

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

~~25057~~

inw.

U. J. Zam. 356. 10.000.

HEFT B.

EISENBETON.

ON.

MAUERWERK

ERK

UND MÖRTEL.

Von

M. GARY,

Gehelmer Regierungsrat, Professor, Abteilungsvorsteher
im Königlichen Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde.

MIT 3 ABBILDUNGEN UND 3 TABELLEN.

BERLIN 1917

ERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN.



G 199 #75

19 #75

1917 109/2

Alle Rechte vorbehalten.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297144

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR EISENBETON.

BETON UND EISEN IN MAUERWERK UND MÖRTEL.

Von

M. GARY,

Geheimer Regierungsrat, Professor, Abteilungsvorsteher
im Königlichen Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde.

289



MIT 3 ABBILDUNGEN UND 3 TABELLEN

BERLIN 1917

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN.



G199 #752

xxx

1109/2



1-301585

~~I 25037~~

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.

~~ROU-B-105/2017~~
Akc. Nr. ~~3440~~ 51

Vorwort.

Auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton, die von ihm veröffentlichten Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen durch auszugsweise Bearbeitung tunlichst weiten Kreisen zugänglich zu machen, erscheint dieses Heftchen als zweites einer Reihe, die allmählich fortgesetzt werden soll, nachdem als Heft A eine Arbeit von C. Bach und O. Graf über den Widerstand einbetonierten Eisens gegen Gleiten und den Einfluß der Haken der Eiseninlagen des Betons bereits 1913 erschienen ist.

Die zur Besprechung gelangenden Versuche sind aus dem praktischen Bedürfnis heraus entstanden, das Verhalten eiserner Mauerwerksanker in verschiedenen Mörteln zu studieren. Nur nebenher sollte auch Aufschluß über die Rostfähigkeit von Eisen im Zementmörtel, dem Bindeglied des Eisenbetons, gesucht werden. Als diese Versuche — 1904 begonnen — längst im Gange waren, hat der Deutsche Ausschuss noch in zwei anderen Versuchsreihen Gelegenheit gefunden, Studien über die Bedingungen anzustellen, unter denen Rosterscheinungen an Eisen im Beton auftreten. Auf diese Arbeiten sei hier kurz verwiesen. Es sind die folgenden:

Heft 15: Versuche über den Einfluß der Elektrizität auf Eisenbeton, ausgeführt in Darmstadt von O. Berndt, K. Wirtz und E. Preuß, 1912. Heft 31: Versuche zur Ermittlung des Rostschutzes der Eiseneinlagen im Beton unter besonderer Berücksichtigung des Schlackenbetons, ausgeführt in Dresden von H. Scheit, O. Wawrziniok und H. Amos, 1915.

Gary.

Inhalts-Verzeichnis.

Veranlassung zu den Versuchen	7
Verwendete Materialien	7
Arbeitsplan	8
Mauerwerkskörper	9
Würfel für Rostversuche	9
Haftfestigkeit des Eisens im Mauerwerk	12
Wirkung der Eisenschutzmittel	
für Ziegelmauerwerk	15
für Bruchsteinmauerwerk	16
Rosten des Eisens im Mörtel	17
Rostschäden	18
Haften am Eisen	18
Überdeckungsschicht	21
Portlandzementmörtel	22
Eisenportlandzementmörtel	22
Kalkmörtel	23
Verlängerter Zementmörtel	23
Estrichgips	23
Stuckgips	23
Schlußfolgerungen	23

Auf Anregung der Bauabteilung des Königl. Preußischen Ministeriums der öffentlichen Arbeiten veranlaßte der „Deutsche Ausschuß für Eisenbeton“ im Laufe des Jahres 1904 Versuche zu dem Zwecke, die Haftfestigkeit und das Rosten von Eisen in Mauerwerk und Beton, sowie die zur Verhinderung des Rostens von Mauerwerksankern zur Verfügung stehenden Schutzmittel zu erproben.

Über den gedachten Umfang dieser Versuche ist in dem amtlichen Bericht in Heft 22 der Veröffentlichungen des „Deutschen Ausschusses für Eisenbeton“¹⁾ Aufschluß gegeben.

Versuche mit Eisen im Beton wurden damals zunächst fallen gelassen und späterem Entschlusse vorbehalten, und es blieb die Erprobung von Eisen in Mauerwerkskörpern und in Mörtel verschiedener Art. Diese Versuche wurden nach umfangreichen Vorverhandlungen und endgültiger Feststellung des Arbeitsplanes im Sommer 1906 begonnen.

Als Materialien wurden beschafft:

1. 4 Faß Portlandzement bezeichnet *a*
 2. 2 Faß Eisenportlandzement bezeichnet *b*
 3. 750 kg Estrichgips
 4. 400 kg Stuckgips
 5. 1 cbm Kalkbrei der Berliner Mörtelwerke.
 6. 2 cbm Mauersand der Berliner Mörtelwerke.
 7. 2 cbm Freienwalder Rohsand (Grobsand).
 8. 8 cbm Rüdersdorfer Kalkstein vorgeschriebener Größe.
 9. 2000 Rathenower Handstrich-Ziegel.
- } Ursprung soll nicht genannt werden.
- } Ursprungsangabe nicht erwünscht.

¹⁾ Über die Zusammensetzung dieses Ausschusses vergleiche Heft 17 der Veröffentlichungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton, Verlag von W. Ernst & Sohn, Berlin.

10. 288 Flacheisen $5 \cdot 0,7$ cm im Querschnitt, 65 cm lang.
11. 99 Rundeisen 3,5 cm Durchmesser, 100 cm lang.
12. 3825 Rundeisen 1 cm Durchmesser, auf 11 cm Länge geschnitten.

Der zu verwendende Zement sollte möglichst abgelagert sein, um einige Gewähr dafür zu haben, daß er sich während der Dauer der Herstellung der Körper, die sich bei der großen Zahl und Mannigfaltigkeit der Proben einige Wochen hinzog, nicht wesentlich veränderte. Er sollte außerdem den „Normen“ entsprechen.

