

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 2 (1936)

**Rubrik:** C. Folgerungen und Anregungen

### **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:** 21.01.2026

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

C

FOLGERUNGEN UND ANREGUNGEN

VOEUX

SUGGESTIONS

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## Thema I.

### Die Bedeutung der Zähigkeit des Stahles für die Berechnung und Bemessung von Stahlbauwerken, insbesondere von statisch unbestimmten Konstruktionen.

1. Zur Beurteilung der Sicherheit eines Bauwerkes oder eines Bauwerkteiles aus Baustahl müssen auch die Gleichgewichts- und Formänderungsbedingungen bei steigender Belastung nach teilweisem Erreichen des plastischen Zustandes untersucht werden. Die Querschnittsformen der Stäbe und Träger beeinflussen das Entstehen eines plastischen Zustandes und damit die Tragfähigkeit und Sicherheit. Die übliche Annahme gleichmäßiger Kraftübertragung in einzelnen Teilen eines Stahlbaues (genietet oder geschweißt) ist durch die Zähigkeit des Stahles gerechtfertigt.

Bei der Untersuchung sowohl der stabilen als auch der instabilen Gleichgewichtszustände in Stahlbauwerken wird für das plastische Verhalten des Werkstoffes (Zähigkeit) im Sinne der klassischen Plastizitätstheorie angenommen, daß der Eintritt des plastischen Zustandes (Fließen) vom örtlichen Spannungszustand abhängig ist. Eine neuere Hypothese geht von der Anschauung aus, daß der Fließvorgang von der Gestaltung des Spannungsfeldes abhängt und daß damit im Zusammenhang ein sprunghaftes Fließen eintritt. Die in letzter Zeit ausgeführten Versuche mit Biege- und Augenstäben zeigen, daß die früher gefundenen großen Erhöhungen der Fließgrenze bei ungleichmäßigen Spannungsfeldern auf verschiedene Deutung der Versuchsergebnisse zurückzuführen sind. Es wurde erkannt, daß die obere Fließgrenze des Stahles eine wichtige Werkstoffeigenschaft ist, die beim Zugversuch nur unsicher bestimmbar ist. Bei Biegung tritt ganz unabhängig von der Querschnittsform stets eine obere Fließgrenze auf. Das sprunghafte Fließen wird auf die Wirkung dieser oberen Fließgrenze zurückgeführt. Dem weiteren Ausbau der Plastizitätstheorie ist die Betrachtung des Spannungs- und Verformungszustandes eines Elementes im plastischen Gebiet zugrunde zu legen, während von den Anhängern der neueren Fließbedingung der Höchstspannung keine maßgebende Bedeutung mehr beigemessen wird. Weitere Versuche zur Behebung der noch vorhandenen Zweifel sind beabsichtigt.

2. Sowohl die klassische Plastizitätstheorie als auch die neuere Fließbedingung wurden zur Lösung von Stabilitätsproblemen herangezogen (Exzentrischer Druck). Es zeigt sich, daß für beide Betrachtungsweisen ähnlich einfache Ergebnisse erhalten werden. Die neuere Fließbedingung gestattet, vorliegende Versuchsergebnisse mit großer Annäherung wiederzugeben.

3. Der Fall einer von Null bis zu einem Endwert anwachsenden Belastung erscheint bei durchlaufenden Trägern mit gleichbleibendem Querschnitt geklärt. Die versuchstechnisch bestimmten Grundlagen sollen mit Hilfe beider Fließbedingungen weiter untersucht werden. Für die Praxis ist ein einfaches Ver-



fahren zur Bestimmung der verwertbaren Tragfähigkeit anzustreben. Dabei ist aber die endliche Begrenzung des plastischen Verformungsgebietes zu beachten.

4. Für veränderliche Belastung bestehen noch keine Versuche. Die theoretischen Grundlagen sind auf Grund der neueren Erkenntnisse noch zu überprüfen.

