrängt, dagegen klafften die Fugen zwischen den Anschlussplatten und Pfeilern jetzt 15 *mm* weit, so dass auf ein seitliches Ausweichen des Baues geschlossen werden konnte. Die Richtigkeit dieses Schlusses wurde auch später bei der Abräumung der Erdaufschüttung bestätigt, denn zwischen der Deck- und den beiden linken Seitenplatten war eine 30 *mm* weite Fuge entstanden, und die Seitenplatten waren sammt der Unterlagsplatte nach aussen gerückt.

Resumirt und prüft man die Resultate dieses Versuches, so gelangt man zu nachstehenden Haupt-Ergebnissen und Folgerungen:

1.) Alle Geschosse zerschellten, und zwar ohne in den Panzer tief einzudringen. Da nun auch bei anderen Versuchen gegen Hartgussplatten die Geschosse ein gleiches Verhalten zeigten, so ist die Hauptwirkung der Geschosse gegen Hartgusspanzer nicht mehr das tiefe Eindringen der Projectile, resp. die Durchschlagung des Panzers, sondern die Bildung von Sprüngen und die endliche Zertrümmerung der Panzerplatte.

2.) Ein einziges, mit circa 4500 *mT* Energie normal auftreffendes 30·5 *cm* Stahlgeschoss rief in der vollends intacten Platte einen

durchgehenden Sprung hervor, obwohl die Platte an der Treffstelle schon nahezu 1 m dick war. — Wäre das Ziel ein ganzer Thurm gewesen, so hätte sich vermuthlich die gleiche Hauptwirkung ergeben, denn ein sofortiges elastisches Nachgeben so wuchtiger Massen ist nicht zu erwarten.

3.) Die Wirkung des zweiten und dritten Schusses war ursächlich des kleineren Auftreffwinkels (51^0 und 72^0) viel geringer und wäre — einen ganzen Thurm vorausgesetzt — muthmasslich noch etwas geringer ausgefallen, weil sich beim hohen Schrägtreffer (Schuss Nr. 2) der betreffende Thurmtheil momentan etwas überneigen, beim seitlichen Treffer (Schuss Nr. 3) der Thurm etwas drehen und somit das Abprallen des Geschosses begünstigen konnte.

4.) Die vierte Stahlgranate breschirte das Ziel und zertrümmerte die Versuchsplatte. Wird ein ganzer Thurm vorausgesetzt, so dürfte die Zertrümmerung der Platte auch kaum ausgeblieben sein, doch wäre die Bildung einer Bresche etwas unwahrscheinlicher gewesen, weil beim ganzen Thurm die stützenden Seitenplatten nicht ausweichen können.

5.) Aus 2.) folgt, dass ein Panzerthurm mit Seitenplatten wie jene des Versuches von 106 cm Maximaldicke durch 30·5 cm Stahlgeschosse von der Güte der Versuchsprojectile und circa 4500 mT Auftreff-Energie ernstlich gefährdet wird, wenn man Normaltreffer annimmt. Vergleicht man die Stärke der Versuchsplatte mit jener, welche nach der Formel

$$d = 12 \sqrt[4]{E} *$$

entspringt, so würde für $E = 4500 \text{ mT}$ die maximale Dicke d der Platte mit bloss 98 cm resultiren, weshalb folgender Schluss sehr nahe liegt: Die Formel dürfte, Normaltreffer vorausgesetzt, innerhalb ziemlich weiter Grenzen ungenügende maximale Plattendicken indiciren.

* Die Formel erschien in den «Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens», Jahrgang 1883, Seite 616, und zwar wird d in Centimeter erhalten, wenn die totale Geschoss-Energie E in Meter-Tonnen ausgedrückt ist. Vorausgeschickt wird der Formel, dass sie aus den Resultaten der in den Jahren 1869 und 1874 vorgenommenen zahlreichen Versuche abgeleitet wurde; ferner wird beigefügt, dass sie für die Frontplatten gilt. Für die minder exponirten Seitenplatten soll die Formel

$$d = 11 \sqrt[4]{E}$$

Anwendung finden.