Die Versuche umfaßten zwei Gruppen:

- A. Versuche mit Flacheisen ($5 \cdot 0,7$ cm) und Rundeisen (3,5 cm Durchmesser), die in Mauerwerkskörper unter Verwendung von Ziegeln und Kalksteinen (Muschelkalk) in verschiedenen Mörteln eingebettet wurden.
- B. Versuche mit Rundeisenstäbchen von 1 cm Durchmesser, die bei verschiedenen Entfernungen der Eisen von der Oberfläche der Körper in Mörtelkörper verschiedener Zusammensetzung eingestampft wurden.

Die Versuche unter A. sollten wesentlich auf Haftfähigkeit nach einigen Monaten, nach 2 und 5 Jahren, sowie nach einem offengelassenen Zeitraum x vorgenommen werden.

Die Beobachtung der Proben unter B. auf Rostangriffe war nach 1 Monat, 6 Monaten, 2 Jahren, 5 Jahren und x Jahren Alter in Aussicht genommen. Der letzte Termin sollte möglichst weit hinausgeschoben werden und ist noch nicht abgelaufen. Die Ziegelkörper wurden mit sechs verschiedenen Mörteln hergestellt, nämlich:

- a) 1 Portlandzement + 3 Sand.
- b) 1 Eisenportlandzement + 3 Sand.
- c) 1 Kalk + 3 Sand.
- d) $\frac{1}{2}$ Portlandzement + $\frac{1}{2}$ Kalk + 3 Sand (verlängerter Zementmörtel).
- e) Estrichgips.
- f) Stuckgips.

Die Bruchsteinkörper wurden nur mit den Mörteln a, d und e vermauert.

Die Eisen gelangten in reinem Zustande, d. h. von Öl und Walzhaut befreit, dann aber auch mit völlig verrosteter Oberfläche, gestrichen mit Mennige oder mit Teer und verzinkt zur Verwendung. Bezüglich der Eigenschaften der zu den Mörteln verwendeten Materialien in bezug auf Körnung, chemische Zusammensetzung, Normenfestigkeit der Zemente, Literaturgewicht usw. muß auf den amtlichen Bericht verwiesen werden.

- A. Die 288 + 99 Mauerwerkskörper der Reihen A des Arbeitsplanes wurden im Hofe des Materialprüfungsamtes auf zwei etwa 30 cm hohen Bänken aus Schotter und grobem Kies in zwei Reihen stehend und gegeneinander versetzt, von geschickten Maurern mit dem dem Arbeitsplan entsprechenden Mörtel, dem Handwerksgebrauch entsprechend aufgemauert. Abb. 1 (S. 10) zeigt die Größe und Anordnung der Körper. Sie standen auf der Baustelle bis kurz vor der Prüfung; einige Tage vorher wurden sie vorsichtig in die Prüfstellung der Abteilung I (für Metallprüfung) übergeführt, um bei möglichst gleichmäßiger Wärme und Feuchtigkeit geprüft zu werden.
- B. Zur Herstellung der Proben für die Rostversuche wurden kellengerecht angerührte Mörtelmischungen zu Würfeln von 10 cm Seitenlänge geformt, indem gleichzeitig nach Maßgabe der Grundrißskizze Abb. 2 (S. 11) je 3 Eisenstäbchen (mit oder ohne Schutzhaut) von 11 cm Länge in den Mörtel eingebettet wurden. Das geschah unter Zuhilfenahme eines besonderen eisernen Halters, um die Lage der Stäbchen zu sichern. Nach Füllung der Form wurde die Oberfläche des Würfels geglättet und das Erkennungszeichen aufgepreßt, welches das Wiederfinden jedes Körpers jeder Reihe noch nach Jahren mit Sicherheit gestattet. Nach 24 Stunden wurde die Würfelform entfernt und der Körper an die für ihn bestimmte Lagerstelle gebracht.

Die 1275 Mörtelkörper waren nach dem Arbeitsplan in 6 Gruppen zu teilen. Von diesen lagerte je eine im Freien an der Luft (auf dem Hofe des Prüfungsamtes), im Süßwasser

(in einem Betonbehälter des Laboratoriums), wechselnd an der Luft und im Süßwasser; im Seewasser, zu Munkmarsch auf Sylt; im Moorwasser des Marcardsmoores in Ostfriesland; in feuchtem Sand.

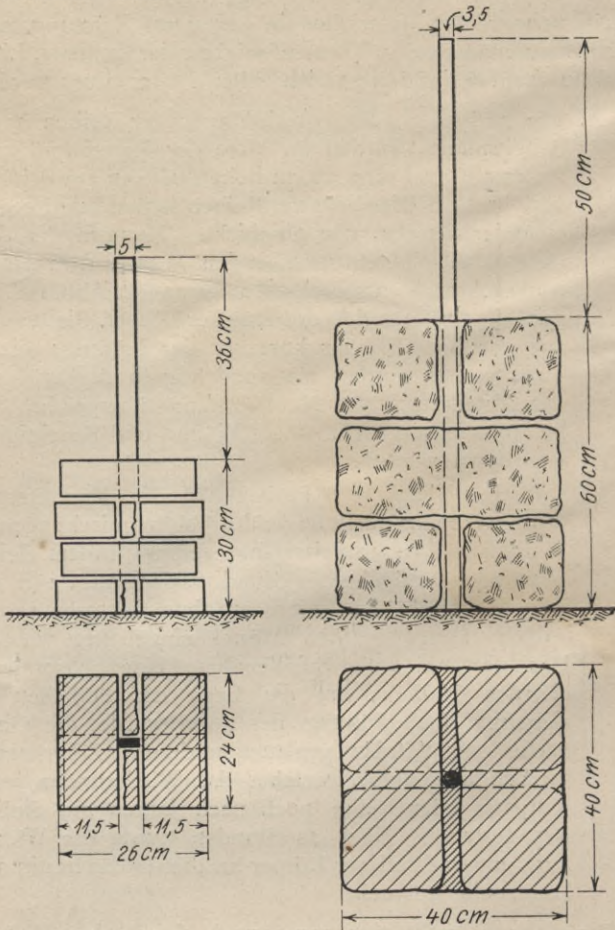


Abb. 1. Ziegel- und Bruchsteinkörper mit Flacheisen und Rundeisen.

