

Entwicklung des Verkehrs schulden. Es ist ein kleinlicher Gesichtspunkt, diese Frage bedenkenlos der Zukunft zu überlassen, um so mehr, als alles dafür spricht, daß sich in der nächsten Zeit eine riesige Entwicklung des Verkehrs auf den Straßen vollziehen wird. Wir müssen uns die unangenehmen Erfahrungen vor Augen halten, welche wir mit einer ähnlichen Auffassung bei fast allen Brücken gemacht haben, welche im vorigen Jahrhundert gebaut worden sind. Die meisten davon sind nur deshalb abbruchreif, weil man bei ihrer Herstellung auf die Erhöhung der Gewichte der Fahrbetriebsmittel nicht genügend Rücksicht genommen hat.

Aus der Zahl der abschreckenden Beispiele, wo man eine zu schmale Brücke hergestellt hat und heute bereits nicht in der Lage ist, dieselbe zu verbreitern, möchte ich einen uns hier in Wien naheliegenden Fall herausgreifen. Die Fachleute, welche 1872, also vor einem halben Jahrhundert die Reichsbrücke über die Donau entworfen haben, haben für dieselbe eine Breite von 11,4 m gefordert. Der Finanzausschuß des damaligen Abgeordnetenhauses hat im

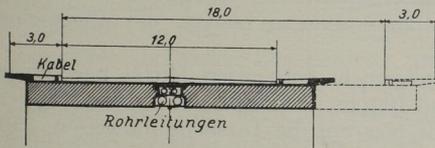


Abb. 8

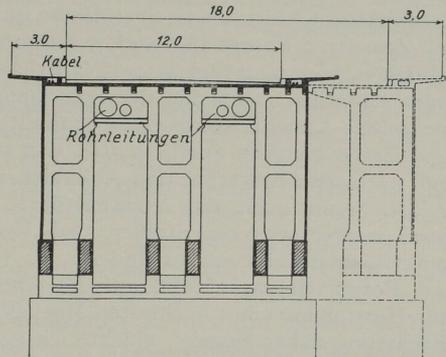


Abb. 9

Wege des Abstriches der Kosten ihre Breite auf 7,6 m herabgesetzt. Der damalige Bericht sagt:

„Nachdem der Personen- und Frachtenverkehr nach Wien ohnedies durch drei Eisenbahnbrücken, im Vergleich mit früher, vermindert worden ist und an Stelle einer einzigen Straßenbrücke nunmehr zwei über die Donau hergestellt werden, so wird für dieselbe auch eine Breite von 7,6 m genügen.“ Wie kurzsichtig diese Behauptung war, ergibt sich aus der heute aufgestellten Forderung nach einer Breite von 29 m oder der vierfachen, was man damals für genügend ansah, im Falle eines Neubaues derselben Brücke. Der Fehlgriff, welcher damals gemacht wurde, wäre ganz nebensächlich gewesen, wenn man die Brücke schmal, aber verbreiterungsfähig gemacht hätte, und diesen Fehlgriff müssen wir in Zukunft vermeiden. Ohne mich auf weitere Beispiele einzulassen, will ich noch hervorheben, daß diese Forderung sich im steigenden Maße bei den in neuerer Zeit aufgestellten Programmen und Neubauten durchzusetzen beginnt, wie das angeführte Beispiel der Brücke über die Mosel bei Koblenz dartut. Die Vermehrung der Verkehrslasten scheint vorläufig auf einem Höhepunkt der Entwicklung angelangt zu sein; das Problem unserer Tage besteht in der Verbreiterung der Brücken und schiene es mir daher zweckmäßig, die Aufmerksamkeit der Fachwelt auf dasselbe zu lenken.

Oberbaurat Ing. M. SPINDEL, Innsbruck:

#### Hochwertiger Beton unter Berücksichtigung der Darstellung im Vierstoffparallelogramm

Unter hochwertigem Beton möchten wir hier vorerst einen solchen verstehen, der die vom Beton allgemein verlangten Güteeigenschaften in hohem Maße aufweist, d. i. höchste Festigkeit und dies schon nach kürzester Erhärtungsdauer, also