6.) Die Resultate, welche aus dieser Formel entspringen und auf Seite 54 graphisch dargestellt wurden, sind folgende:

$$E = 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 10000, 12000 \text{ } mT$$

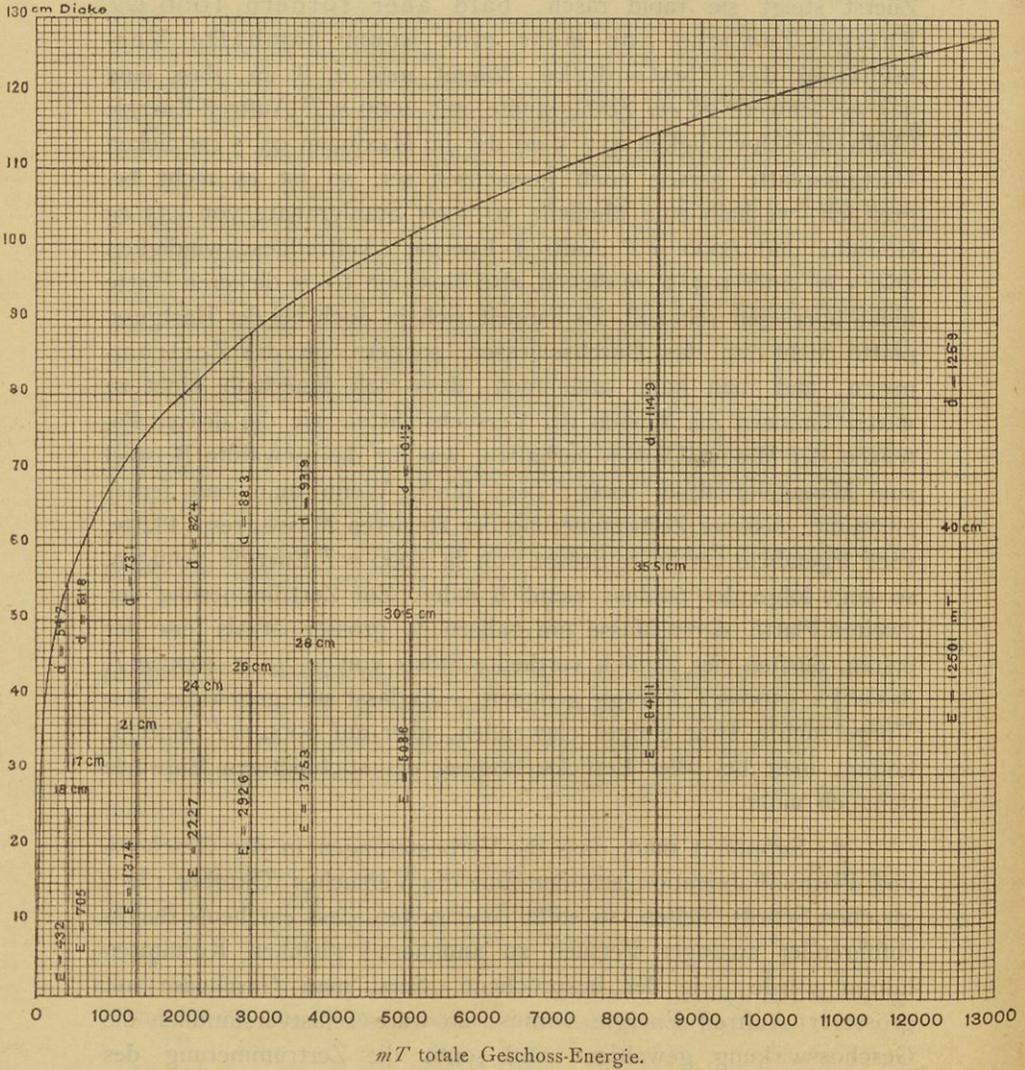
$$d = 57, 67.5, 75, 80, 89, 95.5, 105.5, 113.5, 120, 125.5 \text{ } cm.$$