Die wechselnd Luft und Wasser ausgesetzten Proben lagerten die ersten 8 Tage an der Luft, kamen dann 8 Tage unter Süßwasser und wurden in dieser Weise wechselnd bis zu 6 Monaten Alter behandelt. Von da ab wurde der Wechsel nur vierteljährlich einmal vorgenommen.

Die Seewasserproben wurden in Munkmarsch in einem besonderen Bauwerk untergebracht, welches am Ufer des Wattenmeeres derart errichtet ist, daß das Wasser die

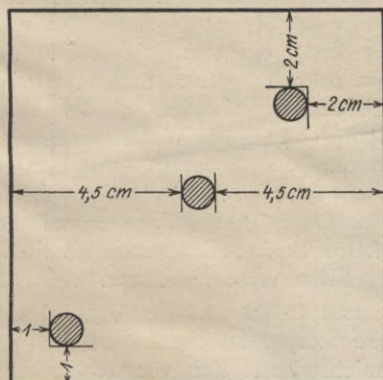


Abb. 2. Lage der Eisenstäbchen in den Würfeln.

Körper von allen Seiten frei umspülen kann. Die Körper lagen in mittlerer Wasserhöhe, so daß jede Flut die Proben einmal völlig bedeckte und jede Ebbe sie vollständig freilegte, auf diese Weise Saugwirkung ausübend¹⁾.

Die Moorproben lagen unter Aufsicht des Moorvogts zu je 30 Körpern zusammen in einem Holzkasten, 5 Kästen nebeneinander, so daß die Kästen einzeln von frischem Moor umgeben waren. Boden und Wände der Kästen waren durch-

¹⁾ Über die Beeinflussung anderer Mörtelkörper durch Seewasser an derselben Stelle vergl. II. Bericht über das Verhalten hydraulischer Bindemittel im Seewasser von Gary und Schneider, Mitt. a. d. Königl. Materialprüfungsamt 1909, S. 239 u. f.

bohrt, damit das Moorwasser von allen Seiten frei hinzutreten konnte.

Vorweg sei bemerkt, daß eine nachträglich angeordnete Untersuchung des Moores und seines Wassers ergab, daß das Wasser weder Karbonate, noch freie oder halbgebundene Kohlensäure in nennenswerten Mengen enthielt und daß auch sein Gehalt an sonstigen Kalk- und Magnesiasalzen sehr gering ist.

Die Anwesenheit merklicher Mengen sauerwirkender organischer Stoffe oder der Zersetzungsprodukte von Schwefelkies in dem Wasser ließe einen Angriff auf Mörtel und Beton befürchten, wenn infolge von Strömungen fortdauernd frisches Grundwasser dieser Beschaffenheit zu den Mörteln gelangte. Das ist aber nicht der Fall, die Wasserbewegung im Marcardsmoore ist sehr gering, und daraus erklärt es sich, daß die Körper in diesem Moor selbst nach 5 Jahren noch keine äußerlich wahrnehmbaren Beschädigungen erlitten haben. Das Moor enthält keine Stoffe, die einen unmittelbaren Angriff auf Mörtel oder Eisen vermuten lassen¹⁾.

Im Januar und in den ersten Tagen des Februar 1907 wurden sämtliche Körper an die Lagerstellen gebracht. Sie wurden erst tunlichst kurze Zeit vor der Prüfung den Lagerstätten entnommen.

A. Haftfestigkeit des Eisens im Mauerwerk.





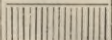
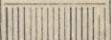
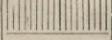
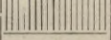
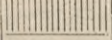
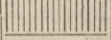

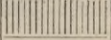
Die Prüfung der Körper der Reihe A geschah auf einer besonderen Presse (Bauart Martens), die vor jeder Versuchsreihe neu geeicht wurde.

Für jede Versuchsreihe standen 3 Körper zur Verfügung. Alle Einzelwerte, welche diese Körper lieferten, enthält der amtliche Bericht; hier sind nur die Mittelwerte aus je 3 Versuchen in Tab. 1 (S. 13 und 14) zusammengestellt.

¹⁾ Über das Verhalten von Mörtel und Eisenbeton in verschiedenen Mooren hat der Moorausschuß des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton umfangreiche Versuche im Gange, über deren Ergebnisse nach dem Vorliegen ausreichender Erfahrungen, voraussichtlich in einigen Jahren, berichtet werden wird.

Tab. I. Prüfung der Haftfestigkeit von Eisen in Mauerwerk.

Zusammenstellung der Mittelwerte.














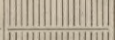





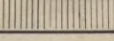
Vermauert mit	Alter der Proben in Jahren	Mittlerer Gleitwiderstand in kg/qcm				
		Eisen				
		rein	rostig	mit Teer gestrichen	mit Mennige gestrichen	verzinkt
Ziegelmauerwerk.						
Portlandzementmörtel 1 : 3	³ / ₄	7,6	15,0	9,3	2,0	15,4
	2	11,0	17,3			16,5
	5	18,4	—	16,9	15,8	20,7
Eisenportlandzementmörtel 1 : 3	³ / ₄	15,3	10,7	8,8	4,4	14,2
	2	16,2	14,0			20,9
	5	21,9	23,7	19,5	20,3	20,7
Kalkmörtel 1 Kalk + 3 Sand	³ / ₄	—	—	—	—	—
	2	—	—			14,8
	5	—	—	—	—	—
Verlängerter Zementmörtel ¹ / ₂ Zement + ¹ / ₂ Kalk + 3 Sand	³ / ₄	5,9	5,1	6,1	1,4	4,5
	2	4,6	—			5,2
	5	11,1	16,8	11,1	7,6	13,6
Estrichgips	³ / ₄	13,2	11,5	9,2	3,7	14,1
	2	2,5	—			—
	5	—	—	—	—	—
Stuckgips	³ / ₄	—	—	—	—	—
	2	—	8,7			11,3
	5	—	—	—	—	—

Fortsetzung siehe S. 14.

