

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 67/68 (1916)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Ueber das Rosten der Eisenanlagen im Eisenbeton  
**Autor:** Zschokke, Bruno  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-33021>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Beschränkung auferlegte. Frey will alles, was nur irgendwie eine Verschiebung erträgt, der Zukunft überlassen, so namentlich den zweigleisigen Ausbau, den er blos im Unterbau vorbereiten möchte.

Es werden zwei Varianten behandelt, Projekt I und Projekt II, wie sie im beigedruckten Plänen ersichtlich sind. Eine Tracébeschreibung hierzu ist wohl überflüssig. Bei beiden Projekten sind als Hauptobjekten nahezu 3 km lange Tunnels durch den Rücken des Sonnenberges vorgesehen. Das Projekt I enthält außerdem noch einen kleinen Tunnel von 650 m Länge durch die Rotegg, südlich von Luzern. Dieses Projekt behält auf eine wesentlich grössere Länge als dies jetzt der Fall ist, die Ausfahrttrichtung aus dem Bahnhof bei und würde für dessen Erweiterung wesentlich günstigere Bedingungen schaffen. Sodann sieht es die Anlage einer Station für die industriereiche Ortschaft Kriens vor. Bei der Station Littau würde die Berner Linie mit einem 21 m hohen Viadukt und die Emme auf einer eisernen Brücke übersetzt. Das neue Tracé von der Bahnhof-Ausfahrt bis gegen Horw hin hätte auch die

Brünigbahn mit aufzunehmen, deren Schmalspur-Geleise zwischen die Schienen der Normalspur gelegt würde. Die Beseitigung des Dammes, auf dem jetzt die Brünigbahn in den Bahnhof Luzern eingeführt ist, würde für eine Erweiterung der Geleiseanlage viel Raum und Bewegungsfreiheit schaffen. Es wird noch auf die Möglichkeit hingewiesen, die Berner Linie ebenfalls über die neue Station Kriens zu führen und sie vermittelst eines neben dem neuen Sonnenberg-Tunnel liegenden, noch etwas längeren Tunnel, hinter der Station Littau in die alte Linie einmünden zu lassen; hierbei müsste indessen auf die (wohl mögliche) Beibehaltung einer Station Littau jedenfalls Bedacht genommen werden. — Die Gesamtkosten nach Projekt I sind auf 20 850 000 Fr. veranschlagt, ohne die Erweiterung des Bahnhofs Luzern auf 18 300 000 Fr.

Projekt II behält die bestehende Ausfahrt aus dem Bahnhof Luzern bei, wodurch die Verkümmерung der Lindnerischen Idee einer weit ausholenden Stationsgeraden unverzüglich festgelegt würde. Bei Emmenbrücke ist auf der Anhöhe des „Rothen“ eine Station vorgesehen, die allerdings etwa 25 m über der Ortschaft liegen würde. Die Gesamtkosten für dieses Projekt betragen 16 960 000 Fr. bei zweigleisiger und 14 400 000 Fr. bei eingleisiger Anlage der Strecke Luzern-Emmenbrücke.

Bei beiden Projekten ist angenommen, dass die alte Linie bis Station Emmenbrücke, bzw. bei Projekt I bis Rothenburg, beibehalten würde, ersteres schon wegen der sie benutzenden Züge der Seethalbahn.

Die Belastung der einzelnen Linien mit Zügen würde durch die vorgeschlagenen Projekte wesentlich verminder. Statt der 85 Züge, die jetzt das linke Ausfahrtsgleise Luzern-Sentimatt (Abzweigung der Berner-Linie) benutzen, wären es blos noch etwa 40. Eine Reihe anderer Vorteile ergeben sich, namentlich bei Projekt I, für die Stadtverweiterung von Luzern. Gegenüber einer Lösung durch

eine grössere Längenentwicklung bei Rothenburg hätten diese Projekte den Vorzug geringerer Länge und zwar um 1,5 km bei Projekt I und um 2,2 km bei Projekt II. Eine Reihe kleinerer Vorteile kann hier übergegangen werden. Als Vorzug des Projektes I gegenüber II ist noch dessen stark verminderter Tunnelsteigung zu nennen.

Die vorliegenden Projekte verdienen jedenfalls eine ernsthafte Beachtung, nachdem doch aus offiziellen Kreisen hinsichtlich der dringend gewordenen Lösung der Rothenburger Rampenfrage nichts bekannt geworden ist.

Der Kritik ist natürlich, wie bei allen derartigen Projekten, ein weiter Spielraum offen. Es seien nur folgende Punkte berührt, die wohl auch dem Projektverfasser selbst als verwundbare Stellen nicht entgangen sein werden: Bei Projekt I die offene Linie im Bereich des Schiessplatzes der Luzerner Allmend; das Einlegen des Brünig-Geleises zwischen die Schienen der Normalspur (man vermutet hier den Gedanken des Umbaues der Brünigbahn auf Normalspur); der hohe Damm am Littauerberg (die geringe Seitenneigung des Terrains bietet durchaus

keine Gewähr gegen Rutschungen). Bei Projekt II: Die Lage der neuen Station Emmenbrücke auf einem 25 m hohen Berggrücken und die Beibehaltung der alten Bahnstrecke Emmenbrücke-Rothenburg.