Die Curve selbst nimmt einen etwas befremdenden Verlauf. Zuerst steigt sie rapid rasch, bald aber fordern 1000 *mT* Energie-Zuwachs nur mehr eine kaum namhafte Vermehrung der Plattendicke. Nimmt man z. B. an, dass eine 345 *kg* schwere 28 *cm* Stahlgranate mit 4000 *mT* Auftreff-Energie (Auftrittsgeschwindigkeit 477.5 *m*) der im Maximum 95.5 *cm* dicken Hartgussplatte gerade noch gewachsen sei, so ist es nicht begreiflich, weshalb eine ähnliche 30.5 *cm* Stahlgranate von 455 *kg* Gewicht und 6000 *mT* Auftreff-Energie (Auftrittsgeschwindigkeit 464.3 *m*) einer 105.5 *cm* dicken, also bloss um 10 *cm* dickeren Platte nicht überlegen sein soll. Es handelt sich ja doch bei der Hartgussplatte nicht um das Durchschliessen, sondern um das Zertrümmern, und man kann annehmen, dass sich innerhalb nicht zu weiter Grenzen die Massen der Versuchsplatten wie die dritten Potenzen der Maximaldicken verhalten, was für das gewählte Beispiel zum Massenverhältnis 1000 : 1325 führt. Wenn man nun ferner annimmt, dass zur Zertrümmerung der kleineren Masse, resp. Platte, vier irgendwie vertheilte Stösse von je 4000 *mT* Energie genügen, so liegt folgender Schluss ziemlich nahe: Zur Zertrümmerung der zweiten Platte, deren Masse um nahezu $\frac{1}{3}$ grösser ist als jene der ersten, dürften vier ähnlich vertheilte Stösse von je $\frac{4}{3} \times 4000 \text{ } mT$, das ist |ca. 5300 *mT*, Energie genügen. — Es lässt sich gegen das hier Vorgebrachte zwar einiges einwenden, aber auf 6000 *mT* Energie kommt man bei aller Berücksichtigung der stichhältigen Einwürfe dennoch nicht.

7.) Supponirt man, dass die Verbesserungen in der Geschoss- und Platten-Fabrication seit der Zeit des Versuches (Oktober 1883) gleichen Schritt hielten, so steht zu erwarten, dass ein heute durchzuführender analoger Versuch zu annähernd gleichen Resultaten führen würde, wie der besprochene. Setzt man Geschosse mit grösserer Auftreff-Energie voraus, so wäre selbstverständlich die Geschosswirkung gewaltiger und somit die Zertrümmerung des Panzers noch früher zu gewärtigen.

Fig. 3.

Zusammenhang von Geschoss-Energie E in mT und Maximaldicke d in cm der Hartgussplatte nach der Formel $d = 12 E^{1/4}$; ferner E und d für 35 Kaliber lange Krupp-Geschütze, 3·5 Kaliber lange Geschosse und 2000 m Distanz.



8.) In 5.) wurde hervorgehoben, dass die Formel für Normaltreffer zu kleine Panzerstärken indiciren dürfte. Bedenkt man aber, dass die Zahl der Normaltreffer in der Praxis im Verhältnis zur ganzen, übrigens gleichfalls kleinen Trefferzahl durchschnittlich sehr gering sein wird, so kann man bis circa 6000 mT Energie* annehmen, dass die Gleichung zu Panzerstärken führt, welche für den Ernstfall ausreichen.

9.) Es lässt sich annehmen, dass die Schiffe, denen die Beschiessung eines Panzerthurmes obliegt, sich diesem aus mancherlei Gründen im Mittel durchschnittlich nur auf circa 2000 m Distanz nähern können, respective dürfen. Bestimmt man demnach für eine Reihe von Geschützen die den Geschossen derselben auf 2000 m Distanz restirenden Energien E und zieht in der Figur auf Seite 54 auf der Abscissenaxe in den, diesen Energien entsprechenden Abständen vom Nullpunkte die Ordinaten, so bezeichnen die Längen d dieser Ordinaten die nach der gebrachten Formel resultirenden Maximaldicken jener Hartgussplatten, welche für den Ernstfall den Energien E noch gewachsen sein sollen. Wir haben den eben skizzirten Vorgang für mehrere 35 Kaliber lange Krupp-Geschütze und die zugehörigen 3.5 Kaliber langen Geschosse nach den Daten der Seiten 86 und 87 des «Almanachs für die k. k. Kriegs-Marine 1886» durchgeführt, wozu noch bemerkt werden muss, dass die Energien, wie sie im Almanach angegeben sind, heute nicht nur erreicht, sondern theilweise bereits überboten werden.

Zum Schlusse noch Folgendes. Wir halten für die Küstenvertheidigung den Hartgusspanzer, respective den drehbaren Hartgussthurm mit aussen möglichst harten, entsprechend geformten Segmentplatten aus nachstehenden Gründen noch immer für rationell: Der Thurm schützt seine Vertheidiger gegen Granat- (Hohlgeschoss-) und Shrapnelfeuer, erfordert wenig Terrain, ist sturmfrei, gestattet ein Rundfeuer, kann so stark als nöthig gemacht und (beim eigentlich schon bewirkten Eingehen auf die Schumann'schen Constructionen) derart geformt werden, dass Normaltreffer ausgeschlossen sind.

