

# Die Verhinderung des Rostens der Eiseneinlagen im Eisenbeton

Autor(en): **Zschokke, Bruno**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69/70 (1917)**

Heft 6

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-33830>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Die Verhinderung des Rostens der Eiseneinlagen im Eisenbeton. — Wettbewerb für Fassaden-Entwürfe zum Bahnhof- und Post-Neubau in Biel. — „Drahtkultur“. — Miscellanea: Elektrische Kabelreidelei. Sulfitspiritus als Motorbrennstoff. Neubauten im Hafen von Amsterdam. Erweiterung des Wasserwerks in Mannheim.

Untergrundbahn in Madrid. — Nekrologie: H. U. Meister. J. C. Schneider. — Konkurrenzen: Bebauungsplan der Gemeinde Leysin. — Vereinsnachrichten: Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Band 69.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 6.

## Die Verhinderung des Rostens der Eiseneinlagen im Eisenbeton.

Von Privatdozent *Bruno Zschokke*, Adjunkt der Schweizerischen Materialprüfungsanstalt in Zürich.

In einem früheren in dieser Zeitschrift veröffentlichten Aufsatz<sup>1)</sup> besprach der Verfasser an Hand umfassender, vor kurzem in Deutschland angestellter und veröffentlichter Untersuchungen die Erscheinungen und Ursachen des Rostens der Eiseneinlagen im Eisenbeton und deutete darin auch kurz alle jene Momente an, durch welche diese Rostungserscheinungen beseitigt oder zum mindesten bedeutend verringert werden könnten. Als solche Momente wurden genannt:

1. Der Beton darf nicht zu mager sein, d. h. er soll möglichst viel Zement enthalten, einmal um die Menge des rostschützenden Kalkhydrats zu vermehren, zweitens um die Dichte des Betons zu erhöhen, wodurch das Eindringen der äussern atmosphärischen Luft und damit auch der den Kalk neutralisierenden Kohlensäure erschwert wird.
2. Das Füllmaterial des Betons darf keinerlei Stoffe enthalten, die das Eisen chemisch angreifen (so z. B. keine oft schwefelhaltige Lokomotivlöse).
3. Die Betonüberlagerung über den Eiseneinlagen darf nicht zu dünn sein.
4. Der Beton soll im Laufe der Zeit nicht rissig werden, sei es zufolge Ueberlastung des Bauwerks, sei es zufolge von Schwindungserscheinungen.

Im weitem wurde auf die Versuche von *Gary* verwiesen, welcher Eisenstäbe in verschiedenen Zuständen (blank, verrostet, mit Teer- und Menniganstrich versehen, sowie verzinkt in Würfeln aus Zementmörtel verlegte, diese der Einwirkung von freier Luft, Süsswasser, Meerwasser usw. aussetzte, und hernach das Verhalten der Eiseneinlagen nach kürzern oder längern Zwischenräumen beobachtete. Aus allen erwähnten Untersuchungen geht als Hauptresultat hervor, dass *dichter, fetter* Zementmörtel, bezw. Beton bei genügender Dicke der Ueberlagerung über den Eiseneinlagen das Rosten dieser letztern ganz oder jedenfalls auf lange Zeit hinaus zu verhindern vermag, solange im Beton keine bis auf die Eiseneinlagen reichenden Schwindrisse auftreten, die als die eigentlichen Einfallporten des Rostens zu betrachten sind. Andererseits haben die *Gary'schen* Versuche gezeigt, dass zwar ein Mennigüberzug der Eiseneinlagen diese wenigstens fünf Jahre lang vor Rost zu schützen vermag, wobei aber nicht ausser acht zu lassen ist, dass es sich bei den *Gary'schen* Versuchen nicht um einen eigentlichen Beton handelte, wie er in der Praxis verwendet wird, sondern um völlig rissfreie Versuchskörper aus Zementmörtel 1:4. Verzinkte Eiseneinlagen wurden bei diesen Versuchen stark angegriffen.