Tab. 1 (Fortsetzung).

Vermauert mit	Alter der Proben in Jahren	Mittlerer Gleitwiderstand in kg/qcm				
		Eisen				
		rein	rostig	mit Teer gestrichen	mit Mennige gestrichen	verzinkt

Bruchsteinmauerwerk.

Portland- zementmörtel 1:3	³ / ₄	25,0	17,0		2,6	20,1
	2					
	5	23,2	22,4		4,2	28,8
Verlängerter Zementmörtel ¹ / ₂ Zement + ¹ / ₂ Kalk + 3 Sand	³ / ₄	5,5	—		2,1	2,2
	2		22,4			
	5	9,7	—		8,4	—
Estrichgips	³ / ₄	9,6	11,0		2,9	15,8
	2					
	5	—	—		—	—

In dieser Tabelle bedeuten die schraffierten Flächen, daß keine Körper zur Prüfung vorgesehen waren; die wagerechten Striche bedeuten den Zerfall des Probekörpers. (Ein Teil der Körper leistete den Einflüssen der Witterung nicht genügend Widerstand.) Aus Tab. 1 ist ohne weiteres zu ersehen, daß vorwiegend die Körper mit Kalkmörtel, demnächst die mit Gips aufgemauerten Körper den Einflüssen der Witterung erliegen sind.

Abb. 3 (S. 15) zeigt einige Körper im Zerfall.

Der Zerfall der Körper mit Estrichgips-Fugen hat seinen wesentlichen Grund darin, daß die Niederschlagswässer frei zu den Körpern gelangen konnten, sie völlig durchtränkten und damit Treiberscheinungen im Gips hervorriefen¹⁾.

¹⁾ Daß mittelalterliche Bauwerke mit Mörtel aus Estrichgips Jahrhunderte lang bestanden haben, ist erwiesen. Vergl. Gary: Über Versuche mit Gipsmörteln. Mitt. aus dem Kgl. Materialprüfungsamt 1904, S. 50—75.

Wirkung der verschiedenen Eisenschutzmittel.

Aus Tab. 1 ist abzulesen :

1. Für Ziegelmauerwerk :

Der Mennigeanstrich hat die Gleitfestigkeit der Eisen in der ersten Zeit beträchtlich herabgesetzt. Es scheint



Abb. 3. Verwitterte Mauerwerkskörper aus Kalkstein und Gipsmörtel.

indessen, als wenn diese schädliche Wirkung des Mennigeanstrichs im Laufe der Zeit sich vermindert, denn nach 5 Jahren haben die Eisen mit Mennigeanstrich, soweit sie in Portlandzementmörtel, in Eisenportlandzementmörtel und in verlängertem Zementmörtel eingebettet waren, nicht wesentlich geringere Gleitfestigkeit ergeben als die reinen Eisen.

Der Teeranstrich hat fast denselben Gleitwiderstand ergeben, wie er bei den reinen Eisen ermittelt wurde. Ge-

ringe Verminderung des Gleitwiderstandes ist beobachtet worden im Portlandzementmörtel und im Eisenportlandzementmörtel.

Die verzinkten Eisen haben anfangs (mit Ausnahme von 3 Eisen im verlängerten Zementmörtel) im Portlandzementmörtel, im Eisenportlandzementmörtel und im Estrichgips fast gleichmäßigen Gleitwiderstand geliefert.

Später traten Verschiebungen ein, die aus Tab. 1 ersichtlich sind.

Eigenartiges Verhalten zeigen die gerosteten Stäbe. Im allgemeinen sind die Unterschiede des Gleitwiderstandes der gerosteten Stäbe gegenüber den reinen nicht erheblich. Eine Ausnahme machen aber die Stäbe im Portlandzementmörtel, die nach $\frac{3}{4}$ Jahren und nach 2 Jahren im verrosteten Zustande höhere Widerstände geliefert haben als die reinen Stäbe.

2. Für Bruchsteinmauerwerk.

Auch die runden Stäbe mit Mennigeanstrich haben die schlechtesten Gleitwiderstände geliefert. (Mit Teeranstrich sind diese Proben nicht durchgeführt worden.)

Die verzinkten Stäbe haben sich im Bruchsteinmauerwerk ganz ähnlich verhalten wie die verzinkten Flacheisen im Ziegelmauerwerk, und auch die rostigen Stäbe zeigten kein wesentlich anderes Verhalten. Nur die gereinigten Stäbe haben im Portlandzementmörtel, namentlich im Anfange der Erhärtung des Bruchsteinmauerwerkes höhere Widerstände ergeben als die Flacheisen im Ziegelmauerwerk. Der Unterschied ist aber nach 5 Jahren nur noch gering.

Betrachtet man nun die Mittelwerte der Gleitfestigkeit für jede Eisenanstrichsorte und für jeden Mörtel, besonders mit Rücksicht auf die Änderung des Gleitwiderstandes mit höherem Alter, so ergibt sich, daß der Gleitwiderstand in allen Mörteln, soweit Messungen durchgeführt wurden, von $\frac{3}{4}$ bis zu 5 Jahren gewachsen ist. Den besten Fortgang des Gleitwiderstandes zeigen die Flacheisen im Portlandzementmörtel und im Eisenportlandzementmörtel der Ziegelkörper, während in demselben Mörtel der Gleitwiderstand der runden Stäbe im Bruchsteinmauerwerk sich nicht wesentlich vermehrt hat.

