Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 14

Artikel: Wirtschaftlicher Vergleich zwischen Eisenbeton- und Eisenbauten
Autor: Schächterle, K.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-40967

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: 07.08.2025

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

stein verputzt; Steingewände, Gesimse, Reliefs in St. Margrether-Sandstein. Totale Baukosten samt Terrassierung und sonstigen Umgebungsarbeiten: 1 078 500 Fr., wovon 70 000 Fr. auf die Orgel entfallen (Kuhn, Männedorf), 68 000 Fr. auf die Glocken, 9600 Fr. auf die mechanische Läute-Einrichtung. P. M.

Wirtschaftlicher Vergleich zwischen Eisenbeton- und Eisenbauten.

Von Reichsbahnoberrat Dr. Ing. K. SCHAECHTERLE, Stuttgart.

[Zur Berichterstattung über den I. Internationalen Brückenbau-Kongress, zu dem sich die von ihren Einberufern bescheidenerweise als „Aussprache" definierte schweizerische Veranstaltung ausgewachsen hatte, werden wir in zwangloser Folge die bedeutendsten Vorträge hier veröffentlichen. Es ist in Aussicht genommen, diese, ergänzt durch kürzere Referate über die weitern Darbietungen, später zu einem besondern Bericht über die Tagung zu vereinigen. Zu gegebener Zeit soll hierüber an dieser Stelle näheres berichtet werden. Zweckdienliche Mitteilungen und Anregungen wolle man inzwischen an den Sekretär des schweizer. Komitee, Prof. Dr. M. Roš, Direktor der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich, richten. — Unsere Berichterstattung beginnen wir heute mit dem Vortrag Schaechterles, dessen Vorurteilslosigkeit dem Eisenbeton im süddeutschen Bahnbau Eingang verschafft hat. Redaktion.]

Wenn wir hier wirtschaftliche Vergleiche zwischen Eisenbeton- und Eisenbauten anstellen wollen, so müssen wir uns zunächst über die Voraussetzungen klar werden, unter denen solche Vergleiche überhaupt möglich sind. Gibt es doch kaum zwei Bauweisen, die so grundverschieden sind, wie der Eisenbau und der Eisenbetonbau, und dabei auf den verschiedensten Anwendungsgebieten in schärfstem Wettbewerb zueinander stehen. Auch unter Beschränkung der Untersuchungen auf das engere Gebiet des Brückenbaues und der Bahnbrücken im besonderen kommt man um die Erwägung allgemeiner Natur nicht herum. Je nach der Stellung zu der einen oder andern Bauweise werden die Ergebnisse verschieden ausfallen.

Die Aufgaben des Brückenbaues sind bezgl. Baustoff, Bauart, Bauform, Bauweise so vielgestaltig, dass die wirtschaftliche Lösung in jedem Einzelfall auf Grund der örtlichen Verhältnisse und Bedingungen gesucht und gefunden werden muss. Jene Lösung verdient den Vorzug, die dem vorgeschriebenen Zweck unter Einrechnung der Lebensdauer und des Unterhalts mit dem geringsten Kostenaufwand technisch am vollkommensten genügt. Versuche, die wirtschaftlichste Lösung auf mathematischem Wege zu finden, werden nur in ganz einfach liegenden Fällen zum Ziele führen. Bei der grossen Zahl von Ausführungsmöglichkeiten, der Abhängigkeit der Baukosten von den Bau- und Werkstoffpreisen und den Löhnen, den Beförderungskosten, den Aufwendungen für die Einrichtung der Baustelle, die Verarbeitung der Stoffe in der Werkstatt und auf der Baustelle, die Rüstungen und den Zusammenbau . . . , der Beeinflussung der Baukosten durch die wechselnde Konjunktur ist es nicht möglich, diese verschiedenartigsten Verhältnisse unter einen einheitlichen Nenner zu bringen. In der Baupraxis wählt man deshalb häufig den Weg des freien Wettbewerbs um die wirtschaftlichste Lösung zu finden. Aber damit werden nur die reinen Baukosten erfasst. Wie der billigste Anzug auf die Dauer nicht immer der vorteilhafteste ist, so stellt auch im Brückenbau die billigste Ausführung nicht immer die beste Lösung dar. In der Wertung der verschiedenen Weisen gibt es keinen in Zahlen ausdrückbaren Beurteilungsmasstab. Der letzten Entscheidung über die Anwendung der einen oder anderen Bauweise wird immer etwas Persönliches anhaften. Da ich selbst weder Spezialist, noch Interessenvertreter bin, und durch meine amtliche Tätigkeit Gelegenheit hatte, sowohl im Eisen-, Stein-, Beton-, Eisenbeton- und Holzbau Erfahrungen zu sammeln, glaube ich die Bauweisen unvoreingenommen beurteilen zu können. „Raum für alle hat die Erde", es handelt sich praktisch darum, die Anwendungsgebiete richtig gegeneinander abzugrenzen.

Sind die beiden Bauweisen einander gleichwertig? Unter welchen Bedingungen?

Ueber die Vorzüge des Eisenbaues brauche ich an diesem Ort nicht viel zu sagen. Der Eisenbau verdankt seinen Siegeslauf in der Geschichte der Brückenbaukunst der Festigkeit und Elastizität des Werkstoffs und seiner gleichmässigen Güte. Werkstattverarbeitung und Zusammenbau auf der Baustelle haben eine hohe Stufe technischer Vollkommenheit erreicht, mit Eisen und Stahl lassen sich heute die schwierigsten Bauaufgaben meistern. Die statische Berechnung der Eisenkonstruktion ist sehr einfach, klar und zuverlässig; das Kräftespiel lässt sich selbst in den statisch unbestimmten Konstruktionen weitgehend verfolgen, Neben- und Zusatzspannungen sind von untergeordneter Bedeutung und in seltenen Fällen schädlich. Die Bauweise ist, wie die Erfahrung der letzten 70 Jahre lehrt, unbedingt vertrauenswürdig. Die wenigen Bauunfälle sind auf Fehler der Entwürfe und der Berechnung oder auf Verstösse gegen anerkannte Regeln der Baukunst zurückzuführen. Zu den schon genannten Vorzügen kommt noch die Anpassungsfähigkeit der Eisenkonstruktionen an wechselnde Bedürfnisse, die Verstärkungsmöglichkeit bei Steigerung der Verkehrslasten, die leichte Umbau-, Abbruch- und Wiederverwendungs-Möglichkeit.

Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Eisenbetonbau; er steht in den genannten Punkten hinter dem Eisenbau zurück. Die Festigkeit des Beton schwankt in weiten Grenzen, zwischen 100 und 500 kg/cm², während die in den Lieferbedingungen festgesetzten Grenzen von 3700 bis 4500 kg/cm² bei Flusseisen, 4800 bis 5800 kg/cm² bei Baustahl St. 48 unbedingt eingehalten werden.