Da andererseits die Verhinderung der Bildung von Schwindrissen im Beton ein sehr schwieriges, ja vielleicht sogar ein unlösbares Problem darstellt, und Schwindrisse, besonders bei fettem Beton, stärker auftreten, als bei magerem, so stellte sich die Frage, ob die Gefahr der Rostbildung der Eiseneinlagen nicht wirksamer mit andern als den genannten Mitteln bekämpft werden könne. Mit Bezug auf diese Frage sei zunächst auf einen Vortrag verwiesen, den der Verfasser im Zürcher Ingenieur- und Architektenverein gehalten hat.<sup>2)</sup> In diesem Vortrag gab er einen Ueberblick über einige neuere theoretische Gesichtspunkte

zur wirksamen Bekämpfung der Rostgefahr des Eisens im allgemeinen und leitete daraus auch einige praktische Nutzanwendungen ab, die sich seitdem mit Erfolg verwirklicht haben. Diese neuern Rostbekämpfungsmethoden beruhen auf dem eigentümlichen und seinem innersten Wesen nach auch heute noch nicht völlig aufgeklärten physikalischen Prinzip der sogen. „*Passivierung*“ des Eisens. Das Wesentliche dieser Erscheinung besteht darin, dass blankes Eisen, wenn es in die *wässerigen Lösungen* gewisser chemischer Verbindungen (auch bei Möglichkeit von Luftzutritt) völlig untergetaucht wird, sich darin auf unbeschränkte Zeit unverändert erhält. Die Ursachen dieses merkwürdigen Verhaltens des Eisens sind, kurz angedeutet, elektrochemischer Natur und beruhen im wesentlichen darauf, dass bei Berührung des Eisens mit genannten Lösungen, die Lösungs- und elektrischen Spannungserscheinungen, die sonst bei Eisen in Berührung mit reinem Wasser, vielen andern Salzlösungen, verdünnten Säuren usw. auftreten und eine unvermeidliche Begleiterscheinung des Rostprozesses bilden, hier nicht auftreten. Der Konzentrationsgrad der passivierenden Lösungen spielt bei ihrer rostschützenden Wirkung allerdings insofern eine grosse Rolle, als die Schutzwirkung erst von einer bestimmten Konzentration an auftritt. Systematische, wissenschaftliche Untersuchungen, die namentlich von *Heyn* und *Baur* in Berlin ausgeführt wurden, wie auch zahlreiche praktische Versuche haben nun gezeigt, dass von allen passivierenden Verbindungen die *Chromsäure* und ihre *wasserlöslichen Salze*, wie Kalium- und Natriummonochromat und -bichromat, bei weitem die wirksamsten sind. Im Laboratorium des Verfassers liegt eine Eisenprobe, die seit August 1910 in eine offene, 1%ige Lösung von Kaliumbichromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) getaucht ist, bis heute nicht das Geringste an Gewicht eingebüsst hat und so vollständig blank ist wie am ersten Tag. Andere Versuche haben gezeigt, dass die untere Grenze der rostschützenden Wirkung der Lösungen bei einem Chromsalzgehalt von etwa 1/20% liegt; allerdings spielt hierbei auch das gegenseitige Mengenverhältnis von Lösung zu Eisen eine gewisse Rolle. Die hier geschilderte äusserst energische, rostschützende Wirkung der wässerigen Chromsalzlösungen hat auch schon in verschiedenen Formen und zu den verschiedensten Zwecken erfolgreiche praktische Anwendung gefunden. So werden sehr verdünnte Chromsalzlösungen zum Innenschutz von ausser Betrieb stehenden Dampfkesseln und Reservoirs, als Zirkulationsflüssigkeit in Warmwasserheizungen, zum längern Aufbewahren von blanken Gegenständen aus Eisen und Stahl, als Kühlflüssigkeit bei Arbeiten auf der Drehbank usw. benutzt, in Form von Fettemulsionen überdies als äusserst wirksame Rostschutzfette.

Es lag nun nahe zu prüfen, ob die passivierende Wirkung der Chromsalzlösungen nicht auch mit Vorteil zum *Schutz der Eiseneinlagen* im Eisenbeton verwendet werden könnte. Bei Betrachtung dieses Problems muss man zunächst die eigentümliche Erscheinung in Berücksichtigung ziehen, dass die passivierende Wirkung der Chromsalzlösungen, durch Zusatz gewisser anderer, wasserlöslicher Salze oder sogar fester Körper mehr oder weniger beeinträchtigt, ja sogar direkt ins Gegenteil verkehrt wird. In diesem Sinne wirken namentlich sehr energisch die Chloride und Sulfate der Alkalien und alkalischen Erden (also z. B. Kochsalz, Chlorcalcium und Chlormagnesium, Glaubersalz, Bittersalz usw.), sodass also überall da, wo das Eisen der korrodierenden Wirkung von Kochsalzsoole oder Meerwasser ausgesetzt ist, die Chromate als rostschützender Zusatz zu diesen Lösungen ausser Betracht fallen.