Es scheint demnach, als ob der Flacheisenstab gegenüber dem Rundeisenstab für Anker im Mauerwerk den Vorzug verdient.

Was schließlich das Aussehen der Eisen nach beendeten Versuchen anbetrifft, so sind darüber in dem amtlichen Bericht die Einzelangaben enthalten.

Bei der Beurteilung der Rosterscheinungen an den Eisen muß berücksichtigt werden, daß bei der Lagerung der Körper im Freien die Gestaltung der Mauerwerkskörper und die senkrecht aus ihnen hervorstehenden Eisenstäbe für den Rostschutz des Eisens denkbar ungünstig waren.

Es sei deshalb an dieser Stelle auf die Mitteilung der Einzelergebnisse der daraufhin gerichteten Beobachtungen verzichtet und auch dieserhalb auf den amtlichen Bericht verwiesen.

Über die Rosterscheinungen und Rostfortschritte in den verschiedenen Mörteln haben die Versuche der zweiten Versuchsreihe B ausreichende Aufschlüsse geliefert.

B. Rosten des Eisens im Mörtel.

Befund an den Mörtelkörpern.

Alle Körper verhielten sich in Luft und in Wasser, beim Wechsel von beiden, im Seewasser wie im Moorwasser und auch im feuchten Sande gut und rissfrei mit zwei Ausnahmen: Einige der im Wattenmeer lagernden Körper aus Eisenportlandzementmörtel zeigten nach 2 Jahren Lagerung durchlaufende Risse, die wesentlich in der Richtung der Stampffuge auftraten und sich nach 5 Jahren auch noch in einigen weiteren Körpern derselben Art bemerkbar machten. Da die Körper in der Mischung 1 : 4 mit Grobsand hergestellt, also für das Seewasser auch im Inneren zugänglich waren, müssen Zersetzungs- und Treiberscheinungen, die innere Spannungen hervorrufen, in diesen Körpern angenommen werden¹⁾.

Ferner sind die Kalkmörtelkörper c während der Beobachtungszeit zum Teil mürbe geworden, zum Teil zerfallen.

¹⁾ Über die Wirkungen des Seewassers auf Zementmörtel sind die Berichte in den Mitt. aus dem Kgl. Materialprüfungsamt Jahrgang 1900 Ergänzungsheft I und 1909 S. 239 u. f. zu vergleichen.

Alle übrigen Mörtelkörper haben sich gut gehalten bis auf einige aus Estrichgips, die infolge von Rostbildung Schäden aufwiesen.

Im Marcardsmoor sind an den Mörtelkörpern keine Schäden aufgetreten. Vergl. S. 12.

Rostschäden.

Die Ergebnisse der Beobachtungen der verschiedenen behandelten Eisenstäbe in verschiedenen Mörteln bei verschiedener Lagerungsart sind in Tab. 2 und 3 übersichtlich zusammengestellt. Um die Übersicht zu erleichtern, ist von wörtlicher Beschreibung der beobachteten Erscheinungen abgesehen und es sind Zeichen eingeführt worden, welche den Vergleich erleichtern.

Zeichen-Erklärung.

- Rostpunkte.
- Rostfleck.
- ∞ Rostflächen.
- ⊙ Stab völlig verrostet.
- ⊙ Eisen durch Rost stark angegriffen.
- Z Oxydation der Verzinkung.
- M Angriff des Mennigeanstrichs.

Allgemein wurde beobachtet:

1. Sämtliche Eisenstäbe hafteten fest in allen Mörteln bis auf die in den Kalkmörtelkörpern c, da letztere im Wetter teilweise zerstört, teilweise sehr mürbe geworden waren.
2. Die Tiefe der Einlagerung der Eisenstäbe im Mörtel erwies sich im allgemeinen als ohne Einfluß auf die Rosterscheinungen.

An den Eisenstäben in den Portlandzementmörtelproben „a“ und den Eisenportlandzementproben „b“, die abwechselnd in

Tab. 2. Ergebnisse der Beobachtung von Eisenstäbchen in Mörtel

Die Körper sind erhärtet	Alter der Versuchskörper	a) Portlandzement 1 Portlandzement + 4 Freiwalder Grobsand					b) Eisenportlandzement 1 Eisenportlandzement + 4 Freien- walder Grobsand				
		Eisen					Eisen				
		rein	rostig	mit Teer	mit Mennige	ver- zinkt	rein	rostig	mit Teer	mit Mennige	ver- zinkt
an der Luft	1 Mon.	○	⊗				⊗				
	6 Mon.	∞	⊗			○	⊗				
	2 Jahre	∞	⊗	••		○	⊗	••			
	5 Jahre	●	⊗	○		○	⊗	○		Z	
in Süßwasser	1 Mon.	○	⊗				⊗				
	6 Mon.	∞	⊗				⊗				
	2 Jahre	∞	⊗				⊗				
	5 Jahre	∞	⊗			Z	○	⊗		Z	
wechselnd in Luft und Süßwasser	1 Mon.	○	⊗			••	⊗				
	6 Mon.	○	⊗			○	⊗				
	2 Jahre	○	⊗			∞	⊗			••	
	5 Jahre	○	⊗			Z	∞	⊗	••	○ Z	
in Seewasser	1 Mon.	••	⊗			••	⊗				
	6 Mon.	••	⊗			Z	○	⊗		Z	
	2 Jahre	○	⊗			Z	∞	⊗	m	Z	
	5 Jahre	○	⊗			Z	∞	⊗	m	Z•	
in Moorwasser	1 Mon.	••	⊗			••	⊗				
	6 Mon.	○	⊗			••	⊗			Z	
	2 Jahre	∞	⊗			Z	○	⊗	m	Z	
	5 Jahre	∞	⊗			Z	∞	⊗	m	Z	

Tab. 3. Ergebnisse der Beobachtung von Eisenstäbchen in Mörteln.

