

III.

Protokolle über die Versuche an Monier-Objecten in Breslau.

A.

Breslau, den 16. November 1886.

Auf Ersuchen der Firma Gebr. Huber, Inhaberin des Monier-Patentes für die Provinzen Schlesien und Posen, wurde heute auf deren Grundstück, Neudorfstrasse Nr. 63 hier, in Gegenwart der mitunterzeichneten Baubeamten und Privatarchitekten in Gemeinschaft mit dem städtischen Branddirektor sowie einer grösseren Anzahl Fachgenossen eingehende Belastungs- und Feuerproben mit Monier-Konstruktionen vorgenommen, welche die folgenden Resultate ergaben.

I. Belastungsproben.

Als Belastungsmaterial dienten gleichmässig geformte Cementfließen von 30 cm □, 3 resp. 7 cm stark. Das Durchschnittsgewicht der ersteren wurde mit 5,8 kg, das der letzteren mit 12,6 kg ermittelt. Die Breite der belasteten Fläche war bei sämtlichen Versuchsobjekten durch 3 Plattenbreiten auf 90 cm bestimmt worden.

1.

Es wurde eine gerade 8,5 cm starke, 1,00 m breite Platte mit 2 Stützen frei aufliegend, bei 3,00 m weiter Spannung, belastet.

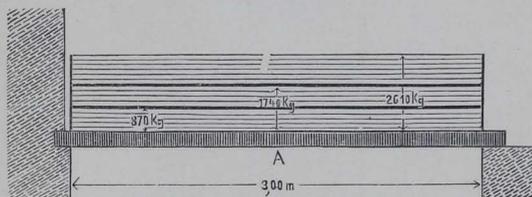


Abb. 1 a.

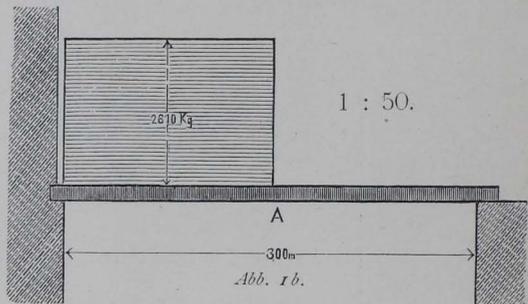


Abb. 1 b.

Belastungsergebnisse.

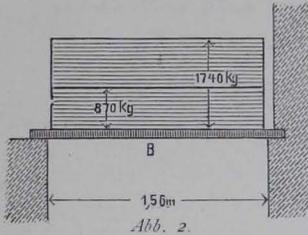
a) bei gleichmässiger Belastung.

Last im Ganzen	Last pro lfd. m bei 0,90 m Breite	Durchbiegung in der Mitte der Platte
870 kg	322 kg	0,5 mm
1740 -	644 -	2,5 -
2610 -	966,6 -	4,5 -

b) bei einseitiger Belastung
der linken Plattenhälfte

2610 kg	1933,3 kg	5,8 mm
---------	-----------	--------

Sowohl bei der gleichmässigen, als auch bei der einseitigen Belastung hatten sich weder Haarrisse noch Bruchstellen gezeigt. Nach der vollständigen Wegnahme der einseitigen Belastung verschwand auch die Durchbiegung in der Mitte, indem die Platte wieder genau in die vor der Belastung innegehabte Lage zurückging.



2.

Es wurde eine gerade 4,5 cm starke, 1,00 m breite Platte auf 2 Stützen frei aufliegend, bei 1,56 m weiter Spannung, belastet.

Belastungsergebnisse

a) bei gleichmässiger Belastung.