<sup>1)</sup> Vergl. Band LXVII Seite 285 (10. Juni 1916).

<sup>2)</sup> „Zum heutigen Stand der Rostfrage und neue Gesichtspunkte und Mittel zur Rostverhinderung.“ Band LXV, S. 123 und 133 (März 1915).

Um nun vorerst festzustellen, welchen Einfluss die Bestandteile des Zements, namentlich das beim Anmachen desselben stets auftretende freie Kalkhydrat auf die rostschützende Wirkung der Chromate ausüben, wurde ein blankes Eisenplättchen bei freiem Luftzutritt in 100 Gramm einer 0,5%igen Kaliumbichromatlösung eingetaucht, die als Bodensatz 5 Gramm Portlandzement enthielt. Nach einjähriger Lagerung war das Plättchen mit einem äusserst feinen mattgrauen Schleier von Calciumcarbonat überzogen, zeigte aber keine Spur von Rostbildung, womit der Beweis erbracht ist, dass das aus dem Zement sich abspaltende freie Kalkhydrat die passivierende Wirkung der Chromsalze nicht zu beeinträchtigen vermag. Allerdings bildet sich beim Zusammentreffen von Kalkhydrat und doppelchromsaurem Kali oder Natron, Kalium- bzw. Natriummonochromat und Calciumchromat; aber auch dieses letztere Salz besitzt, wie vom Verfasser durchgeführte Versuche zeigen, ebenfalls in hohem Masse passivierende Eigenschaften.

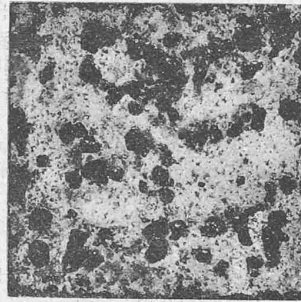
Auf Grund dieser Feststellungen wurden nun eine Reihe von Versuchen angestellt, um die Rostschutzwirkung von mit Chromsalzen versetzten Zementen bzw. Zementmörteln im Vergleich zu jener von gewöhnlichen Zementen festzustellen. Zu dem Zweck wurde jeweils eine bestimmte Menge guten Portlandzementes mit einer bestimmten Menge gewöhnlichen Wassers, bzw. Chrom-

den Eisenplatten sehr innig haftet und selbst durch kräftiges Beklopfen mit einem kleinen stählernen Hammer nicht zum Ablättern gebracht werden kann.

Nach dem Erhärten des Zements wurden die Platten, mit der präparierten Seite nach oben, auf Untersätzen gelagert, in flache Glasschalen gelegt, an deren Boden sich eine Schicht Wasser befand. Jeden Tag einmal wurden sodann die Platten mit Hilfe eines Zerstäubers mit einem Gemisch von gleichen Teilen destilliertem Wasser und kohlensaurem Wasser (Siphon) gleichmässig betaut, dann die Schalen mit Glasplatten zugedeckt und bei gewöhnlicher Temperatur sich selbst überlassen. Nach kürzerer oder längerer Zeit, Wochen oder Monaten, waren die mit gewöhnlichem Zementbrei bestrichenen Eisenplatten über und über mit Rostflecken bedeckt, während die mit Zementbrei unter Zusatz von Chromsalz bestrichenen Platten *vollständig rostfrei blieben*. Die in den Abbildungen 1 bis 6 wiedergegebenen Photographien

solcher Platten, mit den dazugehörigen Angaben über deren Präparierung und Expositionszeit mögen am anschaulichsten die intensiv rostschützende Wirkung der chromsalzhaltigen Zementanstriche dartun.

Man kann nun auf Grund dieser Versuche den Schutz der Eiseneinlagen im Eisenbeton auf zweierlei Art vornehmen. Im einen Fall werden sie mit einem *Anstrich*, bestehend aus einer chromsalzhaltigen Zementschicht, bestrichen und nach Erhär-



Plättchen der ersten Versuchsreihe, nach zwei Wochen:  
Abb. 1. Anstrichmasse bestehend aus 20 Teilen Portlandzement und 12 Teilen Wasser.