erhärtet	Alter der Versuchskörper	c) Kalkmörtel 1 Kalk + 4 Mauersand ¹⁾					d) verlängerter Zementmörtel 1 Portlandzement + 1/2 Kalk + 5 Mauersand				
		Eisen					Eisen				
		rein	rostig	mit Teer	mit Mennige	verzinkt	rein	rostig	mit Teer	mit Mennige	verzinkt
außer Luft	1 Mon.		⊗				⊗				
	6 Mon.		⊗				⊗				
	2 Jahre	⊙	⊗			∞	⊗	⊙			
	5 Jahre	⊙	⊗	⊙	<i>m</i>	∞	⊗	⊙	⊙	⊙	
	<i>x</i> Jahre										
Sand	1 Mon.	⊙	⊗			⊙	⊗				
	6 Mon.	⊙	⊗			⊙	⊗				
	2 Jahre	⊙	⊗			⊙	⊗	⊙	⊙	⊙	
	5 Jahre	⊙	⊗	⊙	⊙	⊙	⊗	⊙	⊙	∞	
	<i>x</i> Jahre	⊙									
erhärtet	Alter der Versuchskörper	e) Estrichgips					f) Stuckgips				
		Eisen					Eisen				
		rein	rostig	mit Teer	mit Mennige	verzinkt	rein	rostig	mit Teer	mit Mennige	verzinkt
	1 Mon.	∞	⊗				∞	⊗			
	6 Mon.	⊙	⊗		<i>m</i>	∞	∞	⊗		∞	
	2 Jahre	⊙	⊗	∞	⊙ <i>m</i>	∞	⊙	⊗		⊙	
	5 Jahre	⊙	⊗	⊙	∞ <i>m</i>	⊙	⊙	⊗	⊙	⊙	
	<i>x</i> Jahre										
	6 Mon.	∞	⊗								
	2 Mon.	⊙	⊗		<i>m</i>						
	2 Jahre	⊙	⊗	⊙	<i>m</i>	∞					
	5 Jahre	⊙	⊗	⊙	<i>m</i>	⊙					
	<i>x</i> Jahre										

¹⁾ Körper nach 2 Jahren mürbe, teilweise zerfallen. Nach 5 Jahren schreitet der fall fort.

Luft (3 Monate) und im Wasser (3 Monate) lagen, zeigten sich zum Teil die Rosterscheinungen um so stärker, je näher die Stäbe der Außenfläche der Körper standen. Doch waren die Unterschiede gering¹⁾.

Die Einzelbeobachtungen können hier nicht sämtlich wiedergegeben werden und auch auf das in dem amtlichen Bericht enthaltene Bildmaterial muß verzichtet werden. Nur die wichtigsten Erscheinungen an den Körpern seien mitgeteilt.

a) Portlandzementmörtel.

Die mit Mennige gestrichenen Eisenstäbe sind bis nach 5 Jahren vollkommen rostfrei und ohne Angriff geblieben.

Demnächst haben sich die mit Teeranstrich versehenen Eisenstäbchen tadellos gehalten und nur in den Mörteln an der Luft sind nach 2 Jahren vereinzelt kleine Rostflecke aufgetreten, die sich nach 5 Jahren nur wenig vergrößert haben, ein Beweis dafür, daß Mennige- und Teeranstriche selbst in sehr mageren und durchlässigen Zement-

¹⁾ Bei der Besichtigung einer Reihe beschädigter Eisenbetonbauten in Schlesien hat ein besonderer Ausschuß des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton u. a. festgestellt, daß an Stellen, an denen säurehaltiges Niederschlagswasser an den Eisenbetonbauten herabfloß, der Säureeinfluß bis 2 cm tief im Beton zu beobachten war. Wenn der Säurestrom die Eiseneinlagen berührt hatte, so war an diesen Stellen Rost entstanden. Eine Anschlagstelle ließ erkennen, daß das Rundeisen bei einer Umhüllung von 1,5 cm durch den Säureangriff gerostet war; das 2,3 cm tief eingebettete Nachbarisen war rostfrei geblieben. An der Rostbildung in diesen Bauwerken war häufig die mangelhafte Ausführung schuld. Wenn Bügel, Abständeisen, Trageisen an den Außenflächen der Träger sichtbar werden oder nur ganz geringe Betonüberdeckung aufweisen, so sind damit ohne weiteres Einfalltore für den Rost gegeben. Der Ausschuß hat deshalb die Frage erörtert, welche Überdeckungsschicht — tadellose Ausführung vorausgesetzt — ausreicht, um selbst beim Eintreten von Rissen und unter ungünstigen Luftverhältnissen das Eisen vor der Zerstörung durch Rost zu schützen. Die neuen Eisenbeton-Bestimmungen schreiben 2 cm Betondicke über den Bügeln vor, das bedeutet eine Stärke von reichlich 2,5 cm über den Trageisen. Diese Vorschrift ist auf gewöhnliche Verhältnisse zugeschnitten. Die Ausschußmitglieder glaubten aber feststellen zu können, daß auch unter sehr ungünstigen Umständen eine Überdeckung von mindestens 3,5 cm Stärke ausreichend erschien, selbst beim Vorhandensein von Rissen. (Vergl. Lorenz-Meyer: „Rißbildung in Bauwerken aus Eisenbeton“. Zentralblatt der Bauverwaltung 1917, S. 245.)

mörteln das Eisen auf lange Jahre hinaus vor dem Roste zu schützen vermögen.

Der durchlässige Portlandzementmörtel an sich allein hat den Rostangriff nicht völlig zu verhindern vermocht, und auch die Verzinkung der Eisen konnte die Rostbildung nicht verhindern, wobei allerdings zu beachten ist, daß die Eisen sehr nahe unter der Oberfläche lagen.

b) Eisenportlandzementmörtel.