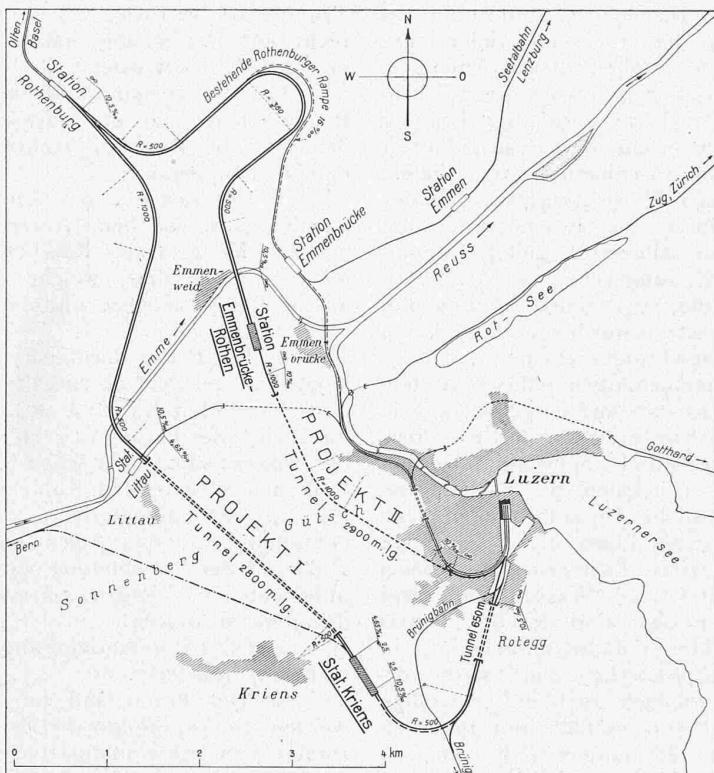
A. Trautweiler.

### Ueber das Rosten der Eiseneinlagen im Eisenbeton.

Von Privatdozent Bruno Zschokke, Adjunkt d. Schweiz. Materialprüfungsanstalt.

Die Konstruktionen in Eisenbeton haben in den letzten zwei Jahrzehnten in allen Kulturländern einen ganz ungeahnten Aufschwung genommen und insbesondere auf dem Gebiet des Brückenbaus hat diese neue Bauweise glänzende Triumphe gefeiert. Und doch kann man sich bei der Eigenartigkeit dieses neuen Baumaterials der Sorge nicht ganz erwehren, wie es wohl mit der Haltbarkeit der daraus erstellten Bauwerke im Laufe der Jahrzehnte und Jahrhunderte bestellt sein werde. Hierbei kommen vielleicht weniger die Fragen der Frost- und Wetterbeständigkeit, als vielmehr gewisse physikalische Eigentümlichkeiten des Betons, sowie als deren Folgeerscheinung die chemische Zerstörung der Eiseneinlagen in Betracht. Was die erstgenannten zwei Momente anbetrifft, liegen, soweit es sich um Bauwerke handelt, die ausschliesslich aus Beton oder aus eigentlichen Kunststeinen unter Verwendung von Zement erstellt wurden, bis heute wenigstens, keine ungünstigen Erfahrungen vor, die dazu berechtigen würden, derartigen Baumaterialien mit Misstrauen zu begegnen, obwohl angesichts der verhältnismässig kurzen Zeit, seit der sie verwendet werden, ein endgültiges Urteil über deren Wetterbeständigkeit noch als verfrüht betrachtet werden müsste.

Nicht ganz mit dem nämlichen Gefühl der Sicherheit und Beruhigung steht man aber den Bauten aus *armiertem Beton* gegenüber, da über das chemische Verhalten der



Vorschläge zur Korrektur der Rothenburger Rampe. — Uebersichtsskizze 1:75 000.

Eiseneinlagen im Laufe der Jahre einige Bedenken nicht nur gestattet, sondern, wie wir im Verlauf unserer nachstehenden Betrachtungen sehen werden, vollauf begründet sind. Im allgemeinen herrscht zwar bei Ingenieuren, Architekten und Bauunternehmern durchwegs die feste Ueberzeugung, dass der die Eiseneinlagen umhüllende Beton als ein unbedingt sicheres Schutzmittel gegen die Zerstörung von Eiseneinlagen durch Rost anzusehen sei, und in der Tat sprechen manche Erfahrungen, die im Verlaufe vieler Jahre gesammelt wurden, für die Richtigkeit dieser Annahme. Neuere, sowohl in wissenschaftlichen Laboratorien durchgeführte Versuchsreihen, wie auch die sorgfältige Prüfung einer grössern Anzahl in armiertem Beton ausgeführter ausländischer Bauten, speziell Eisenbahnbrücken, haben aber anderseits in einwandfreier Weise dargetan, dass der Schutz der Eiseneinlagen durch die Betonüberdeckung durchaus nicht etwa als eine allgemein gültige, unumstösslich feststehende Tatsache angesehen werden darf, sondern dass in der Tat Fälle vorkommen können und bereits in grösserer Zahl festgestellt worden sind, in denen dieser Schutz als ein sehr fragwürdiger erscheint.