Die Berechnung von Verbundkonstruktionen stützt sich auf Bruchversuche, weil das Verhalten im elastischen Bereich als Grundlage nicht geeignet erscheint. Schon die äusseren Kraftwirkungen auf die Einzelteile der Verbundtragwerke sind viel schwieriger zu erfassen als bei Eisen. Die einfachen Berechnungs- und Bemessungsmethoden, wie sie sich beim Eisenbau herausgebildet haben, lassen sich nicht ohne weiteres auf die ganz anders gearteten Verbundkonstruktionen übertragen; es genügt z. B. nicht, einzelne Hauptquerschnitte herauszugreifen und auf Zug, Druck oder Biegung zu untersuchen. Unzulängliche Einsicht in die Verbundwirkung, falsche Beurteilung der Auflager-Bedingungen und Einspannungsgrade, ungenügende Berücksichtigung der Wärme- und Schwindspannungen, der elastischen Nachgiebigkeit der Stützen, der Veränderlichkeit der Querschnitte, unzweckmässige Anordnung und Verteilung der Eiseneinlagen hatten sog. statische Risse zur Folge, die nicht nur das Kräftespiel im Gesamttragwerk in ungünstiger Weise verändern und die Betriebsicherheit in Frage stellen, sondern auch zu fortschreitenden Zerstörungs-Erscheinungen durch Witterungseinflüsse und Rauchgase führen.

Viel mehr als bei Eisen und Stein ist die Ausführung von Eisenbeton-Bauwerken von den örtlichen Bedingungen und Zufälligkeiten, von der Sachkenntnis und Vertrauenswürdigkeit des Unternehmers, ja von der Gewissenhaftigkeit und Zuverlässigkeit jedes einzelnen Arbeiters abhängig. Hierzu kommt, dass Mängel, die sich nachträglich herausstellen, bei dem monolithischen Charakter der Bauweise kaum einwandfrei zu beseitigen sind und hohe Kosten verursachen. Gewisse unvermeidliche Mängel, es sei nur auf die Betonierungsabsätze und die Schwindrisse hingewiesen, müssen als Unvollkommenheiten der Bauweise in Kauf genommen werden. Die Ausnützung der Bau- und Werkstoffe kann aus allen diesen Gründen bei Eisenbeton-Tragwerken viel weniger weit getrieben werden als bei Eisen, wo man mit den Betriebsbeanspruchungen unter Berücksichtigung aller ungünstigen Einflüsse bis nahe an die Elastizitätsgrenze herangehen darf. Während bei Eisenbauten eine zwei- bis dreifache Sicherheit gegen Bruch ausreicht, muss

bei Eisenbeton-Brückenbauten mit drei- bis siebenfacher Sicherheit gerechnet werden.

Während der Eisenbau von Witterungseinflüssen wenig beeinträchtigt wird, kommt für die Ausführung von Eisenbetonbauten mit Rücksicht auf die Frostgefahr nur die warme Jahreszeit in Betracht. Betonieren bei Frost ist zwar unter Einhaltung bestimmter Vorsichtsmassregeln — Anwärmen der Zuschlagstoffe und des Wassers, frostsichere Abdeckung des fertigen Beton während des Abbindens und Erhärtens — möglich, aber wegen der Unzuverlässigkeit der Ergebnisse nur in Ausnahmefällen zu gestatten.

Das Anwendungsgebiet des Eisenbeton wird durch drei Umstände beschränkt:

1. die geringe Anpassungsfähigkeit an wechselnde Bedürfnisse,
2. das verhältnismässig hohe Eigengewicht und
3. die erforderliche Mindestbauhöhe.

Massivausführungen sind am Platze, wo bauliche Aenderungen in absehbarer Zeit ausgeschlossen sind.

Eine nachträgliche Verstärkung von Eisenbeton-Bauwerken ist im Gegensatz zu Eisenbauten kaum möglich. Man muss also von vornherein den künftigen Entwicklungsmöglichkeiten weitgehend Rechnung tragen, also teurer bauen als es die augenblicklichen Bedürfnisse verlangen. Eine Ausnahme machen die Wölbbrücken in Eisenbeton. Die Ansicht, dass gewölbte Brücken in Eisenbeton wegen ihren schwächeren Abmessungen und des geringern Gewichtes gegenüber Laststeigerungen ungünstiger sind als Stein- und Stampfbetonbrücken, hat sich als irrig erwiesen. Sowohl die eingespannten Bogen, als auch die Dreigelenkbogen in Stein oder Beton ohne Eiseneinlagen sind wegen der Zugspannungen gegen Ueberlastung empfindlich. Bei den bewehrten Gewölben dagegen hat die Steigerung der Verkehrslasten nur eine mässige Zunahme der Eisenspannungen zur Folge, die umsomehr aufgenommen werden können, als die Eisenspannungen in der Regel nicht ausgenutzt sind. Andernteils wird eine Erhöhung der Betondruckspannungen wegen der mit dem Alter zunehmenden Druckfestigkeit des Beton ohne Bedenken zuzulassen sein. Die Reichsbahndirektion Stuttgart hat mit bewehrten Gewölben die besten Erfahrungen gemacht; in keinem Fall sind an solchen Bauwerken Risse oder sonstige Betriebschäden festgestellt worden.

Die Anwendung des Eisenbeton ist besonders vorteilhaft, wenn an oder in der Nähe der Baustelle zur Betonbereitung geeignete Baustoffe zur Verfügung stehen. Der Vorteil wirkt sich umsomehr aus, wenn gleichzeitig das Eisen aus weiten Entfernungen oder dem Ausland herangeholt werden muss. In Ländern ohne hochentwickelte Eisenindustrie ist man bestrebt, einheimische Baustoffe und Arbeitskräfte zu verwenden. Hierzu kommt, dass durch Massivausführung häufig an Bauzeit gespart werden kann. Durch die immer weitergehende Heranziehung maschineller Hilfsmittel zur Betonbereitung und Verarbeitung, die Verwendung kräftesparender Baustelleneinrichtungen, die Vereinfachung, Verbesserung der Schalungen und Rüstungen unter Ausnützung der Fortschritte des freitragenden Holzbaues, das Anhängen der Schalung an steif ausgebildete, tragfähige Eisenbewehrungen, den Wegfall von Stütz- und Lehrgerüsten ist die Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbetonbauweise in den letzten Jahren ausserordentlich gesteigert worden.