Auch im Eisenportlandzement hat der Mennigeanstrich das Eisen am besten vor Rost zu schützen vermocht; nur im Seewasser und im Moorwasser ist nach 2 Jahren eine Beschädigung des Mennigeanstriches aufgetreten, die möglicherweise allmählich zur völligen Zerstörung des Schutzanstriches führen kann.

Der Teeranstrich hat nach 2 Jahren bei Aufbewahrung an der Luft den Beginn der Rostbildung nicht aufzuhalten vermocht. Auch bei Wechsel von Luft und Wasser hat sich unter dem Teeranstrich, nach 5 Jahren beginnend, Rostbildung gezeigt.

Die verzinkten Eisen erlitten an der Luft und im Süßwasser beginnende Oxydation der Verzinkung, bei wechselnder Aufbewahrung der Eisenportlandzementmörtel-Körper in Luft und in Wasser haben sich nach 2 Jahren fortschreitend wachsende Rostflecken gezeigt und im Seewasser nach 5 Jahren.

c) Kalkmörtel.

In den Kalkmörtel-Körpern hat sich ebenfalls der Mennigeanstrich am besten bewährt. Er zeigt an der Luft nach 5 Jahren nur geringe Beschädigung und hat zwar unter feuchtem Sande nach 5 Jahren die Bildung von Rostflecken nicht ganz zu verhindern vermocht, hat aber doch bis dahin das Eisen geschützt. Auch der Teeranstrich hat im Kalkmörtel die Rostbildung bis zu 5 Jahren aufzuhalten vermocht.

Die verzinkten Eisen haben sich im Kalkmörtel an der Luft völlig tadellos gehalten, unter feuchtem Sande dagegen schon nach 2 Jahren Rostflecken und Oxydation der Verzinkung erlitten.

Die reinen Eisen haben an der Luft nach 2 Jahren

fortschreitend zu rosten begonnen; unter feuchtem Sande hat die Rostbildung im Kalkmörtel sofort eingesetzt und ist fortgeschritten. In noch höherem Maße rosten die bereits rostig eingelegten Eisen weiter.

d) Verlängerter Zementmörtel.

Die Mörtel aus $\frac{1}{2}$ Portlandzement + $\frac{1}{2}$ Kalk + 5 Mauer-sand hat im wesentlichen die Eisen nicht besser zu schützen vermocht als der reine Kalkmörtel, im Gegenteil hat weder der Mennigeanstrich noch der Teeranstrich den Beginn des Rostens länger als höchstens 2 Jahre aufzuhalten vermocht. Die reinen Eisen haben im verlängerten Zementmörtel noch ausgedehntere Rostangriffe erfahren als im reinen Kalkmörtel. Daraus wird zu schließen sein, daß bei Einlagerung von Eisen in Zementmörtel mit Kalkzusätzen Vorsicht am Platze ist.

e) Estrichgips.

Wie zu erwarten war, haben die in Estrichgips eingebetteten und mit diesem an der Luft und unter feuchtem Sande gelagerten Eisen sehr starke Rostangriffe schon nach kurzer Zeit erlitten. Selbst der Mennigeanstrich zeigt im Estrichgips schon nach 6 Monaten Angriffe und kann in der Luft die Eisen nur etwa 2 Jahre vor dem Beginne des Rostens schützen, welches dann schnell fortschreitet.

f) Stuckgips.

Der Mennigeanstrich und der Teeranstrich haben die Eisen im Stuckgips immerhin bis zu 5 Jahren vor dem Beginn des Rostens geschützt. Die Verzinkung dagegen hat fast nichts genützt, da bereits nach 6 Monaten zusammenhängende Rostflächen aufgetreten sind und schon nach 2 Jahren die Eisenstäbe vollständig mit Rost überzogen haben. Selbstverständlich sind auch die Eisen ohne Schutzanstriche stark gerostet.

Schlußfolgerungen.

Die von dem Ausschuß bei Aufstellung des Arbeitsplanes am 5. Dezember 1904 aufgeworfenen drei Fragen lassen sich nach dem Ergebnis der Versuche unter Vernach-

lässigkeit der aufgetretenen Abweichungen und Beiseitelassung der Einzelheiten vorbehaltlich des Ergebnisses längerer Beobachtung kurz wie folgt beantworten:

1. Ist Eisen in verschiedenartigem Mauerwerk mehr oder weniger dem Rostangriff ausgesetzt oder davor geschützt?

Eisen in Mauerwerk bedarf der Schutzanstriche, soweit es nicht in dichtem Fortlandzementmörtel oder Eisenportlandzementmörtel eingebettet wird. In allen anderen Mörteln, auch im verlängerten Zementmörtel unterliegt es allmählich starkem Rostangriff.

2. Welche Haftfestigkeit tritt zwischen dem Mörtel und der Oberfläche des Eisens ein?

Die Haftfestigkeit des Eisens ist nur in Zementmörteln erheblich und mit einiger Sicherheit zu erwarten; sie schwankt je nach der Zusammensetzung des Mörtels. Schutzanstriche mit Mennige und Teer vermindern anfangs die Haftfestigkeit.

3. Welchen Einfluß übt die verschiedenartige Oberflächenbeschaffenheit des Eisens — Anstrich, Rostdecke, Verzinkung usw. — auf die genannten Eigenschaften aus; ist die größere oder geringere Entfernung der Eiseneinlage zur Außenfläche des Mauerkörpers von Einfluß und sind chemische Verbindungen zwischen Mörtel und Eisen anzunehmen?

Die Haftfestigkeit wird am ungünstigsten durch Mennigeanstrich beeinflusst, demnächst durch Teeranstrich. Mit der Zeit hört diese ungünstige Wirkung der Anstriche auf. Rost und Verzinkung beeinflussen die Haftung im Portlandzement nur wenig. Die Lage der Eisen nahe der Mörteloberfläche ist nur schädlich bei sehr undichtem Mörtel. Chemische Verbindungen zwischen Mörtel und Eisen sind nicht anzunehmen.