Bevor wir auf diese Untersuchungen näher eintreten, wollen wir uns zunächst Rechenschaft darüber geben, welche Faktoren die Rostbildung der Eiseneinlagen im Beton hervorrufen können, und welche Mittel angewendet werden müssen, um sie erfolgreich zu bekämpfen. Es ist heute durch eingehende wissenschaftliche Untersuchungen festgestellt, dass zur Rostbildung am Eisen die gleichzeitige Gegenwart von mindestens zwei Faktoren unerlässlich ist, nämlich die von Sauerstoff und Wasser, und zwar von flüssigem Wasser; allerdings sind in der Praxis meist auch noch weitere Faktoren daran mitbeteiligt, so namentlich die in der atmosphärischen Luft stets vorhandene Kohlensäure, sowie vielfach auch die schweflige Säure. Frisch angemachter Beton enthält nun natürlich stets Luft und Wasser, wobei die erstere sich zum Teil in den Poren des Betons, zum Teil aber auch, und zwar in gelöstem Zustand, im Anmachwasser vorfindet. Wenn trotzdem die Eiseneinlagen von noch jungem Beton keinerlei Rosterscheinungen aufweisen, so röhrt diese Erscheinung viel weniger davon, dass das Anmachwasser etwa anderweitig als zur Bildung von Eisenoxyhydrat (Rost) verwendet worden, nämlich zum Teil vom Zement chemisch gebunden wurde, zum Teil allmählich verdampfte, und anderseits der Beton einen hermetischen Abschluss über dem Eisen bildet, als vielmehr von der chemischen Beschaffenheit der Betonfeuchtigkeit. Bekanntlich spaltet jeder Zement beim Anmachen grössere oder geringere Mengen freies Kalkhydrat ( $Ca(OH)_2$ ) ab; das so entstehende Kalkwasser ist nun aber ein sehr wirksames Rostschutzmittel, wie dies durch einen einfachen Versuch dargelegt werden kann. Taucht man nämlich ein Stück blankes Eisen in Kalkwasser völlig unter, so hält es sich darin während sehr langer Zeit völlig unverändert, während es unter denselben Bedingungen in gewöhnlichem Wasser in wenigen Tagen völlig verrostet; man sagt, dass das Kalkhydrat das Eisen „passiviere“. Diese Schutzwirkung des Kalkhydrats tritt jedoch erst in gesättigter Lösung auf ( $1,35\text{ g }Ca(OH)_2$  in 1 Liter Wasser); schwächere Lösungen besitzen sie nicht oder nur in beschränktem Masse. Nun ist aber die rostschützende Wirkung des Kalkhydrats insofern eine zeitlich beschränkte, als dieses, wie allgemein bekannt, kein an der Luft unveränderlicher Körper ist, sondern aus der Luft begierig Kohlensäure anzieht, und dabei unter Wasserabgabe sich in Calciumcarbonat umwandelt, ein chemischer Prozess, auf dem ja die Erhärtung des gewöhnlichen Luftpörtels beruht. Das entstandene Calciumcarbonat ist nun aber ein völlig neutraler Körper, der auf Eisen keinerlei rostschützende Wirkung ausübt. Aus diesen Betrachtungen ergibt sich ohne weiteres, dass eine feuchtes Kalkhydrat enthaltende Schutzschicht Eisen nur so lange vor Rost zu schützen vermag, als in der Schutzmasse noch freies Kalkhydrat vorhanden ist. Ist dieses aufgebraucht, d. h. in Calciumcarbonat umgewandelt, so hört die chemische Schutz-

wirkung auf. So wurden, um dies festzustellen, vom Verfasser schon vor längerer Zeit drei blanke Eisenplättchen je mit einem wässrigen Brei von *Kreide* (1) (Kohlensaurer Kalk), *Kalkhydrat* (2) und *Portlandzement* (3) möglichst gleichmässig bestrichen und die Plättchen unter öfterer Befeuchtung unter einer Glasglocke neben einer mit Wasser gefüllten Schale aufbewahrt. Nr. 1 war schon in wenigen Tagen stark verrostet; Nr. 2 und 3 hielten sich anfänglich recht gut, waren aber nach sechs Monaten ebenfalls zum grössten Teil verrostet.

Ganz allgemein kann man daher sagen, dass ein Betonüberzug, um die darunter liegenden Eiseneinlagen dauernd vor Rost zu schützen, folgenden Bedingungen entsprechen muss:

1. Der Zement, der zur Erzeugung von Beton verwendet wird, soll beim Anmachen mit Wasser eine angemessene Menge freies Kalkhydrat ausscheiden. (Ueber die Mengen Kalkhydrat, welche die verschiedenen Zemente absupalten vermögen, sind dem Verfasser nähere Angaben nicht bekannt.)

2. 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.

3. Das Füllmaterial des Betons darf keinerlei Stoffe enthalten, die das Eisen chemisch angreifen. (So ist z. B. von der Verwendung von Lokomotivlösche, die nicht unbedeutende Mengen schwefelhaltiger Schlacke enthält, dringend abzuraten.)

4. Die Betonüberlagerung über den Eiseneinlagen darf nicht zu dünn sein.

5. Der Beton soll im Laufe der Zeit nicht rissig werden, sei es zufolge der Belastung des Bauwerks, sei es zufolge von Schwindungsscheinungen.

Man darf annehmen, dass überall, wo diese fünf Bedingungen erfüllt sind, die Eiseneinlagen sehr lange vor Rost geschützt werden.

Während den Bedingungen 1 bis 4 durch die Zementfabrikanten und Konstrukteure leicht entsprochen werden kann, steht es mit der Beseitigung der Schwindisse weit schwieriger, und in der Tat sind es diese Risse, die nach den bisherigen Beobachtungen und Erfahrungen die Hauptschuld an den so gefürchteten Rostungsscheinungen tragen. Diese Erfahrungen gründen sich zum Teil auf umfassende wissenschaftliche Untersuchungen, die im Auftrag des „Deutschen Ausschusses für Eisenbeton“ von der Königl. Sächsischen Mech.-technischen Versuchsanstalt in Dresden in den Jahren 1908 bis 1914 durchgeführt worden sind, teils auf sehr sorgfältige Beobachtungen an einer grösseren Anzahl von Bauwerken der Praxis, auf die wir später zurückkommen werden.

Ueber die zuerst erwähnten Untersuchungen ist vom Verfasser dieser Zeilen bereits in Nr. 9 dieser Zeitschrift vom 26. Februar 1916 anlässlich der Besprechung der Veröffentlichung genannter Arbeiten kurz referiert worden.<sup>1)</sup> Des Zusammenhangs halber seien aber die betreffenden Versuchsergebnisse, wie sie sich nach  $4\frac{1}{2}$ -jähriger Versuchsdauer an 108 Betonbalken ergaben, die stets mit der nämlichen Marke Zement, aber mit verschiedenen Zusatzmaterialien erzeugt und hierauf bis zur deutlichen Rissbildung belastet worden waren, nochmals angeführt:

1. Es haben sich keine Anhaltspunkte dafür ergeben, dass die benutzten Zuschlagstoffe ein Rosten der Eiseneinlagen verursachten. Dagegen hat sich deutlich gezeigt, dass poröser Beton das Rosten begünstigt, und dichter Beton das Rosten, sowie das Weiterrosten wirksam verhindert. Insbesondere konnte festgestellt werden, dass gut an den Eisen haftende Zementumhüllungen, sogenannte „Zementhäute“ der Rostbildung vorbeugen.