EISENBETONBAUTEN DER WÜRTTEMBERGISCHEN STAATSBAHNEN

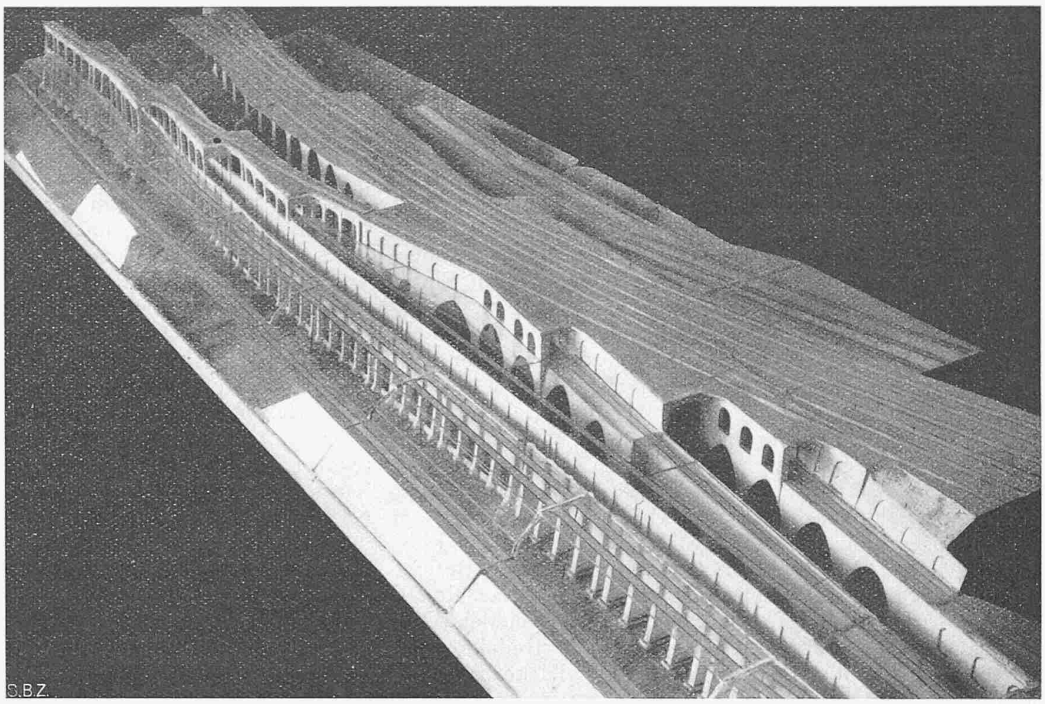

Abb. 2. Modell der Geleisekreuzungsbauwerke zur Einfahrt in den Hauptbahnhof Stuttgart. Ausgeführt 1911/14 durch Wayss & Freytag A.-G. (Vergl. Geleisepläne in „S. B. Z." vom 10. April 1915.)

Bei den Wegbrücken braucht es kaum eines besonderen Nachweises, dass der Eisenbeton mit dem Eisenbau und dem Steinbau erfolgreich in den wirtschaftlichen Wettbewerb treten kann. Davon zeugt schon die grosse Zahl von neuern Bauausführungen in Eisenbeton.

Umstritten ist dagegen die Anwendung des Eisenbeton unter Eisenbahngeleisen. Balkenbrücken in Eisenbeton sind unter Bahngeleisen wegen des mit wachsender Stützweite stark zunehmenden Eigengewichts im allgemeinen nur bis 14 m wirtschaftlich. Bei Strassenbrücken ist man praktisch schon wesentlich weiter gegangen. Immerhin wird in Regelfällen 25 m als wirtschaftliche Grenze anzusprechen sein. Als oberste Grenze der Spannweiten nimmt man heute bei Eisen ungefähr 1000 m, bei Eisenbetonbogen ungefähr 250 m an.

Mitbestimmend für die Anwendung der einen oder andern Bauweise ist die verfügbare Bauhöhe. Je schwerer die Belastung, je niedriger die Bauhöhe, umso wirtschaftlicher ist die Verwendung hochwertiger Baustoffe; die niedrigste Bauhöhe wird mit hochwertigen Baustählen erzielt. Bei Eisenbeton-Platten und -Balken rechnet man mit Konstruktionshöhen von $^1/_7$ bis $^1/_{12}$ der Stützweite, wozu bei Bahnbrücken noch das unbedingt notwendige Schotterbett hinzukommt. Bei Eisenbetonbogen kann man mit dem Pfeilverhältnis bis $^1/_{14}$ heruntergehen. Für kleinere Bauhöhen ist Flusseisen oder Baustahl zu verwenden.

Und nun ein paar Worte zur vielumstrittenen Frage des Aufwands für den Unterhalt.

Eisen ist auf die Dauer nicht widerstandsfähig gegen Witterungseinflüsse und Rauchgase und bedarf zur Erhaltung eines besondern Schutzes, sei es durch Anstriche oder metallische Ueberzüge. Die Anstriche sind je nach der Intensität der äusseren Angriffe und der Güte der Schutzdecken alle 5 bis 10 Jahre zu erneuern. Dauernd wirksame Metallüberzüge sind noch nicht gefunden.

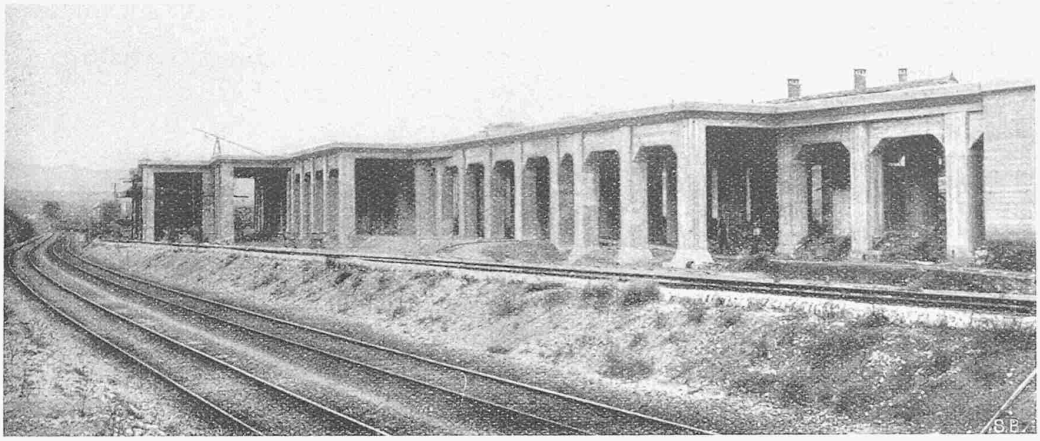

Abb. 1. Schiefe Ueberführung der zweigeleisigen Remsbahn über sechs Geleise im Bahnhof Cannstatt (in Betrieb seit 1912).