Last im Ganzen	Last pro lfd. m bei 0,90 m Breite	Durchbiegung in der Mitte der Platte
870 kg	621,4 kg	1 mm
1740 -	1252,8 -	3 -

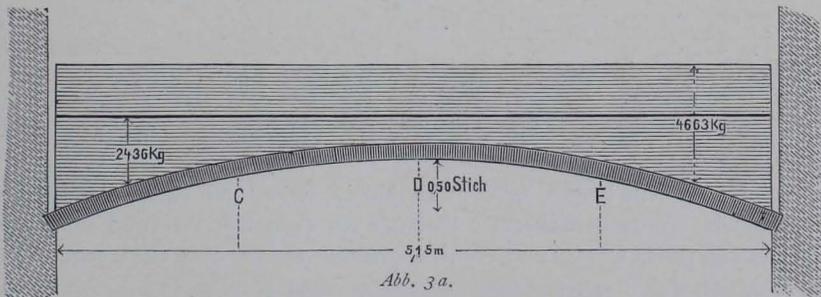
b) Gleichmässige Belastung und Stoss.

Die vorstehende Last von 1242,8 kg pro lfd. m wurde auf der Platte belassen, ausserdem von ca. 2 m Höhe ein Eisengewicht von 25 kg auf die belastete Platte geworfen, ohne dass eine während der Belastung nachhaltige Vergrösserung der Durchbiegung in der Mitte zu konstatieren war.

Weder die Belastung noch der Stoss hatten Risse oder Bruchstellen in dem Probeobjekt herbeigeführt.

3.

Es wurde ein zwischen 2 Mauern eingespanntes 7 cm starkes, 1,00 m breites Gewölbe, dessen Widerlager 9 cm tief in die Mauer eingestemmt waren, bei einer freien Spannung von 5,15 m und 0,50 m Stichhöhe belastet.



Belastungsergebnisse

a) bei gleichmässiger Belastung.

Last im Ganzen	Last pr. lfd. m bei 0,90 m Br.	S e n k u n g		
		links	Mitte	rechts
2436 kg	525 kg	0	0	0
4663 -	1000 -	1 mm schwach	1 mm stark	1 mm schwach.

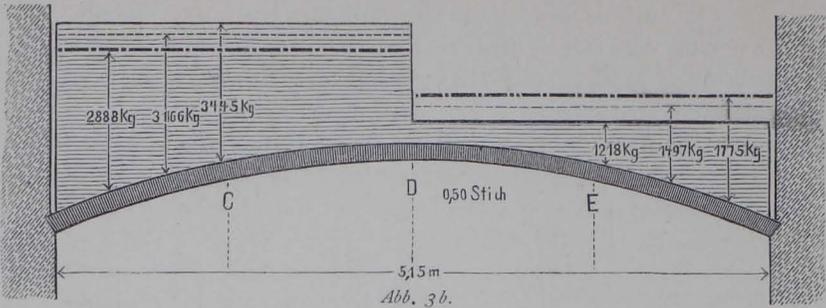


Abb. 3 b.

b) Bei ungleichmässig vertheilter Belastung.

Last links		Last rechts		Senkung und Hebung		
im	pr. lfd. m bei	im	pr. lfd. m bei	()	(+)
Ganzen	0,90 m Br.	Ganzen	0,90 m Br.	links	Mitte	rechts
2888	1245	1775	764	-1,0 mm	-0,9 mm	+0,8 mm
3166	1365	1497	646	-1,5 -	-1,0 -	+1,0 -
3445	1500	1218	525	-1,8 -	-2,0 -	+1,5 -

An den 1,30 m vom Scheitel nach rechts und links entfernten Beobachtungsmarken für die Senkung resp. Hebung des Gewölbes waren auch $1\frac{1}{2}$ m lange Lothe angebracht, um eine event. seitliche Verschiebung dieser Stellen konstatiren zu können.

Während der gleichmässigen Belastung trat keine merkbare Verschiebung ein; erst bei der letzten einseitigen Mehrbelastung von 3445 resp. 1218 kg konnte eine minimale $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ mm betragende Verschiebung von links nach rechts — also nach der weniger belasteten Stelle hin — bemerkt werden.

Auch hier zeigten sich am Probeobjekt während des Belastens weder Risse noch Bruchstellen.