eigentlich *frühhochfester* Beton. Seit der Einführung des frühhochfesten Zementes und Betons durch das Materialprüfungslaboratorium der Österr. Bundesbahnen in Innsbruck sind nicht bloß die Festigkeitsziffern, insbesondere die Druckfestigkeiten von Zement und Beton wesentlich gestiegen, sondern es wurden auch die Anforderungen bezüglich der raschen Erhärtung von hochwertigem Mörtel und Beton ungewöhnlich gesteigert. Wenn wir in den Jahren 1914 bis 1916 noch mit besonderem Stolz darauf hinweisen konnten, vollkommen tragfähigen Beton nach bloß zwei- bis dreitägiger Erhärtung erhalten zu haben, so hat die Praxis kaum ein Dutzend Jahre später die Forderung gestellt, solchen zuverlässig tragfähigen Beton schon nach etwa sechsständiger Erhärtung zu bekommen, welche Aufgabe von dem vorgenannten Materialprüfungslaboratorium der Österr. Bundesbahnen *vorläufig* dahin gelöst wurde, daß es einen Beton im Mischungsverhältnis von 1 : 2 : 3 (1 Raumteil Zement, 2 Raumteile Sand, 3 Raumteile Schotter) mit über 250 kg/qcm Druckfestigkeit nach bloß sechsständiger Erhärtung hergestellt hat. Mit diesem Ergebnis wäre eigentlich meine bei der Schaffung des hochwertigen Zementes und Betons vertretene Ansicht, daß es gelingen müßte, das *Warten* auf die Erhärtung von Mörtel und Beton gänzlich auszuschalten und somit ein Betonguß, ebenso wie ein Eisenguß nach dem Erstarren und Abkühlen auch tragfähig zu sein hätte, grundsätzlich gelöst, wenn auch die letztangeführte, außergewöhnlich energische Erhärtung noch einiger weiterer Studien und Vervollkommnungen bedarf, um allgemeine praktische Einführung zu finden.

Bevor ich darauf und auf die schon allgemein bekannten Mittel und Wege zur Herstellung eines hochfesten Mörtels und Betons nach bloß ein- bis zweitägiger Erhärtung näher eingehe, möchte ich gerade hier auf die Tatsache hinweisen, daß im Hochbau noch ein Mörtel zur Anwendung kommt, der vor vielen Monaten überhaupt keine nennenswerte Festigkeit erhält und dem man deswegen als seine größte Tugend nachrühmt, daß er manchmal nach Jahrzehnten und Jahrhunderten höchste Festigkeiten zu erreichen vermag. Und gerade mit einem solchen Mörtel werden heute ebenso wie es noch in der Bibel steht, verhältnismäßig winzige Bauelemente, wie es die Mauerziegel sind, mit sehr umständlicher und mühseliger Maurerarbeit langsam zu einem Ziegelmauerwerk vereinigt, das den Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit und Wetterschutz nur dann voll entspricht, wenn es auch in den von altersher gewohnten ungewöhnlichen Mauerstärken ausgeführt wird und dabei langsam und ausreichend erhärten und austrocknen kann. Diese auch den fortschrittlichsten Ingenieuren aufgewungene Rückständigkeit bildet ein ernstliches Hemmnis für die neuzeitliche Hochbautätigkeit, was meines Erachtens den Internationalen Kongreß für Brückenbau und Hochbau veranlassen sollte, eine eigene Kommission mit der Aufgabe zu betrauen, die Fortschritte der neuzeitlichen Bindemittel- und Mörteltechnik auch den Hochbauten restlos zugänglich zu machen. Es müßte vorerst für eine ganz bedeutende *Vergrößerung des Formates* der Bausteine gesorgt werden, gleichgültig, ob diese aus gebranntem Lehm, aus Kalksandstein oder aus Beton welcher Art immer hergestellt werden. Weiters müßten diese Bausteine eine Fugenausbildung erhalten, die eine weitaus raschere Vermauerung und dabei einen zuverlässigeren Verband mit Bezug auf Tragfähigkeit, Isolierung gegen Witterungseinflüsse, Ersparnis an Mauerstärken und Kosten, Raschheit der Herstellung und Inbenutzungnahme usw. erhalten. Ich war seit Jahren bemüht, sowohl diesen vorgenannten Anforderungen zu entsprechen, als auch der bekannt unangenehmen Eigenschaft des Betons, im Vollmauerwerk durch das Schwinden Risse zu erhalten, in der Weise zu begegnen, daß ich einen Betonhohlstein mit einer neuartigen Fugenausbildung eronnen habe, welche mit gleich gutem Erfolg auch bei Vollsteinen sowohl bei großen Sperrmauern (z. B. Spullerseewasserkraftanlage der Österr. Bundesbahnen in Vorarlberg) als auch bei zahlreichen Hochbauten in den größten und