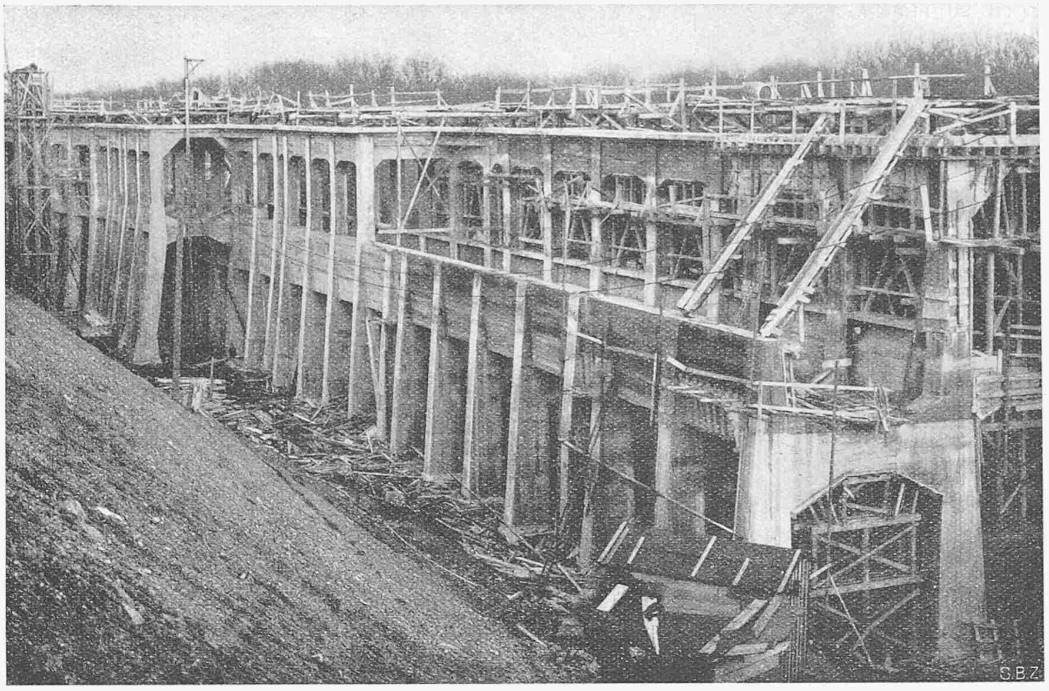

Abb. 3. Mehrgeschossige Stockwerkrahmen der Stuttgarter Geleisekreuzungen, im Bau.
(Zur Veranschaulichung der Grösse sei auf den Mann am Fuss eines Pfeilers im Hintergrund verwiesen.)

Die Unterhaltungskosten von eisernen Bahnbrücken, d. h. die auf ein Betriebsjahr umgerechneten, kapitalisierten Aufwendungen für Anstriche, Ausbesserungen an der Eisenkonstruktion und am Mauerwerk, Unterhaltung und Erneuerung der Schwellen, Beläge und dergl. betragen nach unseren Erfahrungen rund 0,8 % der Baukosten, können aber bei älteren, hoch beanspruchten Bauwerken bis 1,2 % steigen. Mit Rücksicht auf die Unterhaltungskosten ist z. B. eine Steinbrücke der Eisenausführung vorzuziehen, auch wenn ihre reinen Baukosten 10 bis 15 % höher sind. Bei den Eisenbetonbrücken ist mit einem Aufwand für Prüfung und Unterhaltung von 0,2 bis 0,4 % der Baukosten zu rechnen.

Auch die Eisenbetonbauwerke sind nicht unbeschränkt haltbar. Die Unterhaltungskosten von tadellos hergestellten Eisenbetonbauwerken sind allerdings gering, können aber bei mangelhafter Ausführung ausserordetlichen Umfang annehmen. Es braucht hier nur auf die ungünstigen Erfahrungen der vormals preuss. Staatsbahnen mit Eisenbeton-Brücken im Bezirk der ehemaligen Dir. Kattowitz hingewiesen zu werden, über die Perkühn in der „Zeitschrift für Bauwesen" (1916) aufsehenerregende Mitteilungen gemacht hat.[1]) Abgesehen von solchen Erscheinungen kann gesagt werden, dass auch bei Eisenbeton-Brücken zeitweilige Prüfungen und Unterhaltungsarbeiten notwendig werden. Die Dichthaltung der Fahrbahn erfordert die zeitweilige Ausbesserung oder vollständige Erneuerung der Isolierschicht, sie ist für die Lebensdauer von grosser Bedeutung. Die dem unmittelbaren Angriff der Rauchgase ausgesetzten Flächen sind besonders sorgfältig zu beobachten und auf Schäden zu untersuchen. Bei tadellosem Zustand der Sichtflächen bildet die sich ansetzende Russschicht einen natürlichen Schutz gegen weitergehende Angriffe. Nach unsern Erfahrungen ist für den durchschnittlichen Unterhaltungsaufwand ein kapitalisierter Betrag von 3 bis 5 % zuzuschlagen. Die Lebensdauer kann ausser Vergleich bleiben. Bei sorgfältiger Unterhaltung sind Eisen- und Eisenbetonbauwerke für die Zeiträume, mit denen der Techniker rechnet, ziemlich gleichwertig.

Den Grundsätzen für die bauliche Durchbildung von Bahnbrücken war früher der einleitende Satz vorangestellt: Die in erster Linie für den Bau von Brücken in Frage kommenden Baustoffe sind Stein und Beton. Das Eisen tritt an Stelle von Stein oder Beton, wenn technische Gründe gegen ihre Verwendung sprechen. — Es bestehen meines Erachtens keine Bedenken, den ersten Satz auf den Eisenbeton auszudehnen, statisch und technisch einwandfreie Entwurfsbearbeitung und tadellose Bauausführung vorausgesetzt. Eisenbeton-Bogenbrücken sind als gleichwertig mit Steinbrücken zu betrachten und den reinen Stampfbetonausführungen überlegen. Bei Bogenbrücken mit freigestützter oder frei angehängter Fahrbahn ist der Zusammenhang zwischen Bogen und Fahrbahn so zu gestalten, dass keine unzulässigen Nebenspannungen auftreten. Die Rhonebrücke bei Chippis[1]) ist ein Beispiel dafür, wie man eine solche Brücke in Eisenbeton nicht gestalten darf. Bei den Balkenbrücken in Eisenbeton ist Vorsicht am Platze. Eisenbetonplatten und Plattenbalken eignen sich zur Abdeckung von Durchlässen, Fussweg-, Bahnsteigunterführungen, Gepäcktunneln, Wegüber- und Unterführungen, also für kleine Spannweiten.

Ueber die Wirtschaftlichkeit von Eisenbetonbrücken unter Eisenbahngeleisen hat der Verfasser anlässlich der Aufstellung der Eisenbetonvorschriften für die Württembergischen Staatsbahnen und der Entwürfe für die Kunstbauten zum neuen Hauptbahnhof Stuttgart eingehende

[1]) Vergl. den kurzen Auszug „Ueber Riss- und Rostbildung be Eisenbetonbrücken" in „S. B. Z.", Bd. 67, S. 153 (18. März 1916). Red.