Die Patentinhaber erklärten sich zu weiteren Belastungen event. bis zur Zerstörung der Versuchsobjekte 1—3 bereit; davon wurde jedoch Abstand genommen, einestheils, weil die bisherigen Resultate bereits weit über die praktischen Anforderungen hinausgingen, andererseits, damit der Firma die bis jetzt zu den Proben benutzten Objekte auch noch zu weitergehenden Versuchen erhalten blieben.

II. Feuerprobe.

Ein 2,00 m langes, 0,70 m D. Monier-Rohr, mit einer Wandstärke von 3 cm, wurde in aufrechter Stellung als Ofen benützt, und über die Hälfte mit Holz, Coaks und Kohlen gefüllt. Ueber dem Ofen lagen auf T-Trägern, der directen Gluth ausgesetzt, zwei Monier-Platten von 5 cm Stärke; zur annähernden Bestimmung des Hitzegrades dienten diverse unter den Platten angebrachte Legirungen

Zinn (Schmelzpunkt bei 230 ⁰ C.)		
Blei (- - 330 ⁰ -)		
Zink (- - 360 ⁰ -)		

In den Ofen selbst, circa 1,00 m über den Rost, wurde eine Messingstange durch den Ofenmantel gesteckt:

(Schmelzpunkt 900° C)

Während beinahe 2 stündiger Dauer und Unterhaltung des Feuers schmolzen der Reihe nach die vorhin genannten Legirungen. Die Eisen-theile, welche als Aufzugsvorrichtung um die Monier-Platten gelegt waren, erschienen dunkelroth glühend, woraus auf eine Temperatur an der untern Fläche der Versuchsplatten von pp. 700° C. geschlossen werden konnte. Nach dem Herunternehmen der Platten schmolz auf deren Oberfläche geworfenes Blei sofort, so dass mindestens eine mittlere Temperatur der Platte von 500° C. angenommen werden konnte.

Die 1,00 m lange 0,65 m breite Platte, welche beim Herunternehmen eine Durchbiegung von 4 mm und Brandrisse zeigte, wurde auf 2 I-Trägern frei, mit 0,80 m Spannung, aufgelegt und in der Mitte belastet.

Nachdem eine Last von 260 kg aufgebracht war, erfolgte die Abkühlung der Platte, ohne dass dabei eine Veränderung der letzteren zu erkennen war. Bei der darauf fortgesetzten Belastung bis 520 kg und 625 kg zeigte die Platte weitere Durchbiegungen von 2 resp. 4 mm — also mit der vor der Belastung ermittelten Durchbiegung von 4 mm im Ganzen 8 mm. — Nach weiterer Abkühlung, jedoch mit der noch vorhandenen Lasteinwirkung von 625 kg, reducirte sich nach einiger Zeit die Durchbiegung allmählig auf 7 mm und ging dann nach erfolgter Entlastung auf 6 mm zurück.

Eine Untersuchung der Platte nach diesen Manipulationen ergab, dass sie ausser den oben erwähnten Brandrissen keine weitere Beschädigung erlitten hatten.

Ausser dieser verschiedenartigen Inanspruchnahme der Platte wurde zum Schluss noch ein 20 kg Eisengewicht von ca. 1,70 m Höhe auf dieselbe geworfen; dabei erlitt die Platte eine starke Durchbiegung und mehrere Risse, ohne jedoch zerstört zu werden, so dass sie immer noch als tragfähig bezeichnet werden konnte.

Der Versuch mit der ersten erhitzten Monier-Platte verunglückte dadurch, dass die Krahnvorrichtung riss und die Platte von ca. $2\frac{1}{2}$ m Höhe auf die eisernen Träger fiel, wodurch sie zerbrach; ihre Bruchstücke hielten aber immer noch am Eisengewebe fest, und nur durch eine vollständige Zertrümmerung gelang es, die einzelnen Cementstücke frei zu machen. Letztere zeigten, trotz der erheblichen Hitze und der darauf erfolgten Abkühlung, an keiner Stelle eine Zerstörung der Cementmasse, welche vielmehr immer noch ein äusserst festes und steinhartes Gefüge behielt. Gleichzeitig wurde constatirt, dass das bei der Zertrümmerung zu Tage tretende, bisher mit Cement umhüllte Eisengewebe zwar verbogen, jedoch sonst im früheren Zustande intakt geblieben war.