<sup>1)</sup> Heft 31 des „Deutschen Ausschuss für Eisenbeton. Versuche zur Ermittlung des Rostschutzes der Eiseneinlagen im Beton“. Berlin 1915. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

2. Die Oberflächenbeschaffenheit der Eiseneinlagen ist auf die Rostbildung von Einfluss, und zwar neigen bei allen Betonmischungen die blanken Eiseneinlagen in höherem Masse zum Rosten als die mit Walzhaut bedeckten. Besonders bemerkenswert ist aber, dass die verrostet eingelagerten Eisenstäbe nur dann weiterrosten, wenn die Luft und Feuchtigkeit Zutritt finden. Sind dagegen diese Eisenstäbe dicht mit Beton umhüllt, so findet kein Weiterrosten statt. Ein Entrostern von Eisenstäben durch chemische Vorgänge beim Abbinden des Zements, eine Frage, die von anderer Seite wiederholt aufgegriffen worden ist, war in keinem Fall festzustellen, trotzdem gerade auf die Aufklärung dieses Umstandes besonders geachtet wurde.

3. Es haben sich keine unmittelbaren Anhaltspunkte dafür ergeben, dass die Plattenstärke und die Betonüberdeckung der Eiseneinlagen einen Einfluss auf den Rostschutz des Eisens ausüben. Es darf aber die Vermutung ausgesprochen werden, dass bei porösen Betonarten mit der Stärke der Betonüberdeckung der Rostschutz erhöht wird.

4. Betonrisse, in der hier vorliegenden erheblichen Weite und Länge, wie sie durch die Höhe der vorausgegangenen Ueberlastung entstanden waren, ermöglichen den Zutritt von Luft und Feuchtigkeit zu den Eiseneinlagen und begünstigen daher das Rosten; sie sind um so gefährlicher, je weiter sie klaffen. Das Rosten beginnt an den Rissstellen und setzt sich dann nach beiden Seiten mehr oder weniger weit in das Innere des Betons hin fort, abhängig von dem Grade der Dichtigkeit der Betonumhüllung. Dabei rostet die der Rissmündung zugekehrte Seite am Eisen stärker als die entgegengesetzte.

5. Es hat sich gezeigt, dass Rosten der Eiseneinlagen nur dann stattfindet, wenn Wasser und Luft auf das Eisen einwirken; und zwar wird die Rostbildung um so stärker, je häufiger Wasser und Luft mit dem Eisen in Wechselwirkung treten und je ungehinderter dies stattfindet. Einen Einfluss auf den Grad des Rostansatzes dürfte hierbei auch der Gehalt der Luft an Bestandteilen ausüben, die allgemein das Rosten von Eisen verursachen oder begünstigen.

6. Ein ungünstiger Einfluss der periodischen Be- und Entlastung auf den Grad der Roststärke konnte nicht festgestellt werden; es zeigten vielmehr die Eisen der unter ruhender Belastung ungeschützt im Freien gelagerten Platten gleich starken Rostansatz. Zu beachten bleibt jedoch, dass durch die wiederholten Belastungswechsel eine Erweiterung der Risse und Neubildung solcher erfolgt, die periodische Be- und Entlastung daher einen mittelbaren Einfluss insfern ausübt, als die Anzahl der Roststellen und deren Ausdehnung vergrössert wird."

Eine noch eindringlichere Sprache als die soeben erwähnten Laboratoriumsversuche redet ein ausführlicher Bericht, den Regierungs- und Baurat *Perkuhn* in Kattowitz über die Untersuchung von 15 im Bereich der Königl. Eisenbahndirektionen Kattowitz und Breslau liegenden Bauwerke in Eisenbeton veröffentlicht hat.<sup>1)</sup> Es handelt sich hierbei um elf Eisenbahnbrücken und vier Wegbrücken (Bahnüberführungen), wovon eine ein Alter von 2 Jahren, zwölf ein solches von 4½ bis 5 Jahren und zwei ein Alter von 12 Jahren besitzen. Die Untersuchungen dieser Brücken fallen in die Jahre 1913, 1914 und 1915 und wurden mit aussergewöhnlicher Gründlichkeit und Sorgfalt vorgenommen. Zu dem Zwecke wurden die Ansichtsflächen der genannten Bauwerke in den ersten zwei Jahren durch Abbürsten mit Wasser, später mittels Sandstrahlgebläse sorgfältigst gereinigt und dann systematisch, teils mit unbewaffnetem Auge, teils mittels der Lupe auf Risse untersucht; zur Untersuchung dunkler oder beschatteter Stellen wurden Azetylenlampen verwendet. Bei dieser Untersuchung wurden lediglich die „Kraftrisse“ aufgenommen, die

sogenannten „Luftrisse“ dagegen, die nur in beschränktem Masse sich vordanden und nur an der Oberfläche auftraten, unberücksichtigt gelassen. Für jedes Bauwerk wurden die Rissbilder genau aufgenommen und davon ein Plan im Maßstab 1:20 angefertigt. Die Breite der Risse an der Oberfläche wurden an zahlreichen (nicht weniger als 1991!) Stellen gemessen und schwankte zwischen 0,10 und 1,00 mm, in der Hauptsache zwischen 0,10 und 0,50 mm. Um deren Tiefe genau festzustellen, wurden 584 Risse mit dem Meissel angeschlagen, und der Verlauf von 268 bis auf die Eiseneinlagen (Stäbe oder Bügel) verfolgt. Dabei zeigte sich, dass bei letztern in der Regel mehr oder minder starke Rostbildung eingetreten war. Die Veränderungen, die der Rost an den Eiseneinlagen erzeugt, wurden dadurch ermittelt, dass einmal deren ursprünglicher Durchmesser, seine Vergrösserung zufolge der Rostbildung, seine Verkleinerung nach Entfernen des Rostes und schliesslich die zufolge des Rostens eingetretene Querschnittsverminderung protokolliert wurden. Ueberdies wurde die Intensität der Rostbildung mit Hülfe einer besondern, sechsstufigen Zahlenkala und unter Verwendung einiger konventionellen Zeichen noch besonders ausgedrückt. Den Umstand, dass auf die Rostbildung natürlich auch die Beschaffenheit der umgebenden Luft von wesentlichem Einfluss ist, hat der Verfasser nicht ausser Acht gelassen und demgemäß die Luftbeschaffenheit in nachstehende fünf Klassen unterschieden:

I. *Günstige Verhältnisse*: Bauwerke vor Lokomotivgasen und Witterungseinflüssen besonders geschützt.

II. *Gewöhnliche Verhältnisse*.

III. *Ungünstige Verhältnisse*: Die Bauwerke sind wegen ihrer niedrigen Lage den Lokomotivgasen oder wegen ihrer hohen Lage den Witterungseinflüssen besonders ausgesetzt.

Luftklassen I bis III umfassen landwirtschaftliche Bezirke mit guter Luftbeschaffenheit.

IV. *Sehr ungünstige Verhältnisse*: Die Bauwerke liegen in den Gruben- und Hüttenbezirken von Industriegebieten bei sonst normalen Verhältnissen.

V. *Aussergewöhnlich ungünstige Verhältnisse*: Die Bauwerke liegen im Bezirk von Hütten, durch deren Betrieb die Luft durch säurehaltige Gase verschiedener Art besonders verunreinigt wird (z. B. Zink- und Bleihütten).

Luftklasse IV und V umfassen Industriebezirke mit schlechter Luftbeschaffenheit.

Die Lage der 15 untersuchten Bauwerke, von denen sechs mehr in landwirtschaftlichen Gegenden, neun dagegen im engen oberschlesischen Industriegebiet liegen, gab daher eine besonders gute Gelegenheit, den Einfluss der verschiedenen Luftbeschaffenheit auf die Eiseneinlagen im Beton zu studieren; in der Tat zeigten auch die Eiseneinlagen desjenigen Bauwerks, das den ungünstigsten Luftverhältnissen ausgesetzt gewesen, zufolge Abrostung die stärksten Querschnittsverminderungen, nämlich an den Stäben im maximum 13,2%, an den Bügeln sogar 26,8%, also ganz bedenkliche Zahlen, aber auch bei den zwei Bauwerken der Luftklasse I zeigten die Eiseneinlagen Rostanfälle oder schwachen Rostansatz in Form von vereinzelten Flecken oder ausgedehnteren Flächen; eine messbare Querschnittsverminderung konnte jedoch nicht ermittelt werden.

Im allgemeinen fasst der Verfasser die Resultate seiner Beobachtungen wie folgt zusammen:

Rostbildung tritt bei allen untersuchten Bauwerken auf, also bei Brücken jeden Betriebes, jeden Alters, jeder Abmessung und jeder Luftklasse. Die Allgemeinverbreitung des Rostes ist die gleiche, nur der Rostgrad ist verschieden. Die Einfallsarten für den Rost sind die Rissstellen; an diesen ist der Rost am stärksten, nach beiden Seiten hin nimmt er ab. Bei grösserer Rissdichte bildet sich durchgehender Rost, der je nach den Verhältnissen alle Rostgrade durchlaufen kann. Die Risse selbst bilden stets die Höhepunkte der Rostbildung. Erreicht der Rost eine bestimmte Stärke, so tritt die Zerstörung des Betons durch

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang 1916. 1. bis 3. Heft, S. 97, u. ff. Berlin 1916. Verlag von Wilhelm Ernst, sowie Zentralblatt der Bauverwaltung. Jahrgang 1916, Nrn. 12 und 13. (Bereits kurz erwähnt auf Seite 153 ds. Bds., 18. März 1916. Red.)

Absprengung ein. Im weitern wurde festgestellt, dass die Rostbildung zunimmt:

- a) mit wachsendem Alter des Bauwerks,
- b) mit wachsender Verunreinigung der Luft,
- c) mit wachsender Rissstärke,
- d) mit abnehmendem Abstand der Eiseneinlagen von der Aussenfläche des Betons,
- e) der Einfluss der Luftbeschaffenheit scheint grösser zu sein als der des Alters.

Im weitern befasst sich die Perkuhn'sche Abhandlung mit der rechnerischen Untersuchung der genannten 15 Bauwerke und kommt dabei zum Schluss, dass die rechnerisch nachgewiesenen Betonzugspannungen für die Rissbildung nicht allein ausschlaggebend zu sein scheinen, sondern dass die Rissbildung schon lediglich unter dem Einfluss des Schwindens, d. h. durch die beim Erhärten und Austrocknen des Betons auftretenden Volumenänderungen zu Stande komme, ohne dass das Eigengewicht, die Verkehrslast und die Wärmespannungen mitzuhelfen brauchen.“

In einer weitern Abhandlung<sup>1)</sup> knüpft der Geheime Oberbaurat *Labes*, Berlin, an die Perkuhn'schen Untersuchungen an und hält es zunächst für durchaus notwendig, „durch planmässige Versuche den Einfluss des Schwindens auf die Widerstandsfähigkeit der Eisenbetonkörper gegen Rissbildung möglichst zu ergründen, und zunächst einen Weg aufzusuchen, wie festgestellt werden soll, welche Betonmischungen bzw. Zemente und Zuschlagstoffe für die Eisenbetonbauweise als brauchbar erachtet werden können.“