[1]) Ausführliche Beschreibung in „S. B. Z.", Bd. 49, Seiten 307 und 319 (22./29. Juni 1907). Red.

Untersuchungen und Berechnungen angestellt.[1]) Zu diesem Zweck wurden zunächst Musterentwürfe für normale Eisenbetonplatten und Rippenplatten unter Bahngeleisen von 2, 3 und 4 m Weite bearbeitet. Weiterhin wurden für die bei schienengleichen Geleiseüberschneidungen erforderlichen Lichtweiten von 5 und 9 m, und zwar sowohl für rechtwinklige als schiefe Kreuzungen, Ueberbauten in Eisenkonstruktion mit solchen aus Walzträgern in Beton und aus Eisenbeton in Vergleich gesetzt. Die Tragwerke wurden nach den damals gültigen württ. Bestimmungen für den 20 t Lastenzug (Preuss. Lastenzug B vom Jahre 1911) entworfen, für eine zulässige Beanspruchung des Flusseisens von einheitlich 750 kg/cm², des Beton auf Druck von 30 kg/cm², ohne Stosszuschläge, berechnet und bemessen; die Walzträger der Verbundkonstruktionen wurden so stark gewählt, dass sie ohne Mitwirkung des Beton die Last aufnehmen. Die Eisenbeton-Bauweise ergab bei den Platten und Rippenplatten bis 4 m Stützweite Ersparnisse von 35 bezw. 50 % gegenüber Walzträgern in Beton und Eisenkonstruktion mit durchgeführtem Schotterbett. Die Buckelplatten-Konstruktionen werden dementsprechend nur noch in Ausnahmefällen verwendet. Die seinerzeit ermittelten Kosten für die Ueberbauten von Geleiseüberschneidungen einschliesslich der Lager und Abdichtung sind in nebenstehender Tabelle I zusammengestellt.

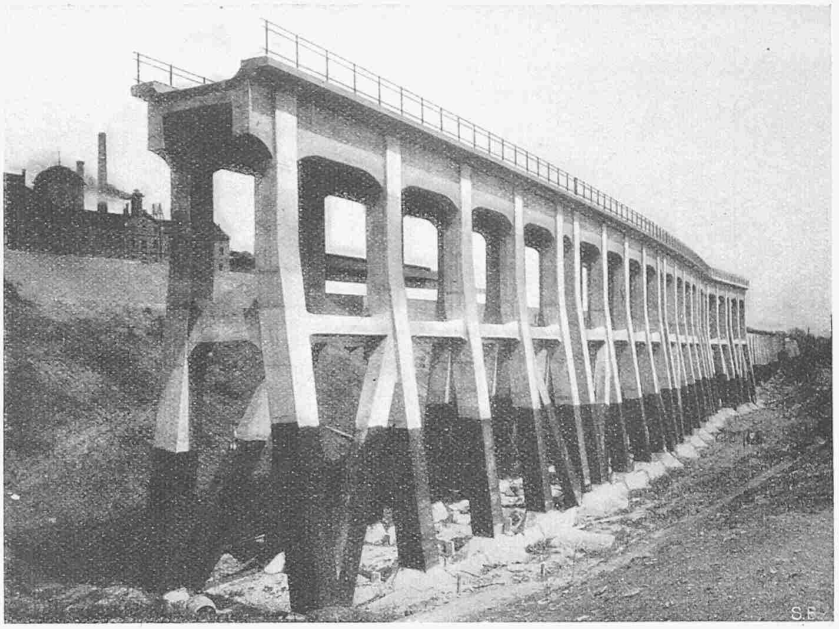

Abb. 4. Stockwerkrahmen der Stuttgarter Geleisekreuzungen, vor der Einfüllung.

Tabelle I.

Anzahl d. überführten Geleise u. Kreuzungs-Winkel	5 m l. W. (ein unterführtes Geleise)			9 m l. W. (zwei unterführte Geleise)	
	Eisen	Walzträger in Beton	Eisenbeton	Eisen	Walzträger in Beton
Ein Geleise bei 90°	3 000	2 700	1 500	5 000	5 000
Zwei Geleise bei 90°	6 000	4 500	2 600	10 000	10 000
Ein Geleise bei 20°	14 000	11 000	7 000	30 000	26 000
Zwei Geleise bei 20°	28 000	21 000	10 000	60 000	48 000

Die vergleichenden Kostenberechnungen sind weiterhin auf die Gesamtkosten der Kunstbauten, also Ueberbau mit Lagern und Abdichtung, Widerlager, Pfeiler und Flügel ausgedehnt worden. Für Gründung auf festem Baugrund sind die ermittelten Gesamtkosten in der nebenstehenden Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II.

Geleisezahl und Kreuzungswinkel	Eisen	Walzträger in Beton	Eisenbeton	
Ein Geleise unten 90° Ein Geleise oben	8 500	8 500	7 500	
Zwei Geleise unten 90° Ein Geleise oben	12 000	12 000	12 000	mit Zwischenstütze
Ein Geleise unten 20° Ein Geleise oben	35 000	40 000	30 000	mit Zwischenstütze
Zwei Geleise unten 20° Ein Geleise oben	50 000	60 000	50 000	mit Zwischenstütze
Zwei Geleise unten 20° Zwei Geleise oben	120 000	80 000	75 000	mit Zwischenstütze

Dabei ist aber zu beachten, dass die Eisenbeton-Bauweise grössere Bauhöhe verlangt, als die Walzträger in Beton oder die Eisenkonstruktion.

Die Vergleichsberechnungen haben ergeben:

1. Für rechtwinklige Kreuzung und 5 m l. W. der überbrückten Oeffnung ist die Eisenbetonplatte überlegen (Kostenersparnis gegenüber Walzträgern mit Zwischenbetonierung bis zu 50 %). Bei einer Lichtweite der Oeffnung von 9 m sind die Kosten der Ueberbauten in Eisen und Verbund annähernd gleich.

2. Für schiefe Kreuzungen von 20° und 5 m l. W. ist ebenfalls wieder die Eisenbetonplatte am billigsten (Kostenersparnis gegenüber Walzträgern mit Zwischenbeton bis zu 50 %). Bei einer Oeffnung von 9 m Lichtweite ist die Verbundbauweise (1 Träger mit Zwischenbetonierung) zweckmässig. Die Ersparnisse nehmen mit der Zahl der überführten Geleise zu.

3. Werden zwei oder mehrere Geleise über ein oder zwei Geleise hinweggeführt, so übersteigen die Gesamtkosten der Bauwerke mit eisernen Ueberbauten und geraden Endabschlüssen die für Eisenbeton und Verbund erheblich.