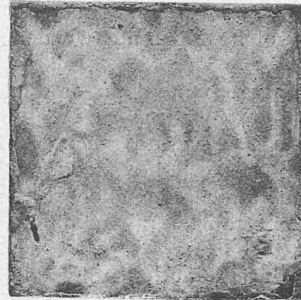
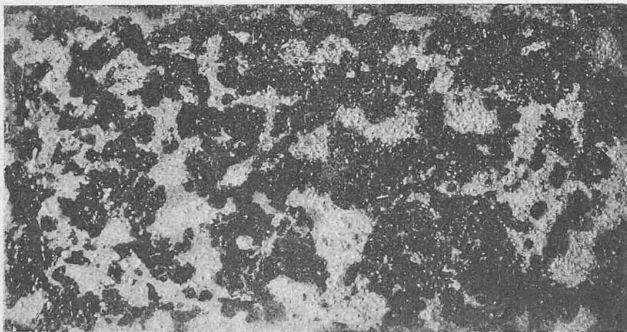


Abb. 2. Anstrichmasse bestehend aus 20 Teilen Portlandzement und 20%iger Lösung von  $K_2Cr_2O_7$ .



Plättchen der zweiten Versuchsreihe nach einer Dauer von drei Monaten:  
Abb. 3. Anstrichmasse bestehend aus 10 g Portlandzement, 10 g pulverisiertem Normalsand und 7 g Wasser. Gewicht des aufgetragenen Anstrichs in getrocknetem Zustand 0,75 g.



Abb. 4. Anstrichmasse bestehend aus 10 g Portlandzement, 10 g pulverisiertem Normalsand und 7 g 2%iger Lösung von  $K_2Cr_2O_7$ . Gewicht des aufgetragenen Anstrichs in getrocknetem Zustand 0,75 g.

salzlösungen verschiedener Konzentration zu einem strichgerechten Brei verrieben und mit diesen Massen die blankgeschmirgelte Vorderseite von Flusseisenplättchen verschiedener Grösse möglichst gleichmässig bestrichen. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Gewicht der Anstrichmassen — auf Trockensubstanz berechnet — bei den Platten ein und derselben Versuchsreihe gleich oder wenigstens annähernd gleich war; die Rückseite und die Schmalseiten der Plättchen wurden stets mit einem zweimaligen Anstrich von Asphaltlack versehen. Bei diesen Versuchen wurde, was mit Rücksicht auf einen noch später zu besprechenden Punkt, sehr wichtig ist, festgestellt, dass die Adhäsion des Zementanstrichs am Eisen in hohem Masse von dessen Wassergehalt abhängt; enthält die Paste zu wenig Wasser, so springt die Zementschicht nach dem Eintrocknen glatt von der Unterlage ab; ist jedoch der Wassergehalt richtig gewählt, d. h. werden auf 100 Teile Zement etwa 40 bis 50 Teile Wasser genommen, so entsteht auf dem Eisen eine Kruste, die, sofern sie während den ersten 5 bis 6 Tagen des öfters und reichlich mit Wasser befeuchtet wird, an

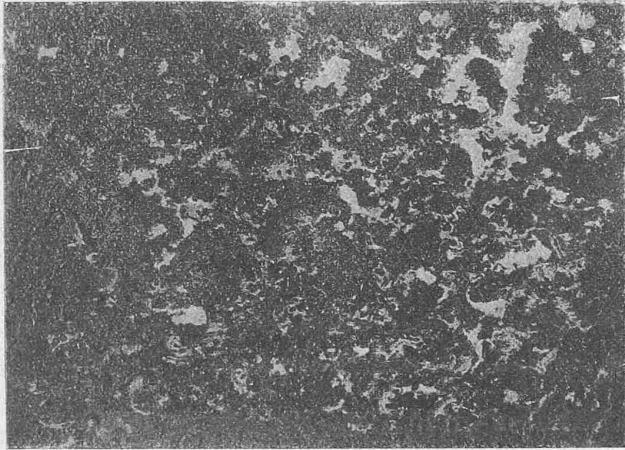
den Eisenplatten sehr innig haftet und selbst durch kräftiges Beklopfen mit einem kleinen stählernen Hammer nicht zum Ablättern gebracht werden kann.