Mindestens ebenso vortheilhaft wie der Hartgussthurm scheint uns die Compoundkuppel, weil ihr keiner der Vorzüge der

* Für grössere Energien halte ich mit Rücksicht auf das in 6.) Gesagte die aus der Formel resultirende Maximaldicke überhaupt für zu klein.

Hartgusskuppel fehlt, sie jedoch überdies bedeutend leichter gehalten werden kann. Dem rotirenden cylindrischen Schmiedeisen-thurm der Franzosen möchten wir aber für Küstenvertheidigungen nicht das Wort reden, denn Normaltreffer sind immerhin möglich, so dass bei der Mächtigkeit der modernen Schiffsgeschütze geradezu enorm dicke Wände nothwendig wären. Der in Bukarest erprobte, nach den Plänen des Genie-Majors Mougin erbaute Thurm konnte mit seinem 45 *cm* dicken Schmiedeisenring freilich widerstehen, denn die Geschosse hatten nur 38·7, resp. 41 *kg* Gewicht und beiläufig 300 *mT* totale Auftreff-Energie. Nachdem aber diese Projectile, wie übereinstimmend angegeben wird, dennoch 30 bis 40 *cm* tief eindrangen, so kann mit aller Bestimmtheit gefolgert werden, dass schon die 51 *kg* schweren Stahlgranaten, welche dem 35 Kaliber langen 15 *cm* Rohre zugehören, auf 1000 *m* Distanz mit ca. 500 *mT* Auftreff-Energie den Thurm sehr rasch breschirt hätten. Glimpflich wäre bei einer solchen Beschiessung vermuthlich auch die Schumann'sche Compoundkuppel nicht durchgekommen, aber mehr hätte sie meiner Ansicht nach gewiss ausgehalten als der Eisen-thurm. Übrigens sind 15 *cm* nicht die Kaliber, welche gegen Küstenbefestigungen zu wirken haben; man muss an 28-, 30·5- und 40 *cm* Kanonen denken und dann beurtheilen, wie dick und wie schwer der cylindrische Eisenring sein müsste, der den Stahlgeschossen solcher Geschütze widersteht.

IX. Der Wert der Sprengladung der Panzergeschosse.

Die maximale Wirkung eines leeren, respective blind adjustirten Panzergeschosses gegenüber mächtigen Panzern tritt stets dann ein, wenn das Projectil beim Eindringen in den Panzer, beziehungsweise beim Durchschlagen oder Zertrümmern desselben ganz bleibt und sich nicht erheblich deformirt. Wird ein Geschoss mit Sprengladung vorausgesetzt, so ist die Bedingung für die günstigste Wirkung in erster Linie wieder der Umsatz des ganzen Geschoss-Momentes in Durchschlags- oder Zertrümmerungs-Arbeit, während der später folgende Sprengeffect doch nur von secundärer Bedeutung bleibt.

Es ist also auch beim scharf adjustirten Geschosse die Hauptforderung, dass zunächst die Percussionswirkung ausgenützt

werde; das Projectil darf daher weder vorzeitig brechen noch sich während des Eindringens deformiren.

Nach Früherem leuchtet ein, dass ein derartiges Verhalten der Geschosse im allgemeinen nur gegen Schmiedeisenpanzer, und auch da nur bei nicht zu schrägem Auftreffen zu erwarten ist, weil schräg treffende Geschosse abprallen oder zerschellen.

Diese Umstände erlauben und bedingen es, zunächst

1.) die Wirkung scharf adjustirter Geschosse gegen Schmiedeisenpanzer in Betracht zu ziehen, welche bei nahezu normalem Auftreffen nicht deformirt werden.

Nunmehr können folgende zwei Fälle untersucht werden:

a) Die Sprengladung — mag sie nun aus Pulver oder einem brisanteren Präparate bestehen — entzündet sich ohne Zünder;

b) die Sprengladung wird infolge einer Zündvorrichtung zur Explosion gebracht.