kleinsten Mauerwerkstärken bis zu 15 cm herab zur Anwendung kam. Gerade dieser Betonbaustein könnte auch der Ziegelindustrie als Wegweiser für die Modernisierung und Rationalisierung der Ziegelbauweise dienen, damit wir in absehbarer Zeit auch im Hochbau Arbeitsweisen verlassen, deren sich noch die Assyrer und Babylonier bedienten, die sicherlich auch ganz anders gebaut hätten, wenn ihnen damals die heutigen Hilfsmittel und insbesondere frühhochfester Zement und Beton zur Verfügung gestanden wären.

Für den frühhochfesten Beton gehören frühhochfeste Zemente, geeignete Zuschlagsstoffe, ein richtiger Wasserzusatz und nicht zuletzt eine richtige Verarbeitung und Behandlung. Auf unserem ersten Kongresse in Zürich habe ich bereits berichtet, welchen Anteil das Materialprüfungslaboratorium der Österr. Bundesbahnen an der Schaffung und Einführung des frühhochfesten Zementes und Betons seit dem Jahre 1913 genommen hat und welche Mittel und Wege seither dazugekommen sind. Mit den frühhochfesten Portlandzementen und noch mehr mit den von Frankreich eingeführten Tonerdeschmelzzementen kann man schon nach bloß ein- bis zweitägiger Erhärtung ganz namhafte Betonfestigkeiten erreichen, so daß z. B. Herr Prof. RITTER, Zürich, die aus letztgenanntem Zement hergestellten Betonpfähle schon nach eintägiger Erhärtung einrammen konnte.<sup>1</sup> Die von mir erwähnten hohen Festigkeiten nach bloß sechsständiger Erhärtung konnten nicht einmal mit den besten Schmelzzementen erhalten werden, sondern es bedurfte erst besonderer alkalischer Zusatzmittel zum Zement, welche dessen Erhärtungsenergie derart *angespornt* haben, daß der Zement, welcher ohne diese Zusätze nach sechsständiger Erhärtung noch fast gar keine Festigkeiten aufwies, mit diesen Zusätzen nach sechs Stunden hochfesten Mörtel und Beton ergab. Allerdings muß ich noch ganz besonders hervorheben, daß alle Schmelzzemente nicht bloß als Zementhaut (Verputz), sondern auch als Mörtel und Beton bei der Erhärtung an der Luft die sehr unangenehme Eigenschaft haben, an der Oberfläche bis auf einige Millimeter Tiefe abzusanden, weswegen ich zusammen mit einem der bedeutendsten Zementchemiker nach Mitteln zur Hintanhaltung dieser Absandungen suche. — Diese Eigenschaft der Schmelzzemente erschwert auch dessen laboratoriumsmäßige Erprobung und Beurteilung ungemein, so daß weitere Mitteilungen über diese Zusammenhänge einem späteren Zeitpunkte vorbehalten werden müssen, um Mißverständnissen vorzubeugen.

Schon in Zürich habe ich darauf hingewiesen, daß mannigfaltige neue Wege zur Herstellung der frühhochfesten Portlandzemente erfolgreich beschritten worden sind, von welchen das Verfahren von Prof. Dr. KÜHL, Berlin, wiederum besonders hervorgehoben werden soll, da der Genannte mit verhältnismäßig kleinen Zusätzen von Bauxit die Festigkeiten des weitaus teureren Tonerdezementes zu erreichen sucht und so ohne jede Erhöhung der Erzeugungskosten sehr wesentliche Verbesserungen der frühhochfesten Portlandzemente erzielt, während ein anderes, hauptsächlich auf einen besonders hohen Kieselsäuregehalt fußendes Verfahren zur Herstellung des sogenannten Velozementes wegen dessen Geheimhaltung noch nicht sicher beurteilt werden kann.