Die Resultate der Perkuhn'schen Untersuchungen geben zweifellos zu denken und verdienen die grösste Aufmerksamkeit. Wenn wir darin eines vermissen, so sind es Angaben über die Eigenschaften und die Zusammensetzung des zu fraglichen Bauten verwendeten Zements und Betons, um daraus gewisse Schlüsse auf dessen Qualität und vielleicht auch auf die Ursachen der am Beton aufgetretenen Risserscheinungen ziehen zu können. Wenn auch solche Angaben fehlen, ist man immerhin noch nicht berechtigt, die beobachteten Rissbildungen ohne weiteres etwa einer mangelhaften Qualität des verwendeten Betons zuzuschreiben, denn in allen Fällen handelt es sich um Bauwerke, die entweder vom Staate selber erstellt wurden oder wenigstens unter staatlicher Aufsicht stehen, und somit eine gewisse Gewähr für sachgemässen Ausführung bieten. Die Perkuhn'schen Untersuchungen geben auch noch nicht völlig klaren Aufschluss darüber, ob zur Rostbildung an den Eiseneinlagen im Beton die vorangängige Entstehung von Schwindrissen unbedingtes Erfordernis ist, oder ob die Rostbildung auch ohne Rissbildung, also lediglich infolge von zu poröser Beschaffenheit der Betonmischung oder zu geringer Dicke der Betonüberlagerung über den Eiseneinlagen zu Stande kommen kann; aber auf jeden Fall ist die Gefahr der Rostbildung bei Vorhandensein von Rissen eine weit aus grössere.

Bei Bekämpfung der Rostgefahr an den Eiseneinlagen im Beton muss man also auf Grund obiger Darlegungen, abgesehen von den auf Seite 286 unter 1 bis 4 angegebenen Bedingungen, zwei Momente ins Auge fassen, einmal die Verhinderung der Rissbildung und zweitens den direkten Schutz der Eiseneinlagen mittels geeigneter Schutzanstriche. Die Bekämpfung der Bildung von Schwindrissen ist jedenfalls das schwierigere Problem, ja es muss sogar dahingestellt bleiben, ob es gelingen wird, die Rissbildung, sei es durch Verstärkung der Armierung, sei es durch eine zweckentsprechende Zusammensetzung des Betons, oder durch Herstellung einer besondern Zementqualität gänzlich zu beseitigen, oder wenigstens erheblich herabzumindern. Von dem nachträglichen Ausbessern schadhafter rissiger Stellen durch Vergießen mit Zement darf man sich nicht allzuviel Erfolg versprechen; denn wenigstens hat Perkuhn bei seinen Untersuchungen nachgewiesen, dass fast ausnahmslos

an den geflickten Stellen die Risse sich neu gebildet haben und nur in einem Fall ist das Gegenteil beobachtet worden.

Mehr Aussicht auf Erfolg dürfte die zweite der obigen Massnahmen, d. h. der *Anstrich der Eiseneinlagen mit rostschützenden Ueberzügen* haben; solche Ueberzüge dürften in diesem Fall einen um so länger dauernden Schutz gewähren als bei Eisen, das völlig im Freien liegt, weil sie gegen äussere mechanische Beschädigungen, gegen die klatschende Wirkung des Regens, die direkte Sonnenbestrahlung, schroffe Temperaturwechsel usw. vollständig geschützt, und lediglich der chemischen Wirkung der Luft und der Luftfeuchtigkeit ausgesetzt sind. Allerdings ist bei der Auswahl derartiger Ueberzüge dafür Sorge zu tragen, dass sie von den Bestandteilen des Zements, namentlich dem Kalkhydrat, chemisch nicht angegriffen werden und am Beton ein genügendes Haftvermögen besitzen. Als solche Ueberzüge kämen ganz allgemein in Betracht:

1. Metallische Häute,
2. Oelfarbenanstriche,
3. Teer- oder Asphaltanstriche,
4. Mineralische Anstriche (z. B. reiner Zement) mit oder ohne Zusatz von passivierenden Substanzen.

Versuche mit einigen derartigen Anstrichen sind schon, wenn auch nur in beschränktem Masse, vor einigen Jahren vom Kgl. preussischen Materialprüfungsamt in Berlin-Lichterfelde ausgeführt worden.<sup>1)</sup> Soweit diese Untersuchungen mit dem hier behandelten Gegenstand in Beziehung stehen, soll im Nachstehenden das Wichtigste daraus mitgeteilt werden.

Zu den Versuchen wurde eine grössere Anzahl Würfel von 10 cm Seitenlänge, bestehend aus einem Mörtel von einem Teil Zement und vier Teilen Grobsand angefertigt. Zur Verwendung gelangten zwei Sorten Zement: Gewöhnlicher Portlandzement und Eisenportlandzement (Schlackenzement). In jeden Würfel wurden bei der Herstellung drei Rundisen von 11 cm Länge und 0,5 cm Durchmesser, parallel zueinander und in der Diagonale einer Würfelfläche liegend, eingelegt und zwar in fünf Zuständen, nämlich: völlig blank, verrostet, mit Teer- und Menniganstrich versehen, und verzinkt.

Die Würfel wurden nach Gruppen gesondert:

1. An freier Luft, 2. in Süßwasser, 3. abwechselnd an der Luft und in Süßwasser, 4. in Meerwasser, 5. in Moorwasser, 6. in feuchtem Sand gelagert.