Im Falle *a* ist es vollends unmöglich, dem Sprengpräparate die gerade richtige Empfindlichkeit zu geben, denn die Entzündung der Sprengladung ist beim Geschosse, das sich nicht deformirt und daher in allen seinen Theilen kalt bleibt, nur eine Folge der partiellen oder allgemeinen Temperatur-Erhöhung im Sprengraume; ist der durch den Widerstand der Platte auf das Geschoss-Innere übertragene Choc mächtig genug, eine derartige Erschütterung und Bewegung der Sprengladung hervorzurufen, dass im Sprengraume die Temperatur partiell oder allgemein auf die Entzündungs-Temperatur des Sprengpräparates steigt, so wird die Explosion oder Verbrennung der Sprengladung eingeleitet; ist der Choc zu schwach, so geht das Geschoss blind. Der letzte Fall braucht nicht weiter beachtet zu werden, die Sprengladung ist einfach wertlos. Der erste Fall lässt folgende Möglichkeiten zu:

das Geschoss ist übermächtig,

das Geschoss ist dem Ziele ebenbürtig,

das Ziel ist übermächtig.

Ist das Geschoss übermächtig, so folgt bei rechtzeitiger Entzündung der Sprengladung (und vorausgesetzt, dass das Geschoss durch dieselbe in mehrere Stücke zerrissen wird) auf die Durchschlagung oder Zertrümmerung des Panzers die Sprengwirkung innerhalb des Zieles, und der Gesamteffect wird dann in der Regel ein sehr befriedigender sein. Ist das Geschoss dem Ziele

gerade ebenbürtig, d. h. ist das Projectil gerade noch befähigt, den Panzer zu durchschlagen oder zu zertrümmern, so tritt die Sprengwirkung im hintersten Theile des Zieles auf, und der Gesamteffect wird insoferne ein maximaler, als das Innere des Zieles arg zerrissen wird, was namentlich für Schiffe verhängnisvoll werden kann. Ist das Ziel übermächtig, so wird selbst bei brisanten Sprengpräparaten die immerhin relativ geringe Sprengwirkung vornehmlich auf die Zertrümmerung des Geschosses wirken und dem Ziele selbst nicht viel anhaben, weil gewissermassen ein nach rückwärts (gegen den Geschossboden zu) im leichten Einschluss befindliches Sprengpräparat an einer starken Panzerplatte explodirt.

Nun ist es selbstverständlich, dass ein und dasselbe Geschoss gegen mancherlei Panzer wirken muss und der Choc beim Auftreffen je nach der Distanz ein verschiedener ist; es kann demnach, strenge genommen, das Sprengpräparat nur für einzelne Fälle die richtige Empfindlichkeit besitzen, und es muss und wird daher die günstigste Wirkung selbst dann zu den Ausnahmefällen gehören, wenn das Geschoss nach Wunsch zerrissen wird.

Fassen wir nunmehr die Supposition *b* ins Auge, so liegen folgende Möglichkeiten vor: die Zündvorrichtung functionirt

- rechtzeitig,
- zu früh,
- zu spät,
- gar nicht.

Die weitere Betrachtung des letzten Falles entfällt. Das Geschoss wirkt nur vermöge seiner Percussionskraft, die Sprengladung ist wertlos.

Wann wirkt nun die Zündvorrichtung rechtzeitig? Beim übermächtigen Geschoss und beim Projectile, das dem Ziele gerade noch gewachsen ist, offenbar unmittelbar nach, resp. beim Durchschlagen der letzten Schicht, beziehungsweise nach der bereits eingeleiteten Zertrümmerung des Zieles; beim inferioren Geschoss wirkt sie eigentlich nie rechtzeitig, sondern immer zu früh, denn der Sprengeffect soll nach innen zu auftreten, und das ist unter allen Umständen nur dann möglich, wenn das Ziel beinahe durchschlagen wird, ehe die Sprengladung explodirt.

Zu früh kann die Zündvorrichtung gegen jedwedem Panzerziel functioniren, und dann ist der Effect stets ein minimaler, denn

ein, mindestens nach rückwärts, im relativ leichteren Einschuss befindliches Sprengpräparat kann einem mächtigen Eisenpanzer gegenüber, selbst wenn es «detonirt», nicht viel ausrichten.

Endlich kann die Zündvorrichtung auch zu spät functioniren, insoferne man ein durch und durch gehendes übermächtiges Geschoss oder ein zurückprallendes ohnmächtiges Geschoss supponirt.