Verfahren I. Das erste Verfahren hat den Vorteil, dass dadurch die Eiseneinlagen sehr gut geschützt werden, umso mehr, als derartige dünne Zementschichten auf Eisen, wenn richtig ausgeführt, nicht rissig werden; auch ist der Verbrauch an Chromsalzen ein relativ geringer. Derartig präparierte Platten, die auf dem Dach der Materialprüfungsanstalt gelagert, jeder Witterungsunbill ausgesetzt waren, zeigten nach einem Jahre nicht die geringste Riss- oder Rostbildung.

Es ist auch nicht zu befürchten, dass bei diesem Verfahren durch das Aufbringen des nassen Betons der Chromsalzgehalt im Zementanstrich der Eiseneinlagen etwa wieder ausgelaugt werde. Um über diesen Punkt völlige Klarheit zu bekommen, wurden folgende Versuche angestellt: Rundeisenabschnitte von 150 mm Länge und 18 mm

Durchmesser wurden beim ersten Versuch mit einer Schlichte, bestehend aus Portlandzement und einer konzentrierten Lösung von Calciumchromat, beim zweiten Versuch mit einer Schlichte aus dem nämlichen Zement, angemacht mit 5%iger Kaliumbichromatlösung bestrichen und während 24 Stunden erhärten gelassen. Nach dieser Zeit wurden die Stäbe in die Mitte einer eisernen Form gebracht (Abb. 7), wie sie zur Herstellung der zu Druckversuchen bestimmten Zementmörtelwürfel verwendet wird, sodann die Form mit einem Mörtel, bestehend aus 1 Teil Portlandzement und 3 Teilen Normsand, angemacht mit 16% Wasser, gefüllt. Der Wasserzusatz wurde absichtlich so hoch gewählt, damit die Konsistenz des Mörtels derjenigen eines nassen Betons entsprach. Nach achttägiger Erhärtung der beiden Würfel wurden sie mit Hammer und Meissel so bearbeitet, dass die Eiseneinlagen schliesslich nur noch von einer 2 bis 3 mm dicken Mörtelschicht umkleidet waren. Diese

bildung im Zementanstrich eintritt, ist durch mehrfache direkte Versuche bestätigt worden. Zu dem Zwecke wurden eine Anzahl kleiner, quadratischer blankgeschmirgelter Flusseisenplättchen auf einer Seite mit einem Anstrich von reinem Portlandzement versehen, eine andere Partie mit einem Anstrich, bestehend aus Portlandzement mit Zusatz von 2-, bezw. 5%iger Kaliumbichromatlösung angemacht. Nach dem völligen Abbinden der etwa 0,5 mm dicken Zementschichten wurden darauf mittels einer Stahlnadel Furchen von 0,5 bis 1,0 mm Breite gezogen, sodass in diesen Furchen durchwegs das blanke Metall zutage trat. Die Platten wurden nun, wie Seite 58 angegeben, täglich mit kohlenstoffhaltigem Wasser bespritzt und während drei Monaten in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft gelagert. Es zeigte sich dabei, dass die Platten, die mit reiner Zementschicht bestrichen worden, nach kurzer Zeit stark rosteten, am stärksten natürlich in den Furchen (Abb. 8), wogegen



Plättchen der dritten Versuchsreihe nach einer Dauer von sechs Monaten:

Abb. 5. Anstrichmasse bestehend aus 20 g Portlandzement und 12 g Wasser.

Gewicht des aufgetragenen Anstrichs im getrockneten Zustand 0,80 g.

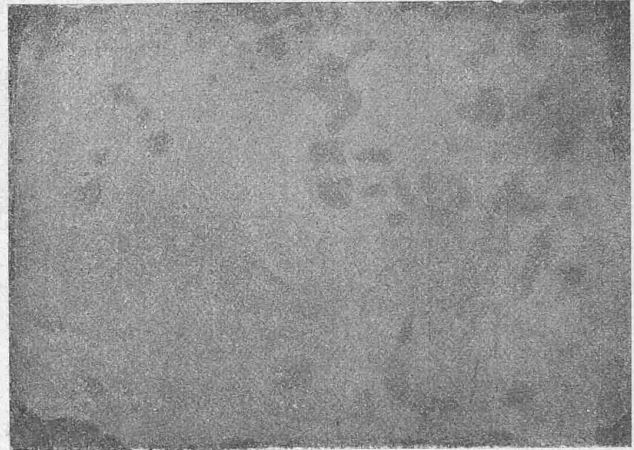
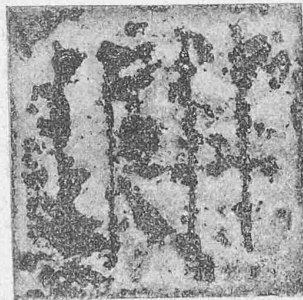