Deren Verhalten nach einem und sechs Monaten, sowie nach zwei und fünf Jahren wurde beschrieben. Dabei zeigte sich zunächst, dass nach Verlauf von fünf Jahren alle Würfel sich sowohl an der Luft als in Süßwasser gut hielten und *keine Risse* zeigten. Im weitern zeigte sich, dass die mit Mennige gestrichenen Eisenstäbe bis nach fünf Jahren von Rost vollständig freibleiben sind. Auch die mit gewöhnlichem Steinkohleenteer bestrichenen Stäbe hielten sich recht gut; denn nach zwei Jahren waren blos vereinzelte kleine Rostflecke aufgetreten, die sich nach fünf Jahren nur wenig vergrössert hatten. Dagegen hat der Portlandzementmörtel die blanken Eiseneinlagen nicht völlig vor Rost zu schützen vermocht; denn bei allen Aufbewahrungsarten traten an den Eisenstäben zuerst kleine Rostflecken, später zusammenhängende Rostflächen auf. Auch der Zinküberzug der Eisenstäbe hat bei der Luftlagerung der Würfel das Rosten nicht zu verhindern vermocht, was wohl von dem chemischen Angriff des im Zement enthaltenen Kalkhydrats herrühren dürfte. Die in stark verrostetem Zustand in den Zementmörtel eingebetteten Stäbe haben bis zu zwei Jahren, abgesehen von der schon vorhandenen Rosthaut, dasselbe Verhalten gezeigt, wie die in blankem Zustand in den Mörtel eingebrachten Stäbchen; dagegen hat die weitere Rostbildung im Verlauf von zwei bis fünf Jahren starke Fortschritte

<sup>1)</sup> Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 22. „Versuche über das Rosten von Eisen in Mörtel und Mauerwerk“, ausgeführt in den Jahren 1907 bis 1912. Berlin 1913, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

gemacht; womit bewiesen wäre, dass magerer Zementmörtel das weitere Umsichgreifen der schon vorhandenen Rostbildung nicht aufzuhalten vermag.

Die vorstehenden Versuchsresultate sind wertvoll, wenn auch daraus nicht ohne weiteres direkte Schlüsse auf das Verhalten von Eisen mit verschiedenen Ueberzügen in *rissigem* Beton gezogen werden dürfen, denn sicherlich verhält sich in letzter Fall das Eisen weniger günstig, als wenn es, wie bei den soeben besprochenen Berliner Versuchen, von rissfreiem Mörtel dicht umschlossen ist.

Bei der ausserordentlichen Wichtigkeit, die schon aus Gründen der öffentlichen Sicherheit dem chemischen Verhalten der Eiseneinlagen im Eisenbeton zukommt, ist es höchst wünschenswert, dass dieser Frage auch bei uns alle Aufmerksamkeit geschenkt werde. Zu dem Zweck scheint es notwendig, vorläufig wenigstens an einer beschränkten Zahl schweizerischer Eisenbetonbrücken und namentlich auch an solchen, die über Bahnanlagen führen und der Wirkung der schwefeligen Säure der Lokomotivrauchgase am meisten ausgesetzt sind, periodische und gründliche Untersuchungen auf eventuelle Rissbildung und das Verhalten der Eiseneinlagen hinsichtlich Verrostung vorzunehmen. In zweiter Linie wird es angezeigt sein, sei es durch besondere Laboratoriumsversuche, sei es an im Freien liegenden Eisenbetonbauten festzustellen, wie sich die mit verschiedenen rostschützenden Ueberzügen versehenen Eiseneinlagen im Laufe der Jahre verhalten.

### Miscellanea.

**Kraftwerk Olten-Gösgen.** Am 3. ds. fand unter der freundlichen Führung von Oberingenieur *Brodowsky* der „A. G. Motor“ und von Ingenieur *A. Moll*, Bauleiter des Kraftwerks, eine Besichtigung des im Bau befindlichen Kraftwerks Olten-Gösgen durch den Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein statt. Gegen 50 Mitglieder hatten der Einladung der A. G. Motor Folge geleistet und bekundeten lebhaftes Interesse für die ausgedehnten Anlagen dieses Werks, das zu den leistungsfähigsten Kraftwerken der Kontinents gehören wird. Von dem unterhalb Olten gelegenen Stauwehr, das fünf Oeffnungen zu 15,6 m lichte Weite aufweist, sind sämtliche Fundationen fertiggestellt, sowie über vier Oeffnungen auch der aus Eisenbeton ausgeführte Ueberbau mit seinem gedeckten Dienststeg, der dem Ganzen ein bei modernen Anlagen sonst ungewohntes, charakteristisches Aussehen verleiht. Sowohl der 4,8 km lange Oberwasserkanal mit 300 m<sup>2</sup> (in der Felspartie 150 m<sup>2</sup>) Querschnittsfläche bei 32 m Sohlenbreite, als der 1,2 km lange Unterwasserkanal sind zum grössten Teil ausgehoben und der an einer tieferen Stelle zu erstellende Damm aufgeführt, sodass mit der Betonierung der Böschungen bereits begonnen werden konnte. Vom Maschinenhaus bei Nieder-Gösgen sind die Fundationen ebenfalls weit vorgeschritten, das eiserne Gerüst für den Rechen bereits erstellt. Besonderes Interesse erweckten dort die noch im Bau begriffenen Spiralgehäuse aus Eisenbeton für die acht Francisturbinen, die entsprechend der Leistung von 6500 bis 10000 PS einer Turbine bei 13,5 bis 17 m Gefälle gewaltige Abmessungen aufweisen.

Der Besichtigung der verschiedenen Anlagenteile gingen jeweilen die an Hand zahlreicher Pläne und Photographien von Ingenieur Moll gegebenen Erklärungen voran, zu denen Herr Prof. *F. Prášil* noch einige Mitteilungen über die Konstruktionen der Escher Wyss-Turbinen hinzufügte. Eine im „Storchen“ in Schönenwerd in liebenswürdiger Weise von der Generalunternehmung gespendete Erfrischung bildete den Schluss der Exkursion und gab dem Vereinspräsidenten Prof. Dr. *Kummer* Gelegenheit, dieser im Namen aller Teilnehmer für den äusserst lehrreichen Nachmittag seinen besten Dank auszusprechen.

**Vereinigung Schweiz. Strassenbau-Fachmänner.** Die Vereinigung veranstaltet am 19., 20. und 21. Juni in Zürich einen „Fachkurs über neuzeitliche Fragen des Strassenbaues und des Strassenunterhaltes“

zu dem ausser den 170 Mitgliedern der Vereinigung auch sonstige Interessenten eingeladen werden. Anmeldungen sind zu richten an: Kantonsingenieur *K. Keller*, Obmannamt Zürich.