Fasst man alle diese Eventualitäten ins Auge, so leuchtet ein, dass die rechtzeitige Explosion der Sprengladung beim Geschoss mit Zündvorrichtung noch seltener auftreten dürfte, als beim Projectile ohne Zündvorrichtung. Der günstige Umstand, als Sprengladung ein brisanteres Präparat benützen und dieses durch den Zünder zur Explosion erster Ordnung (Detonation) bringen zu können, liegt zwar vor, aber dafür wird das Geschoss minder einfach und seine Manipulation etwas gefährlicher.

Bis jetzt wurde immer vorausgesetzt, das Geschoss deformire sich nicht. Diese Voraussetzung trifft in der Praxis selten zu, und wir schreiten daher zur Untersuchung des viel wichtigeren zweiten Falles, nämlich:

2.) Wirkung scharf adjustirter Geschosse gegen Schmiedeisenpanzer, welche sich deformiren oder brechen.

Ehe wir auf die nähere Untersuchung dieses Falles eingehen, sei erwähnt, dass die Supposition «Deformirung oder Bruch des Geschosses» auch für normal treffende Projectile ins Auge gefasst werden muss, denn die Mehrzahl der jetzt vorhandenen Panzergeschosse ist durchaus nicht von solcher Art, um unversehrt durch, respective in einen mächtigen Schmiedeisenpanzer zu dringen. Vorzugsweise manifestirt sich die Deformirung durch eine Stauchung der Spitze und die hiemit verbundene Vergrößerung des Kopfdurchmessers, und weiters sind die deformirten Geschosspartien stets mehr oder weniger warm. Diese Temperatur-Erhöhung der Geschossmaterie muss nothwendigerweise auch im vorderen, gleichfalls deformirten Theile des Sprengraumes auftreten und somit die vorzeitige Entzündung des beim Choc vorprallenden Sprengpräparates begünstigen. Zieht man daher wieder die früher gemachten Voraussetzungen *a* und *b* in Betracht, so liegen folgende Schlüsse sehr nahe:

ad a: Die Sprengladung (ohne Zündvorrichtung) wird vorzeitig explodiren, weil die Deformirung des vorderen Geschosstheiles und die Temperatur-Erhöhung der Geschossmaterie schon im Gange ist, während das Geschoss in den Panzer eindringt;

ad b: die Sprengladung (mit Zündvorrichtung) wird — abgesehen vom Zünder — nur dann nicht vorzeitig verbrennen oder explodiren, wenn man ein Präparat (wie etwa Gelatin-Dynamit) voraussetzt, das rüde Formveränderungen verträgt.

Wenn endlich das normal auftreffende Geschoss während des Eindringens und ehe noch die Entzündung der Sprengladung eingeleitet wird, bricht, so bleibt der gewünschte Sprengeffect jedenfalls aus, denn die Sprengladung wird dann entweder gar nicht entzündet, oder sie verbrennt einfach und vielleicht nur theilweise, oder sie explodirt im günstigsten Falle und befördert dann hauptsächlich nur die vollständige Zertrümmerung des Geschosses.

Bruch und Deformirung des Geschosses tritt aber viel sicherer ein, wenn das Projectil schräg auf den Panzer trifft, und folglich ist namentlich beim Schrägfeuer der Wert der Sprengladung sehr illusorisch. Es gibt dann gewöhnlich nur zwei Fälle: entweder prallt das Projectil ab, und dann ist es ziemlich gleichgiltig, ob die Sprengladung explodirt oder nicht, — oder das Geschoss dringt bei nicht zu schrägem Auftreffen in den Panzer und bricht dabei, so dass von einer günstigen Ausnützung der Sprengladung gleichfalls keine Rede sein kann.

3.) Wirkung scharf adjustirter Geschosse gegen Compound-, Stahl- und Hartgusspanzer.

Nach den bis jetzt vorliegenden Resultaten ist das Verhalten der Geschosse gegen derlei Panzer ein unbefriedigendes, weil selbst die besten und normal auftreffenden Stahlgeschosse deformirt werden und brechen. Von einer günstigen Wirkung der Sprengladung im allgemeinen kann daher (von schwachen Stahl- und Compoundpanzern abgesehen) gar keine Rede sein, denn die Sprengladung soll erst explodiren, wenn das Geschoss als Ganzes, und ohne sich erheblich zu deformiren, so weit als möglich in das widerstehende Mittel eingedrungen ist. Die derzeit vorhandenen Geschosse thun dies bekanntlich gegen Stahl- und Compoundpanzer nur ganz ausnahmsweise, gegen entsprechend dicke Hartgusspanzer nie, und folglich ist die Sprengladung nicht nur wertlos, sondern

geradezu schädlich, weil der Hohlraum das Brechen des Geschosses erleichtert und die vorzeitig explodirende Sprengladung nur die vollständige Zertrümmerung des Projectiles, also die Zersplitterung der Kraft begünstigt und bewirkt.