Fragen über das statische Verhalten von Verbundkörpern aus Eisen und Beton blieben bei diesen Versuchen außer Betracht und wurden späterer Entschließung und besonderen Versuchen vorbehalten, die vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton fortgesetzt in großem Umfange ausgeführt worden sind und noch weiter ausgeführt werden.

S-98



S. 61



I-301595

Deutscher Ausschuss

Heft 4

**Widerstand einbetonierteu
Einfluß der Nuten.**Von Dr.-Ing. C. Bach, Baudirektor,
Professor des Maschineningenieurwesens
und O. Graf, Ingenieur.

Mit 16 Abbildungen.

1913.

geh. 1 M.

*Durch Erlaß empfohlen in Preußen, Sachsen, Württemberg.***Erläuterungen zu den
Eisenbetonbestimmungen 1916 mit Beispielen.**

Von Dr.-Ing. W. Gehler.

Professor an der Königl. Sächs. Techn. Hochschule, Dresden.

Mit 29 Abbildungen.

1917.

geh. 2,60 M.

Der Eisenbetonbau.

Ein Leitfaden für Schule und Praxis.

Von C. Kersten, Bauingenieur u. Kgl. Oberlehrer.

Teil I. Ausführung und Berechnung der Grundformen.**Zehnte neubearbeitete Auflage.**

Mit 232 Abbildungen.

1913.

geb. 5,20 M.

Teil II. Anwendungen im Hoch- und Tiefbau**mit Anhang: Erläuterungen zu den neuen Eisenbeton-
bestimmungen vom Jahre 1915.****Achte neubearbeitete Auflage.**

Mit 573 Abbildungen.

1917.

kart. 5,40 M.

Veranschlagen von Eisenbetonbauten.**Grundlagen für den Entwurf und für die Kosten-
berechnung von Tief- und Hochbauten.**

Von Dr.-Ing. A. Kleinogel.

Privatdozent an der Technischen Hochschule, Darmstadt.

Mit 28 Abbildungen.

1913.

geh. 8,60 M.

Statische Tabellen.**Belastungsangaben und Festlegungen für die Aufstellung
von Balken, Stützen und Platten.**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297144

geb. 4,40 M.

- Einführung in die Berechnung der im Eisenbetonbau gebräulichen biegungsfesten Rahmen.** Von Dipl. Ing. H. v. Bronne
Mit 113 Textabb. 1913. geh. 6,— M., geb. 6,80
- Die Berechnung der Rahmenträger mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung.** Von Dr.-Ing. Fr. Engelber, Geh. Olbaurat, Professor an der Techn. Hochschule in Karlsruhe.
Mit 42 Textabb. 1913. *vergriffen*
- Zweite neubearbeitete Auflage *erscheint nach dem Kriege.*
- Der Rahmen.** Einfaches Verfahren zur Berechnung von Rahmen aus Eisen und Eisenbeton mit ausgeführten Beispielen. Von Dr.-Ing. W. Gehler, o. Professor a. der Kgl. Technischen Hochschule zu Dresden.
Mit 190 Textabb. 1913. *vergriffen*
- Zweite neubearbeitete Auflage *erscheint nach dem Kriege.*
- Statisch unbestimmte Systeme des Eisen- und Eisenbetonbau**
Von Oberingenieur Dr.-Ing. Friedr. Hartmann, jetzt Professor a. d. Techn. Hochschule, Wien.
Mit 353 Abb. 1913. geh. 8 M., geb. 8,80
- Rahmenformeln.** Gebrauchsfertige Formeln für einhüftige, zwstiellige, dreieckförmige und geschlossene Rahmen aus Eisen oder Eisenbetonkonstruktion nebst Anhang mit Sonderfällen teilweise und ganz eingespannter Träger. Von Dr.-Ing. A. Kleinlogel, Privatdozent a. d. Techn. Hochschule, Darmstadt.
169 Rahmenfälle mit 338 Abb. 1914. geh. 10 M., geb. 11
- Beitrag zur Berechnung der Rahmenträger.** Von Dr.-Ing. O. Mohr, Geheimer Rat und Professor.
Mit 22 Abb. 1915. geh. 1
- Berechnung mehrstielliger Rahmen unter Anwendung statisch unbestimmter Hauptsysteme.** Von Dr.-Ing. W. Nakonz, RegBaumeister.
Mit 92 Textabb. 1915. geh. 4,20
- Der Einfluß der Längs- und Querkräfte auf statisch unbestimmte Bogen- und Rahmentragwerke.** Von Dipl.-Ing. Rueb.
Mit 6 Textabb. u. 3 Tafeln. 1913. geh. 2,60
- Beiträge zur Berechnung der im Eisenbetonbau üblichen elastischen Bogen und Rahmen.** Von Dr.-Ing. K. W. Schaeckterle, Regierungsbaumeister. *Zweite neubearbeitete Auflage.*
Mit 164 Textabb. 1914. geh. 6,80 M., geb. 7,60
- Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke und der elastischen Bogenträger mit Rücksicht auf die Anwendung der Praxis zur Berechnung der durchlaufenden und der mehrstöckigen Rahmen in Eisenbeton, sowie der eingespannt gelenklosen Brückengewölbe.** Mit gebrauchsfertigen Tabellen für die Einflußlinien von Gewölben und ausführlichen Rechnungsbeispielen. Von Ingenieur A. Straßner.
Mit 157 Textabb. 1916. geh. 16 M., geb. 17,50
- Berechnung mehrstöckiger Rahmen mit Rücksicht auf die Veränderlichkeit des Trägheitsmomentes.** Von Ing. A. Straßner.
Mit 21 Textabb. 1912. geh. 2,60
- Zur Statik der Stockwerkrahmen.** Von R. Wuczkowski, Ingenieur.
Mit 14 Textabb. 1912. *Zweite neubearbeitete Auflage.* geh. 1,60

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301595

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297144