Das Kursgeld beträgt 30 Fr. Es sind folgende Vorträge in Aussicht genommen: „Ueber Ausgestaltung von Situation, Längenprofil, Querprofil und von Kunstbauten“, von Stadtingenieur *Dick* in St. Gallen und Kantonsingenieur *Solca* in Chur; „Ueber Erstellung und Unterhalt von Schotterdecken“ von *E. Pletscher*, Adjunkt des Strasseninspektors in Schaffhausen; „Ueber Kosten und Wirtschaftlichkeit verschiedener Schotterarten und Walzarbeit“ von *R. Keller*, städtischer Bauverwalter in Baden; „Ueber die einheimischen Steinmaterialien für den Bau und den Unterhalt der Strassen“ von Professor Dr. *O. Grubenmann* und Professor *F. Schüle* in Zürich; „Ueber Kunstbeläge und ihre Wirtschaftlichkeit“ von Ing. *Bernath*, Strasseninspektor in Zürich, und dem kantonalen Strasseninspektor *Wild* in Frauenfeld; „Ueber die Mittel zur Staub-Bekämpfung“ von Strasseninspektor *Wild* in Frauenfeld; „Ueber Strassenbäume und Grünanlagen“ von Stadtgärtner *Schlapfer* in Luzern. An die Vorträge werden sich gruppenweise an zwei Nachmittagen anschliessen: „Praktische Anleitung im Walzen von Schotterdecken und in der Herstellung von Oberflächenteerungen“ unter Führung von *A. Keller*, Adjunkt des Strasseninspektors in Zürich und dem kantonalen Strasseninspektor *Wild* in Frauenfeld; sowie „Besichtigung von Fahrbahndecken und Belägen der Strassen, der Maschinen und Werkzeuge für den Strassenbau und Unterhalt und der Werkhöfe der Stadt Zürich“ unter Leitung von Strasseninspektor *Bernath* in Zürich.

Auf Abends 8<sup>1/4</sup> Uhr am Montag den 19. Juni d. J. ist ferner die *IV. Hauptversammlung der Vereinigung schweiz. Strassenbau-Fachmänner* in das Restaurant „Du Pont“ in Zürich eingeladen, die eingeleitet werden soll durch Referate „über Kehrichtverwertung und Kehrichtverbrennung“ von den Herren *Th. Levy-Isliker*, Direktor der Gesellschaft zur Verwertung von Abfällen in Basel und Ingenieur *Sieber* in Winterthur, ehemals langjähriger kantonaler Heizungsingenieur in Basel.

**Schweizerischer Technikerverband.** Auf den 24./25. Juni wird die *X. Generalversammlung* des schweizerischen Technikerverbandes nach Winterthur eingeladen. Das Programm sieht für den 24. d. M. um 8 Uhr den üblichen Empfangs- und Begrüssungsabend vor. Am Sonntag den 25. tritt um 9 Uhr die Generalversammlung in der „Krone“ zusammen. Neben den üblichen Jahresgeschäften enthält die Tagesordnung einen Vortrag von Professor *P. Ostertag* über „Das Maschinenlaboratorium am Technikum Winterthur.“

Das Bankett findet um 12<sup>1/2</sup> Uhr in den oberen Kasinosälen statt. Für den Nachmittag ist ein Besuch des neuen Kunstmuseums vorgesehen und daran anschliessend ein Spaziergang über den Lindberg nach dem „Bäumli“. Den Zeitverhältnissen Rechnung tragend wird auf Veranstaltung von Exkursionen am Montag für dieses Jahr verzichtet.

Der Bericht über die am 7. Mai abgehaltene Delegiertenversammlung und Jahresbericht für 1915 sind in der Schweizerischen Technikerzeitung vom 1. Juni d. J. veröffentlicht.

**Ein Ideen-Wettbewerb für den Bebauungsplan der Stadt Luzern** wird nach der Tagespresse durch eine Eingabe der Innenschweizerischen Vereinigung für Heimatschutz vom 30. Mai d. J. angeregt. „Im Zusammenhang damit wäre die zukünftige Gestaltung der beiden Seeufer und die projektierte Bahnhofserweiterung im Interesse des Gesamtstadtbildes speziell zu berücksichtigen.“ Im gleichen Sinne entschied sich die gemeinschaftlich tagende städtische Bau- und Parkkommission anlässlich der Behandlung eines behördlicherseits ausgearbeiteten und auf 2,7 Millionen Fr. veranschlagten Quai-Erweiterungsprojektes<sup>1)</sup>. Wir brauchen nur auf die Ausführungen A. Trautweilers auf Seite 284 und 285 dieser Nr. hinzuweisen, auf die auch bahnseitig dringend erwünschte Abklärung der Luzerner Bahnhofsfragen, um zu zeigen, dass aus den verschiedensten Gesichtspunkten die baldige Veranstaltung eines Luzerner Bebauungsplan-Wettbewerbs lebhaft begrüßt werden müsste.

**Schiffahrt auf dem Oberrhein.** Auf den 17. Juni d. J., Abends 6 Uhr, ist die XII. ordentliche Generalversammlung des „Vereins für die Schiffahrt auf dem Oberrhein“ im Café Spitz in Basel angesetzt, zur Abwicklung der üblichen Jahresgeschäfte. Diesen wird sich ein Vortrag von Professor *F. Becker* anreihen über „Postulate und Perspektiven der Wasserwirtschaft und Binnenschiffahrt in der Schweiz.“ Ein gemeinsames Nachtessen im Café Spitz wird die Tagung schliessen.

<sup>1)</sup> Näheres siehe „Luzerner Tagblatt“ vom 2., bzw. 3. Juni d. J.