Resumirt man das Vorstehende, so drängen sich folgende Schlüsse auf: gegen Schmiedeisenpanzer ist die Sprengladung zuweilen wertvoll, oft wertlos, manchmal schädigend; gegen Compound-, Stahl- und Hartgusspanzer ist sie wertlos oder direct schädigend.

Die Frage, ob man bei den Panzergeschossen die Sprengladung nicht lieber auflassen sollte, liegt daher um so näher, als beim Festhalten an dem derzeit allgemein in Verwendung stehenden Sprengpräparat (ziemlich feinkörniges Schwarzpulver) das Zerreißen guter Stahlgeschosse durch die Sprengladung keineswegs gesichert ist. Ehe wir jedoch an die Beantwortung dieser Frage gehen, ist eine kleine Umschau hinsichtlich der jetzt vorhandenen Panzer empfehlenswert. Das Schmiedeisen finden wir noch sehr häufig, und zwar insbesondere auf Schiffen und in den englischen Küstenbefestigungen; Stahl- und Compoundpanzer sehen wir vorläufig nur auf neueren Schiffen, aber auch diese weisen in der Regel ausgedehnte Flächen auf, welche nur schwach gepanzert sind; der Hartguss und in Zukunft ohne Zweifel auch das Compound-Material finden ihre Verwendung in den Befestigungen verschiedener Mächte, doch sind die für uns wichtigen Küstenbefestigungen nirgends durchaus bloss Hartgusskuppeln, und auch in Zukunft wird man nicht nur Hartguss- und Compoundkuppeln, sondern auch Objecte bauen, gegen welche Percussions-Sprenggeschosse von Vortheil sind.

Die hier angeführten Umstände und namentlich das heute noch unleugbare Vorwiegen des Schmiedeisens legen es nahe, vorläufig die Sprengladung der vorhandenen Panzergeschosse noch nicht aufzulassen. Die Hauptaufgabe besteht somit einstweilen in der Schaffung guter Panzergeschosse mit Sprengraum, welche beim Beschiessen von modernen Panzerungen wenn möglich ganz bleiben und sich nicht zu sehr deformiren. Nebenbei muss man jedoch auch bemüht sein, ein brisantes Sprengpräparat zu erhalten, dessen möglichst rechtzeitige Detonation durch einen entsprechend eingerichteten Bodenzünder eingeleitet wird. — Führen diese Bemühungen nicht zu dem gewünschten Erfolge, so kann das Panzer-

geschoss, je nach Belieben leer oder mit irgend einer Ausfüllmasse gefüllt, geschossen werden. Der kleine Hohlraum schadet den ballistischen Eigenschaften des Geschosses nicht und ist für bestimmte Erzeugungsweisen ohnedies kaum zu umgehen.

Von diesen neuen Geschossen, deren Material Stahl sein muss, mag noch erwähnt werden, dass sie lange, also schwere Projectile sein sollen, denn nur diese halten Geschwindigkeit und Energie, und ausserdem ist bei einerlei Kaliber und gleicher Energie die Panzerwirkung des schweren Geschosses grösser als jene des leichten.

Taf. I. Zum Comparativ-Versuch im Jahre 1882 in Italien gegen 48 cm Compound- und Stahlplatten.

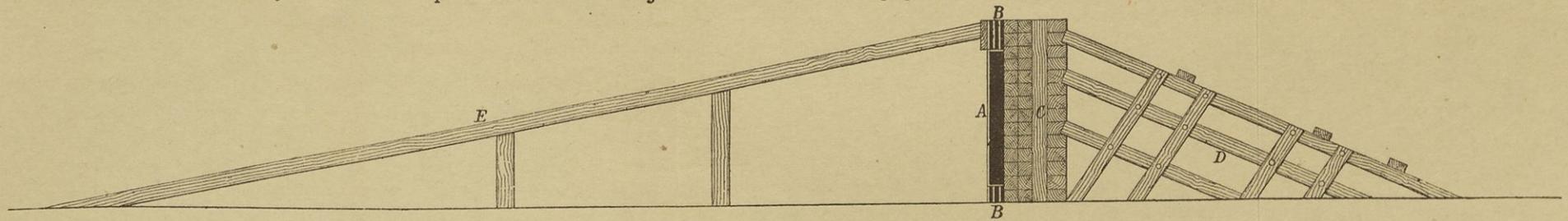


Fig. 1.