Das Monier-Rohr, welches als Ofen diente und die starke Gluth — wohl gegen 1000° C. (Messing schmolz, wie oben erwähnt, sofort) —

über 2 Stunden beherbergte, erlitt geringe Veränderung. Eine vor dem Anheizen am Aeussern des Ofenmantels angebrachte Marke von 1,00 m Länge zeigte nach 2 stündigem Feuer bei der vorhin konstatariten Temperatur eine Ausdehnung von $7\frac{1}{2}$ mm an. Der Ofenmantel selbst erhielt zwar anfangs durch die starke Gluth feine Brandrisse, eine weitere Zerstörung trat nicht ein, sondern es behielt das Rohr sowohl während des Weiterfeuerns, als auch nach der Abkühlung eine derartige Struktur, dass jede spätere gleichartige Beanspruchung mit Sicherheit ihm zugemuthet werden kann. Es verdient bemerkt zu werden, dass am Aeusseren Absprengungen der Cementbekleidung nicht zu erkennen waren, dagegen im Inneren Versinterungen eingetreten sind, welche auf eine die vorher angeführten Hitzegrade weit überschreitende Temperaturhöhe im Innern schliessen lassen.

III. Adhäsion des Eisens am Cement.

Bei der Feuerprobe ergab sich als ein weiteres Resultat, dass trotz der aussergewöhnlichen Hitze, welcher die Platten ausgesetzt waren,*) ein Durchstossen der Eisenstäbe nicht stattgefunden hat, auch Losbröckelungen des Cements von den Eisenstäben nirgendwo haben beobachtet werden können. Dieser Umstand erhärtet in besonderem Maasse die Voraussetzung, welche dem Monier-Prinzip mit zu Grunde liegt, dass der Cement eine höchst haltbare Verbindung mit den Eisenstäben einzugehen im Stande ist.

Um dieses noch weiter für das Auge sichtbar zu machen, wurde der Versuch angestellt, einen 7 mm starken Eisendraht aus einem Cementbaluster herauszuziehen.

Das Versuchsobjekt, ein Ueberbleibsel einer Lieferung, hatte seit ca. 12 Jahren fortwährend im Freien, jeder Witterung ausgesetzt, gelegen. Zum Herausziehen des im Baluster nicht verankerten Eisenstabes wurde eine Hebelvorrichtung (1:5) angewendet und damit bis zum absoluten Gewicht von 1350 kg am Stab gezogen. Bei weiterer Belastung verbog sich der Hebelarm und der Draht konnte nur durch Zertrümmerung seiner Cementumhüllung freigelegt werden, wobei er in letzterer eine ganz glatte Umbettung hinterliess. Der Draht selbst zeigte, ausser einer ersichtlich von früher herrührenden Roststelle, keine Oxydation oder Querschnittsverminderung.

Um auch noch auf andere Weise den Nachweis zu führen, dass das von Cement umhüllte Eisen nicht rostet, wurden kleine Monier-

*) Entsprechend der Mittheilung über die Versuche von Bouniceau auf S. 13 betreffs der Wärmeausdehnung von Cementbeton ist hier ein Zwischensatz aus dem Protokoll weggelassen, der sich auf die verschiedene Ausdehnung der vereinigten Stoffe bezieht. Das Resultat dieser Feuerprobe ist erklärt durch das der Bouniceau'schen Versuche und bestätigt die Richtigkeit derselben.

Platten, welche seit 4 Monaten im Wasser gelegen hatten, zertrümmert. Auch hier waren an dem dabei zu Tage tretenden Eisengeflecht nirgends Roststellen zu bemerken.