4. Bei Unterführung von zwei Geleisen und mehr unter Verwendung von Zwischenwänden und Stützen zwischen den einzelnen Geleisen ist die auf Säulen gestellte Eisenbetonfahrbahntafel allen anderen Ausführungsarbeiten und Formen überlegen.

Für den neuen 25 t Lastenzug der Reichsbahn sind neuerdings wieder wirtschaftliche Vergleiche zwischen Eisenbeton und Walzträgern in Beton und reiner Eisenkonstruktion mit durchgeführtem Schotterbett angestellt worden. Die zulässige Beanspruchung der einbetonierten Walzträger unter der mit Stosszuschlag eingeführten Verkehrslast ist mit 1400 kg/cm² reichlich hoch angenommen worden. Trotzdem ergaben sich für Spannweiten bis 6 m Ersparnisse bis zu 50 % gegenüber Eisenkonstruktion und 30 % gegenüber Verbundkonstruktion zu Gunsten der Eisenbetondecke. Dabei ist allerdings die erforderliche Bauhöhe in Eisenbeton bei 6 m Spannweite um mindestens 50 cm höher als bei Walzträgerdecken und mit 60 cm höher als bei normaler Eisenkonstruktion mit Tonnenblechen oder Buckelplatten.

Tabelle IV.

Untersuchungen über die wirtschaftliche Ausgestaltung von Brückenwiderlagern durch Verbindung mit den Flügeln hatten folgendes Ergebnis:

Wegunterführung	a) Normal-Entwurf	b) Vergleichs-Entwurf	Ersparnis in %
1. Unter einer eingeleisigen Bahn	27 900	19 500	30
2. Unter einer zweigeleisigen Bahn	32 500	27 500	15

[1]) Bericht über die XVII. Hauptversammlung des Deutschen Beton-Vereins 1914: Dr. Schaechterle, Neue Bauformen und Bauausführungen in Beton und Eisenbeton bei der Württ. Staatsbahn. — Vergl. auch „S. B. Z.", Band 60, Seite 78 (10. August 1912). Red.

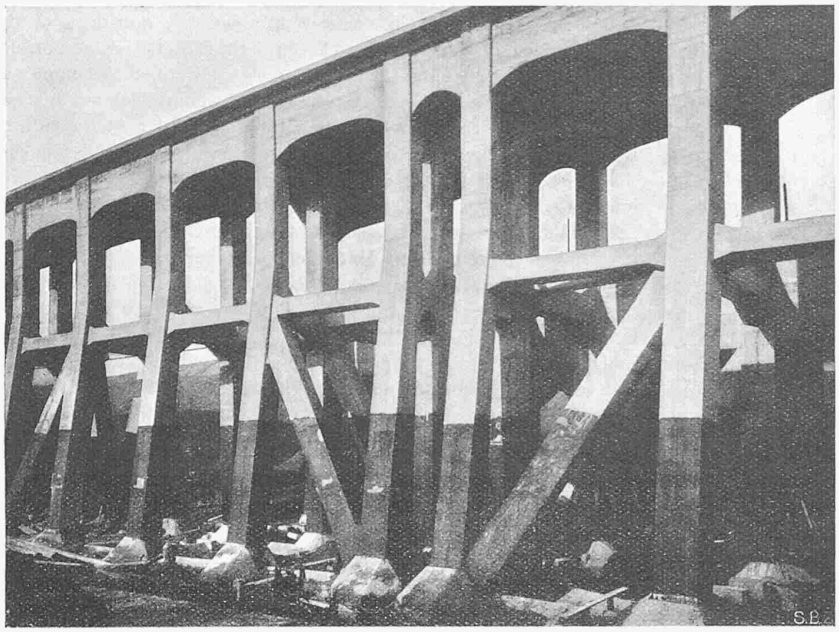

Abb. 5. Stockwerkrahmen der Stuttgarter Geleisekreuzungen, vor der Einfüllung.

Tabelle III.

Untersuchungen über die wirtschaftliche Ausgestaltung von Brückenwiderlagern durch Verbindung von Ueberbau und Widerlagern an beiden Enden.

	Untergrund	Normal-Entwurf Mk./m	1. Vergleichs Entwurf Mk./m	2. Vergleichs-Entwurf Mk./m	3. Vergleichs-Entwurf Mk./m	Ersparnis in % des billigsten gegen den Normalentwurf
I. Bahnsteigtunnel 4,0 m Lichtweite 2,5 m Lichthöhe	1. Bei gutem Untergrund 5 kg/cm²	1300	1160	1080		17
	2. Bei schlechtem Untergrund 2 kg/cm²	1800	1340	1220		32
	(bei Grundwasser)	(2480)	(1730)	(1970)		(30)
II. Bahnsteigtunnel 6,5 m Lichtweite 2,5 m Lichthöhe	1. Bei gutem Untergrund 5 kg/cm²	1800	1700	1580		12
	2. Bei schlechtem Untergrund 2 kg/cm²	2710	2650	2190		19
	(bei Grundwasser)	(3550)	(3220)	(3100)		(13)
III. Unterführung 6,5 m Lichtweite 4,2 m Lichthöhe	1. Bei gutem Untergrund 5 kg/cm²	2310	1850	1940		20
	2. Bei schlechtem Untergrund 2 kg/cm²	3580	3200	2730		24
	(bei Grundwasser)	(4560)	(3780)	(3600)		(21)
IV. Unterführung 6,5 m Lichtweite 10,0 m Lichthöhe	5 kg Bodenpressung	6060	4340	5260	3810	(37)

Die neuen schweren Lastenzüge bedingen nicht nur stärkere Ueberbauten, sondern auch massigere Pfeiler und Widerlager. Bei schubfreien, eisernen Brückentragwerken (Blechträgern, Fachwerkträgern usw.) auf massiven Pfeilern und Widerlagern müssen diese als freistehende Bauteile berechnet werden. Die am festen und am beweglichen Auflager eines Tragwerkes auftretenden wagerechten Kräfte sind verschieden gross, dementsprechend müssen die Mauerkörper verschieden stark ausgebildet werden. Besonders ungünstig wirken die Bremskräfte, wenn sie mit den in gleicher Richtung auftretenden Erddrücken der Hinterfüllung bei den Widerlagern hoher Bauwerke zusammentreffen.