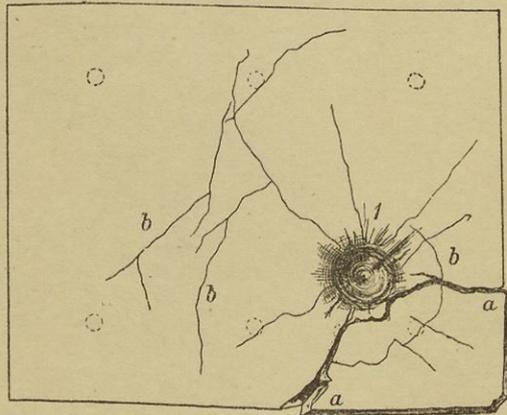


Fig. 2.

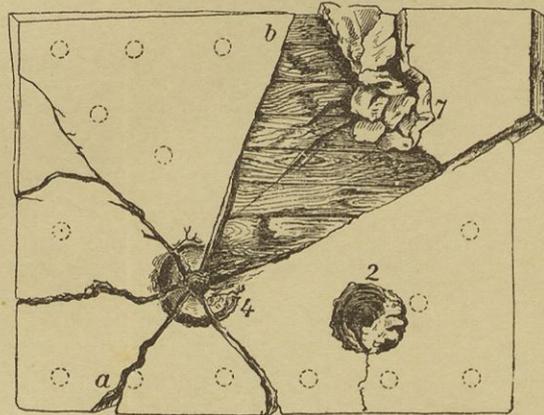


Fig. 3.

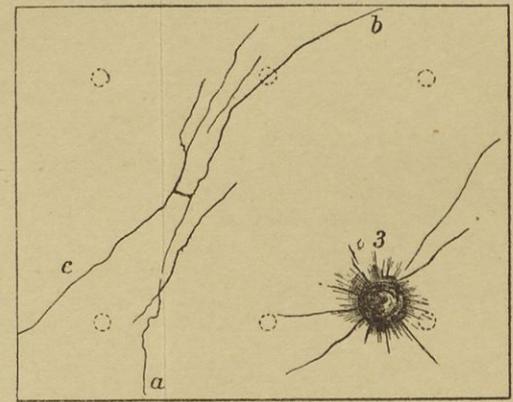


Fig. 4.



Fig. 5.

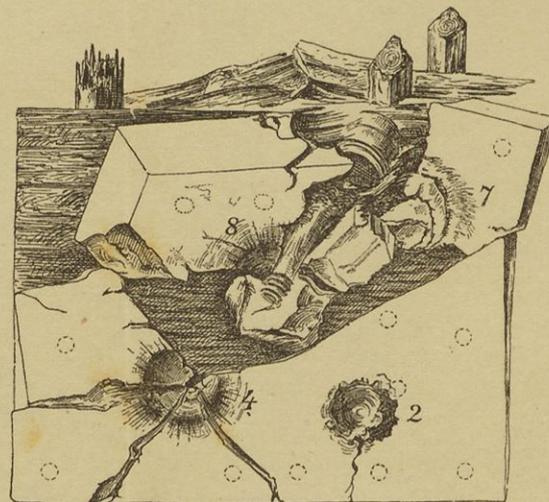


Fig. 6.

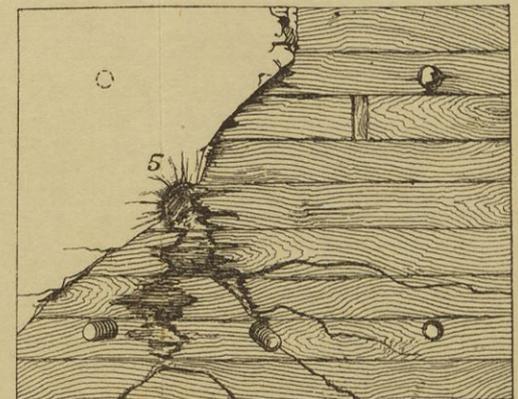


Fig. 7.