IV. Zerstörung der Cementsubstanz durch Stösse.

Ein 20 kg Eisengewicht wurde von ca. 1,70 m Höhe auf eine 0,80 m frei liegende 5 cm starke Monier-Platte geworfen. Beim ersten und zweiten Wurf erfolgte beim Anprall ein elastisches Zurückwerfen des Gewichtes und war eine andere Beschädigung der Platte, als die Eindrücke der scharfen Gewichtskanten, bei diesen beiden Beanspruchungen nicht eingetreten. Beim dritten Wurf bildete sich auf der unteren Fläche der Platte eine schalenartige Loslösung von ca. 15 cm im Quadrat, während die obere Fläche eine sichtbare Loslösung noch nicht zeigte. Erst beim vierten Wurf, welcher wieder dieselbe Stelle traf, sprang die Schale ab, deren Stärke ca. 2 cm betrug, und die über derselben liegende obere Fläche zeigte nunmehr ein Loch von 3 cm Breite und 7 cm Länge. Alle anderen Theile der Platte, ebenso wie die innerhalb des Loches liegenden Eisenstabtheile blieben unbeschädigt und es konnte daher die Platte immer noch als tragfähig bezeichnet werden. Die in Versuch genommene Platte hatte eine Mischung von 1 Theil Cement und 3 Theilen Sand; sollte beabsichtigt werden, grössere Widerstandsfähigkeit gegen Stoss zu erhalten, so würde dieselbe dementsprechend durch verhältnissmässigen grösseren Cementzusatz der Mischung zu erzielen sein.

Die durch vorstehende Versuche gewonnenen Resultate wurden von den bei der Probe Anwesenden als derartig überzeugend erachtet, dass von weiteren Versuchen Abstand genommen und das Urtheil allgemein dahin abgegeben werden konnte, dass die Monier'sche Konstruktionsweise in höchstem Maasse beachtenswerth und nach den verschiedensten Richtungen hin — in vorläufig noch unabsehbarer Weise — nutzbringend zu verwerthen sei.

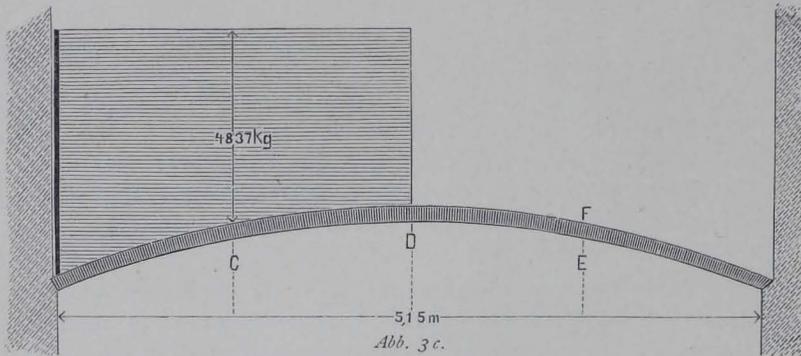
gez. Ansorge Reg.-Baumeister.	gez. v. Behr Reg.-Baumeister.	gez. Brost & Grosser Architekten.	gez. Diestel Reg.-Baumeister.
gez. Groeger Reg.-Baumeister.	gez. Gruhl Reg.-Baumeister.	gez. Hennicke Reg.-Baumeister.	gez. Herzog städt. Brand-Direktor.
gez. Kaumann Stadt-Baurath.	gez. Kessler Stadt-Bauinspektor.	gez. Labsien Reg.-Baumeister.	gez. Mende Stadt-Baurath a. D.
gez. Oesterlink Architekt.	gez. Salzmann Reg.-Baumeister.	gez. Schmidt Königl. Baurath.	gez. v. Scholtz Stadt-Bauinspektor.
gez. Schottky Architekt.	gez. Taute Reg.-Baumeister.	gez. Timmann Reg.-Baumeister.	gez. Zaar Kgl. Garn.-Bauinspektor.