In Zürich habe ich weiters darauf hingewiesen, daß das Studium und die Beurteilung der verschiedenartigen Zemente sich weniger in der bis dahin üblich gewesenen Darstellung der Hauptbestandteile im Dreieck bewirken läßt, als vielmehr in dem von mir damals angekündigten Vierstoffparallelogramm für die Darstellung von chemischen Verbindungen, Legierungen, Mischungen usw., die aus vier Hauptstoffen zusammengesetzt sind. Das Vierstoffparallelogramm, welches ich zuerst selbst

<sup>1</sup> Ob ein Beton ausreichend tragfähig ist, muß nach ein- oder zweitägiger Erhärtung ebenso nachgeprüft werden wie nach vier- oder sechswöchiger Erhärtung.

noch für eine Darstellung in der Ebene hielt, hat sich bei meinen weiteren Studien als die beste Projektion des Vierstoffsystems im Raume ergeben, welche Darstellung im Raume schon seit Jahrzehnten von den verschiedenartigsten Gelehrten, insbesondere von den Metallurgen gesucht wurde und bisher nur zu sehr unübersichtlichen Projektionen geführt hat. In diesem Vierstoffparallelogramm, das während meines Vortrages in Zürich noch ein Embryo war, habe ich ein Jahr später schon die Zemente des größten Japanischen Zementkonzerns dargestellt gesehen. Heute arbeiten auch erste deutsche Zementtechniker mit diesem Vierstoffparallelogramm als dem tauglichsten wissenschaftlichen und praktischen Mittel, was ich Ihnen, meine hochverehrten Anwesenden, nur deswegen so ausführlich mitteile, weil es auch das kleine und große A-b-c für die Beurteilung der Betonzusammensetzung und für die Klärung aller Zusammenhänge zwischen Zementzuschlagsstoffen, Wasserzusatz, Verarbeitung und Festigkeit des Betons und somit auch das geeignetste Mittel zur Herstellung eines hochwertigen Betons bildet. Trotz des kurzen Alters von nur zwei Jahren kann ich in der kurzen Zeit unmöglich alle die wichtigen Erkenntnisse und Zusammenhänge aufzeigen, die ich mit Hilfe dieses Vierstoffparallelogramms gewonnen habe und verweise daher auf meine diesbezüglichen Veröffentlichungen der letzten zwei Jahre in der Tonindustriezeitung in Berlin und in Beton und Eisen.<sup>1</sup> Hier sollen hierüber nur die allernötigsten Mitteilungen gemacht werden.<sup>2</sup>

Prof. Dr. M. RITTER, Zürich:

### Die Anwendung der Theorie elastischer Platten auf den Eisenbeton

Bei der statischen Untersuchung von kreuzweise armierten Eisenbetonplatten hat man neuerdings neben den üblichen rohen Näherungsmethoden mehrfach die Ergebnisse der Elastizitätstheorie zu Rate gezogen. Die klassische Theorie der elastischen Platten, wie sie durch LAGRANGE und NAVIER begründet und später durch zahlreiche Forscher weiter ausgebaut wurde, bezieht sich indessen ausschließlich auf die homogenen Platten von konstanter Biegesteifigkeit, beruht also auf Voraussetzungen, die beim Eisenbeton nicht zutreffen. Zur Anwendung der Plattentheorie auf den Eisenbeton erscheint eine Abänderung der Rechnungsgrundlagen im Sinne einer besseren Anpassung an das elastische Verhalten dieses Baustoffes notwendig.

#### 1. Grundlagen der Plattentheorie.

Die Theorie der homogenen Platte gestattet, die Krümmungen der elastischen Fläche nach zwei zueinander senkrechten Richtungen durch die entsprechenden Biegemomente auszudrücken. Bezeichnet man mit  $z$  die Einsenkung an irgend einer Stelle mit den rechtwinkligen Grundrißkoordinaten  $x$  und  $y$ , so ergeben sich für die Krümmungen unter Annahme der üblichen Voraussetzungen die bekannten Ausdrücke

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} &= -\frac{1}{EJ} \left( M_1 - \frac{M_2}{m} \right) \\ \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} &= -\frac{1}{EJ} \left( M_2 - \frac{M_1}{m} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

worin  $M_1$  und  $M_2$  die Biegemomente bezeichnen, die in den Richtungen der Koordinaten auf die Einheit der Breite wirken.  $E$  ist der Elastizitätsmodul des Materials und  $J$  das konstante Trägheitsmoment des Querschnittes auf die Einheit

<sup>1</sup> Vergl. Spindel, Tonindustrie-Zeitung 1926, Jubiläumsnummer, und Jg. 1927, Heft 70 und 73, ferner in Beton und Eisen, Jg. 1927, Heft 1, und Jg. 1928, Heft 1 und 2.

<sup>2</sup> Wegen Raummangel wird diesbezüglich auf die unter Anmerkung 1 angeführten Veröffentlichungen verwiesen.