Für kleinere Spannweiten (bis 12 m) dürfen Eisenbetonplatten und Plattenbalken ohne besonders ausgebildete Lager auf die Widerlagermauer aufgelegt werden. Da bei solchen Bauten mit durchgeführtem Schotterbett die Tragteile sich ganz unter der Fahrbahn befinden, kann auf die freie Drehbarkeit und Längsbeweglichkeit eines Trägerendes unbedenklich verzichtet werden. Die Decke wirkt wegen der grossen Reibungsfläche auf die Widerlager verspannend. Gegenüber der üblichen Bemessung der Widerlager als freistehend und jeder für sich allein wirkend, wird bei Berücksichtigung der Verspannung an Massen und Kosten gespart. In besondern Fällen lässt sich die Ausführung durch planmässige Verbindung der Decke mit den Widerlagern oder durch rahmenartige Ausbildung des Bauwerks noch wirtschaftlicher gestalten.

Bei Wegunterführungen unter ein- und zweigeleisigen Bahnen können weiterhin durch geeignete Ausbildung und Verbindung der Widerlager mit den Fügeln und Berücksichtigung des statischen Zusammenwirkens bei der Bemessung Ersparnisse erzielt werden.

Die Vergleiche zwischen den verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten werden durch Weite und Höhe der Unterführung, die Grösse der Verkehrslasten, die Beschaffenheit (Tragfähigkeit) des Untergrundes beeinflusst. Um zu brauchbaren Vorschlägen für die wirtschaftliche Gestaltung von Eisenbeton-Unterführungen zu gelangen, müssten vergleichende Untersuchungen für verschiedene Spannweiten, verschiedene Lichthöhen, verschiedene Tragfähigkeit des Untergrundes angestellt werden. Ueber die wirtschaftliche Ausgestaltung der verspannten Widerlager von Bahnbrücken sind besondere Vergleichsberechnungen erforderlich. Die Untersuchungen sind in der Zeitschrift „Beton und Eisen" (1912, Heft 22 und 23) veröffentlicht, die Ergebnisse nebenan in den Tabellen III und IV zusammengestellt.

Die Ersparnisse sind nicht unbedeutend und dürfen zu den bei der Decke festgestellten Kostenunterschieden zugerechnet werden. Die wirkungsvollste Verspannung zwischen Fahrbahntafel und Stütze wird erzielt durch die biegungsfeste Verbindung der beiden Haupttragelemente. Erst mit den *steifen Rahmenkonstruktionen* können alle Vorteile der Eisenbetonbauweise ausgeschöpft werden. Bei kleinen Bauwerken mit nur einer Oeffnung wird die Ersparnis am Masse zum Teil durch die teurere Arbeit wieder aufgehoben. Günstiger liegen die Verhältnisse, wenn zur Ueberbrückung grösserer Räume Zwischenstützen angeordnet werden dürfen. Durch Auflösung der Stützwände in Säulenreihen erzielt man neben dem Vorteil der einheitlichen (monolithischen), in sich versteiften Konstruktion freiere Uebersicht unter der Brücke und gefälligeres Aussehen.

Die auf Säulen gestellte Fahrbahntafel ist die häufigst angewandte und wirtschaftlichste Bauform der Eisenbeton-Bauweise. Ein Beispiel dieser Art ist die Remsbahnüberführung auf Bahnhof Cannstatt (Abb. 1), bei der zwei Geleise der Strecke Stuttgart-Waiblingen über sechs Geleise der

Strecke Stuttgart-Esslingen mit einem Kreuzungswinkel von 20° schienenfrei weggeführt sind. Für dieses Bauwerk haben wir im Jahr 1910 zur Nachprüfung unserer vergleichenden Kostenberechnung einen freien Wettbewerb unter einer beschränkten Zahl leistungsfähiger Eisen- und Eisenbeton-Firmen veranstaltet. Er ergab eine Ersparnis an reinen Baukosten von 55 % zu Gunsten der Eisenbetonkonstruktion, die zur Ausführung gewählt wurde. Das freie Wettbewerbsverfahren hat unseren Erwartungen durchaus entsprochen, die Wahl der geeigneten Bauweise und der zweckmässigsten Bauform erleichtert und neben der Gewähr der vorgeschriebenen Sicherheit zur Feststellung der wirtschaftlichsten Ausführung beigetragen. Das Bauwerk ist seit 14 Jahren im Betrieb; bis heute sind keinerlei Unterhaltungskosten entstanden, und es sind auch keine Anzeichen vorhanden, die darauf hinweisen, dass in den nächsten zehn Jahren Unterhaltungsaufwendungen notwendig werden. Von den bedeutendern Kunstbauten Württembergs in Eisenbeton sind noch zu nennen die bis zu 40 m hohen Stockwerkrahmen zur Ueberführung der Gäubahngeleise über die Ludwigsburger Fern-, Vorort- und Gütergeleise beim Nordbahnhof und für die schiefen Geleiseüberschneidungen vor der Einfahrt in den Hauptbahnhof Stuttgart beim englischen Garten (Abbildungen 2 bis 5). Auch diese haben sich bis jetzt im Betrieb gut gehalten.

Die wirtschaftlichen Untersuchungen und Berechnungen und die angeführten Beispiele aus der Praxis beweisen die Ueberlegenheit der Eisenbetonbauweise bei Eisenbahnbalkenbrücken kleiner Spannweite und unbeschränkter Bauhöhe. Wenn die Eisenbetonbauweise im Eisenbahnbau bisher wenig Eingang gefunden hat, so liegt es sicher nicht daran, dass die Eisenbeton-Bestimmungen im Vergleich zu den Eisenbau-Vorschriften zu streng sind und zu Abmessungen führen, die wirtschaftlich nicht mehr vertreten werden können, sondern mehr daran, dass massgebende Eisenbahn-Ingenieure der Eisenbetonbauweise kein uneingeschränktes Vertrauen entgegenbringen, ihr z. T. ablehnend gegenüberstehen. Mangelhafte Bauausführungen, ungünstige Betriebserfahrungen und Bauunfälle haben viel zu der ungünstigen Beurteilung beigetragen. Es kann jedoch nicht bestritten werden, dass Eisenbetonbauwerke, die einwandfrei durchgebildet und berechnet, sowie sorgfältig ausgeführt worden sind, sich im Betrieb tadellos gehalten haben. Im Eisenbahnwesen steht die Forderung der Betriebsicherheit obenan. Es erscheint also durchaus abwegig, die Anwendung des Eisenbeton im Eisenbahnwesen durch Hinaufsetzung der zulässigen Spannungen und Verringerung der Sicherheit erreichen zu wollen. Das Streben der Eisenbahnverwaltung und der Eisenbetonindustrie muss vielmehr darauf gerichtet sein, tadellose Ingenieurbauwerke zu schaffen, die allen Anforderungen des Betriebs genügen.