B.

Breslau, den 27. November 1886.

Mit den Monier-Fabrikaten der Firma Gebr. Huber hier, sind heute in Anwesenheit der Unterzeichneten in Verfolg der Versuche vom 16. cr. noch weitere Proben vorgenommen worden, welche folgende Resultate ergaben.

- a) Die kleinere Platte Nr. 2 des vorstehenden Protokolles, auf welcher die am 16. cr. notirte Schlusslast von 1740 kg bis heute verblieben war, zeigte weder eine Vergrößerung der damals ermittelten Durchbiegung, noch irgend welche Risse oder andere Zerstörungen.
- b) Ebenso unverändert erwiesen sich der Zustand und die Abmessungen der Senkung resp. Hebung des sub Nr. 3a vorerwähnten Protokolles gezeichneten Gewölbes, trotzdem die damals aufgebraachte ungleichmässig vertheilte Last von 3445 kg resp. 1218 kg bis heute unausgesetzt auf ihm verblieben war.



Dieses Probeobjekt wurde heute einer noch grösseren Inanspruchnahme dadurch unterworfen, dass das auf der rechten Seite bisher vorhandene, zur Ausführung einer horizontalen Abgleichung aufgebraachte, Belastungsmaterial ganz entfernt, und hierdurch eine vollständig einseitige Belastung des Gewölbes auf der linken Seite hergestellt wurde. Nachdem diese einseitige Last das Gewicht von pp. 4500 kg erreicht hatte, zeigte sich auf dem rechten unbelasteten Gewölbeschenkel, 1,15 m vom Scheitelpunkte entfernt, an der Stirnseite sowie auf der Oberfläche des Gewölbes, dessen ganze Breite einnehmend, ein feiner Riss von kaum messbarer Breite. Die Vermehrung der einseitigen Last wurde sodann bis zu 4837 kg — rd. 1900 kg pr. □m — ausgedehnt, wobei sich weder der obenerwähnte feine Riss sichtlich vergrösserte, noch neue Risse oder andere Destructionen eintraten.

Die Senkung (—) resp. Hebung (+) bei der letzten Belastung
 in der Mitte des linken belasteten Gewölbeschenkels . . . = — 4,5 mm
 im Scheitel = — 4,00 -
 in der Mitte des rechten unbelasteten Gewölbeschenkels = + 4,5 -*)

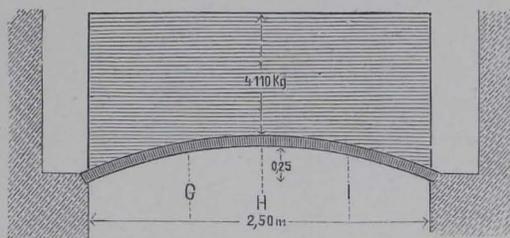


Abb. 4

c) Ein 1,00 m breites, in feste Widerlager ohne Uebermauerung eingelegtes Monier-Gewölbe von 2,50 m lichter Spannung, 25 cm Stichhöhe und 5 cm durchgehender Stärke, zeigte bei einer gleichmässig vertheilten Belastung von 4110 kg in der Mitte eine Senkung von 1,3 mm, und bei zwei, rechts und links 60 cm vom Scheitel entfernten, Beobachtungspunkten eine solche von je 1 mm; Risse etc. sowie seitliche Verschiebungen der Markzeichen traten nicht ein.

d) Das im vorgehefteten Protokolle sub II erwähnte Monier-Rohr wurde nochmals als Ofen benützt, und mit einer 1,00 m langen, 0,65 m breiten, 5 cm starken Monierplatte wie bei den früheren Versuchen bedeckt. Als ein gleicher Hitzegrad wie bei jenen Versuchen vom 16. cr. erreicht worden war, wurde die erhitzte, mit Brandrissen durchzogene Monierplatte bei 0,80 m freier Spannung mit ca. 700 kg belastet. Die in Folge der Hitzebeanspruchung und der demnächstigen Belastung entstandene Durchbiegung betrug 18 mm. Während der nun — unter dieser Lasteinwirkung — erfolgten Abkühlung der Platte **verminderte sich ihre Durchbiegung** um 3 mm, also auf 15 mm, und ging bei Vermehrung der Last bis zu 1310 kg (mithin rd. 2600 kg pr. □m) wieder in die frühere Lage mit 18 mm Durchbiegung zurück.