Abb. 6. Anstrichmasse bestehend aus 20 g Portlandzement, und 12 g 5%iger Lösung von  $K_2Cr_2O_7$ .

Gewicht des aufgetragenen Anstrichs im getrockneten Zustand 0,92 g.\*

Schicht wurde schliesslich durch Abfeilen bis auf den Zementanstrich der Eiseneinlagen entfernt und das so gewonnene Pulver längere Zeit hindurch mit kochendem Wasser extrahiert. Der abfiltrierte Absud zeigte *nicht die geringste Gelbfärbung*, ein Beweis, dass während oder nach dem Einstampfen des nassen Mörtels um die Eiseneinlagen, aus deren Anstrich kein Chromsalz ausgelaugt und in den anliegenden Zementmörtel eingedrungen war.



Versuchsplättchen mit nach erfolgtem Anstrich eingerissenen Furchen, nach drei Monaten:

Abb. 8. Anstrich bestehend aus Zement und Wasser.

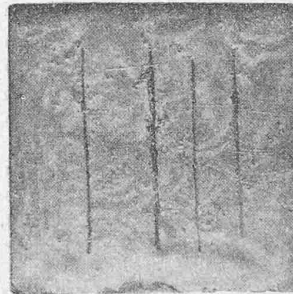


Abb. 9. Anstrich aus Zement und 5%iger Lösung von  $K_2Cr_2O_7$ .

\*) Die dunklern Flecken rühren nicht von Rost, sondern von ungleicher Färbung des Zementanstrichs her.

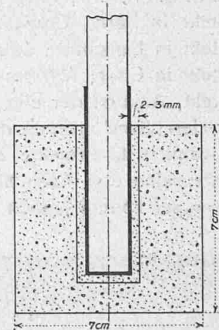


Abb. 7.

Aber selbst für den Fall, dass in dem Zementanstrich der Eiseneinlagen Risse entstehen sollten und dass Feuchtigkeit oder Nässe durch die Poren oder Schwindrisse im Beton bis zu den Eiseneinlagen vordringen sollten, wäre ein Auftreten von Rost an den Risstellen des Anstrichs der Eiseneinlagen entweder gar nicht oder jedenfalls in weit geringerem Masse zu befürchten, als bei gewöhnlichen Zementanstrichen ohne Chromsalzzusatz, und zwar darum, weil nach Versuchen des Verfassers<sup>1)</sup> die passivierende Wirkung der Chromsalzlösungen sich nicht nur auf diejenigen Teile des Eisens erstreckt, die mit der Chromsalzlösung in direkter Berührung stehen, sondern auch noch auf eine gewisse Strecke darüber hinaus. Dass diese „Fernwirkung“ der Passivität auch für den oben erwähnten Fall der Rost-

die Platten mit chromsalzhaltigem Zement — und zwar auch an den Furchen — selbst nach mehreren Monaten vollständig frei von Rost blieben, wie aus der Abbildung 9 deutlich zu ersehen ist.

Verfahren II. Nach Verfahren II erhalten die Eiseneinlagen des Betons keinerlei Anstrich; dagegen wird dem Anmachwasser des Betons die nötige Menge Chromsalz zugesetzt. Resultate über Versuche im Grossen nach diesem Verfahren liegen noch nicht vor. Man darf aber annehmen, dass bei diesem Verfahren die Wirkung die nämliche, ja vielleicht sogar noch eine bessere ist, als bei Verfahren I, weil im Vergleich zur Eisenmasse die darauf wirkende Menge Chromsalz eine ungleich grössere ist, ein Umstand, auf dessen Wichtigkeit schon Heyn hingewiesen hat.

(Schluss folgt.)

<sup>1)</sup> Vergl. Band LXV, S. 133 (20. März 1915) unter 4).