2. Internationaler Kongress für technische Mechanik in Zürich.

Wohl noch nie hatte unsere Eidgen. Technische Hochschule so viele Gelehrte und aus so vielen Ländern in ihren Räumen vereinigt gesehen, als es anlässlich des vom 12. bis 17. September abgehaltenen 2. Internationalen Kongresses für technische Mechanik der Fall war. Das für die kurze Kongressdauer fast zu reichhaltige Programm, das wir auf Seite 162 dieses Bandes (Nr. 11 vom 11. September) wiedergegeben haben, und das im Laufe des Kongresses nur wenige Aenderungen erfuhr, kündigte nicht weniger als 12 allgemeine und 76 Sektionsvorträge an. Von den Fachgelehrten, die dabei die Ergebnisse ihrer wissenschaftlichen Forschungen bekannt gegeben haben, stammten 22 aus Deutschland, 20 aus Frankreich, 19 aus der Schweiz, je 5 aus England und Polen, 4 aus den Vereinigten Staaten, je 3 aus Italien und Oesterreich, je 2 aus Holland, Belgien und der Tschechoslowakei, und je 1 aus Schweden, Norwegen, Rumänien, Aegypten und Japan. Die Teilnehmer an der Tagung überschritten 250, wobei ausser den genannten Ländern noch Spanien, Bulgarien, Griechenland, die Türkei, Argentinien und Niederländisch-Indien vertreten waren. Die Tagung war somit im weiten Sinne des Wortes „international", was besonders hervorgehoben zu werden verdient

Eröffnet wurde der Kongress am Sonntag Abend im Auditorium Maximum der E. T. H. In seiner Eröffnungsrede hob der Präsident des Zürcher Organisationskomitee, Prof. Dr. E. Meissner, hervor, dass solche Zusammenkünfte der Vertreter angewandter Mechanik, wie sie in Innsbruck vorbereitet und in Delft begründet worden sind, einem Bedürfnis entsprechen. Denn weder bei den Mathematikern, noch bei den Physikern oder den Technikern war bei wissenschaftlichen Tagungen der „Mechaniker" ganz am Platz. Das Bedürfnis nach eigenen Tagungen war vielleicht nicht gross, solange die Technik nicht mehr als einige elementare Grundgesetze der Mechanik und einige mathematische Methoden derselben verwendete, und solange die „höhere Mathematik" einen Zweig der reinen Mathematik darstellte. Heute ist das anders. Durch die Technik der schnelllaufenden Maschinen z. B. sind neue und nicht einfache kinetische und elastische Probleme gestellt worden; die Festigkeitslehre nähert sich mit eiligen Schritten einer Strukturlehre der Materie; Hydro- und Aerodynamik sind nicht mehr allein Paradestücke der Potentialtheorie, die physikalische Betrachtungsweise steht nun auch hier voran, und im „Mechaniker" vereinigen sich Mathematik, Physik und Technik zur Erforschung der so eminent verwickelten Gesetze der Mechanik der Kontinua. So darf man wohl sagen, dass die Mechanik, wenn sie auch überall da unentbehrlich bleibt, wo exakte Wissenschaft getrieben wird, im letzten Jahrzehnt selbständige Bedeutung gewonnen hat und nach einer Berücksichtigung dieses Umstands verlangt. Ein Beweis dafür sind die zahlreichen Kongress-Teilnehmer; sie sind gleichzeitig ein Zeugnis für das Ansehen, das die Institution von Anfang an geniesst, was den Sprechenden veranlasst, ihren Gründern und Förderern, den Prof. Dr. v. Kármán (Aachen), C. W. Oseen (Upsala), Dr. L. Prandtl (Göttingen) und T. Levi-Cività (Roma), sowie den Veranstaltern des 1. Kongresses, den Prof. C. B. Biezeno und Dr. J. M. Burgers in Delft, besondern Dank zu entbieten.

Namens der E. T. H., unter deren Protektorat der Kongress einberufen worden ist, sowie ihres Lehrkörpers, hiess deren Rektor, Prof. C. Andreae, die Teilnehmer willkommen. Er gab seiner Freude Ausdruck, dass sich die Männer der wissenschaftlichen Mechanik zu dieser wahrhaft internationalen Tagung zusammengefunden hätten, von der aus, dank der persönlichen Fühlungnahme der Gelehrten aus aller Welt, eine starke Befruchtung dieses Zweiges ausgehen werde.

Am Montag Vormittag begannen die Vorträge, die fünf Tage lang die Kongressteilnehmer, z. T. gemeinsam, z. T. in drei getrennten Sektionen zu wissenschaftlichem Gedankenaustausch vereinigte. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier über all das in diesen Sitzungen Gebotene zu berichten. Eine nicht geringe Anzahl der Vorträge griff übrigens stark in das Gebiet der physikalischen Mechanik hinüber. Den Teilnehmern war zu Beginn des Kongresses ein kleiner Band überreicht worden, der einen kurzen Auszug sämtlicher Vorträge enthielt, und eine willkommene und zweckmässige Orientierung über die zu behandelnden Themata ermöglichte. Ferner sollen sämtliche Vorträge in einen Sammelband vereinigt werden, auf den wir Interessenten angelegentlichst hinweisen[1]). Auch jenen, die am Kongress nicht teilgenommen haben (wir denken dabei vornehmlich an die in der Industrie beschäftigten Ingenieure, die an den Sitzungen leider sehr spärlich vertreten waren) wird dadurch Gelegenheit geboten, das Versäumte nachzuholen. Ermöglicht wird diese Veröffentlichung durch die finanzielle Unterstützung, die der Schweizer. Schulrat dem Kongress zuteil werden liess. Dies hatte denn auch den Leiter des Zürcher Organisations-Komitee veranlasst, in einer besondern, auf Donnerstag in der Aula der E. T. H. anberaunten Zusammenkunft, dem Präidenten des Eidgenössischen Schulrates, Prof. Dr. A. Rohn, den Dank des Kongresses auszusprechen. Diesem Dank schloss sich auch Prof. *Biezeno* an, der 1924 den ersten Kongress in Delft geleitet hatte und der besonders die hohe Bedeutung des Schweizerischen Schulrates als Vermittlung zwischen dem Lehrkörper und den Landesbehörden hervorhob.

In seiner Antwort freute sich Schulratspräsident Prof. *Rohn* feststellen zu können, dass durch den ausgesprochenen Dank sein Bestreben, wissenschaftliche Forschung zu unterstützen, Anerkennung finde, denn diese sei ja der Lebensnerv des technischen Hochschul-Unterrichtes. Ferner betont er, dass es Pflicht und Recht der Eidgen. Technischen Hochschule sei, auch die Bestrebungen der wissenschaftlichen Bestrebungen der Mechanik auf internationalem Boden nach Kräften zu unterstützen, stellt doch diese den Zentralkern der

[1]) Erscheint im Verlag Orell Füssli in Zürich. ☛ Subskriptionspreis *nur bis 15. Oktober 1926:* 38 Fr., später etwa 45 Fr.