Nach vollständiger Entlastung der Platte waren auf ihrer Oberfläche wohl die Brandrisse, jedoch kein weiterer Bruch zu sehen, wogegen auf der Unterfläche neben den Brandrissen ein neuer Bruch in der Mitte durch die ganze Breite entstanden war. Ein Wurf mit einem 20 kg Gewicht von ca. 1,70 m Höhe zerbrach nunmehr die Platte. Eine vollständige Zertrümmerung der letzteren trat jedoch noch nicht ein, da — trotz ihrer Brüche und Risse — die Platte immer noch das

*) Die volle einseitige Belastung von 4837 kg verblieb 14 Tage lang — ohne jede weitere messbare Veränderung der oben notirten Resultate — auf dem Gewölbe. Nach Entlastung des letzteren zeigte die Marke im Gewölbescheitel eine Senkung von 1 mm, während die beiden seitlichen Beobachtungsmarken eine Hebung von 0,5 mm angaben.
 Die Patentinhaber.

Gewicht eines erwachsenen Menschen bei 0,80 m freier Spannung aufnehmen konnte, ohne dass ein Durchbruch erfolgte. Die einzelnen Steinstücke konnten nur durch Hammerschläge vom Eisengeflecht losgetrennt werden und zeigten wieder — trotz Hitze und plötzlicher Abkühlung — ein festes, steinhartes Gefüge der unzerstörten Cementmasse; ebenso unversehr trat auch das Eisengerippe zu Tage.

Das als Ofen dienende Monier-Rohr, welches nun bereits zum zweiten Male — ohne jede weitere Schutzvorrichtung und Verankerung — einer solchen erheblichen Gluth ausgesetzt worden ist, wurde auch diesmal nicht nur nicht zerstört, sondern wird auch in dem jetzigen Zustande noch öfters ohne jede Gefahr zu solchen Zwecken benutzt werden können.

- e) Der Versuch cfr. Protokoll vom 16. cr. sub III sollte mit einem ähnlichen Cementbaluster unter denselben Verhältnissen vorgenommen werden. Nachdem auf den 7 mm D Eisenstab durch die Hebelvorrichtung ein Zug von rot. 1300 kg ausgeübt worden war, brach das nicht von Cement umhüllte untere Ende des Eisenstabes ab, so dass eine weitere Beanspruchung des Versuchsobjectes für den Augenblick nicht mehr möglich war. Von den weiteren Versuchen in dieser Materie wurde im Uebrigen abgesehen, da das bereits erzielte Resultat als vollkommen ausreichend für die Beurtheilung der Sache selbst erachtet wurde. Wie beim ersten Versuch konnte auch hier das uncementirte Eisen erst durch Zertrümmerung der Cementbetonmasse freigelegt werden und ergab sich das eingebettete Eisen wiederum als gänzlich frei von Rostzerstörung.

Die bei vorerklärten Versuchen gewonnenen Resultate sind daher geeignet, die im Protokoll vom 16. cr. niedergelegten Angaben und Schlussfolgerungen vollkommen zu bekräftigen.

gez. **Bender**

Königl. Regierungsrath und Baurath
Mitglied der Königl. Eisenbahn-Direktion Breslau.

v. Münstermann

Königl. Meliorations-Bauinspektor
der Provinz Schlesien.

Weinbach

Königl. Bauinspektor.

Zaar

Königl. Garnison-Bauinspektor.