5. Für Vollwandträger ohne größere Kerben haben Dauerversuche gezeigt, daß die bleibenden Verformungen eines durchlaufenden Trägers mit gleichen Einzelspannweiten auch bei sehr vielen Belastungen (700 000 Lastperioden) einem endlichen Grenzwert zustreben. Weitere Versuche sind im Gange; vor deren Abschluß ist die Anwendung des Traglastverfahrens auf die Bemessung dynamisch beanspruchter Tragwerke (Ermüdungsbruch) nicht zu empfehlen.

6. Die bisherigen Untersuchungen erlauben die Beurteilung des Einflusses von Stützensenkungen, die in den meisten Fällen unbedenklich erscheinen.

7. Das Rechenverfahren bedarf bei den bisher untersuchten Fällen statisch unbestimmter Fachwerke einer Einschränkung hinsichtlich der Bemessung von Druckstäben, die zum Kräfteausgleich nicht verwendet werden sollen. Für allgemeinere Fälle sind jedoch die Voraussetzungen hierüber noch eingehend zu untersuchen.

8. Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich in vielen Fällen infolge der Dehnbarkeit des Stahls ein ausnützbarer Sicherheitszuwachs von statisch unbestimmten gegenüber statisch bestimmten Tragwerken ergibt. Die theoretisch begründete und versuchstechnisch erhärtete größere Tragfähigkeit läßt sich auf Grund bestehender Rechenverfahren bei Tragwerken im Hochbau wirtschaftlich ausnützen. In Einzelfällen hat die durch selbsttätige Kaltverformung bedingte Momentenangleichung einen Niederschlag in behördlichen Vorschriften gefunden. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich vor allem bei Tragwerken mit auf die ganze Länge gleichbleibendem Querschnitt, weniger bei Tragwerken, deren Querschnitte dem Verlauf der Kräfte (z. B. der Momente) angepaßt sind.

## Thema II.

### Beanspruchungen und Sicherheitsgrad im Eisenbetonbau vom Standpunkte des Konstrukteurs.

1. *Bei der Berechnung der Eisenbetonquerschnitte auf Biegung* ist zu unterscheiden zwischen dem ersten Bereich des schwach bewehrten Querschnittes, bei dem die Streckgrenze der Eisen für den Bruch maßgebend ist, und dem zweiten Bereich, in dem die Druckfestigkeit des Betons maßgebend ist. Im ersten Bereich läßt sich der Hebelarm der inneren Kräfte und damit das Tragmoment sowohl nach der Navierschen Biegelehre, angewendet auf den Verbundquerschnitt im Stadium der Rissebildung finden, als auch mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen allein, angewendet auf den Bruchzustand. Die beiden Berechnungsmethoden geben jedoch wenig abweichende Tragmomente, weshalb hier keine Veranlassung vorliegt, an dem bisher üblichen Rechnungsverfahren etwas zu ändern.

Im zweiten Bereich, in dem die Druckfestigkeit für den Bruch maßgebend ist, kann das Tragmoment mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen allein nicht berechnet werden. Die übliche Berechnung gibt hier den Sicherheitsgrad nicht richtig wieder, und es empfiehlt sich ein neues Verfahren zur weitergehenden Baustoffnutzung und ebenso zur Berechnung der Bewehrungsgrenze, die beide Bereiche trennt. Hierdurch wird die Anordnung von Druckeisen und Balkenschrägen möglichst vermieden und damit die bauliche Gestaltung verbessert.

Für den Fall der Biegung mit Axialkraft gibt das heute übliche Rechnungsverfahren die Verhältnisse hinsichtlich des Sicherheitsgrades nicht richtig wieder, und es wird angeregt, auf Grund von Versuchen und im Sinne des Entwurfes der norwegischen Eisenbetonbestimmungen das zweckmäßigste Rechnungsverfahren auszubilden.

Am Kongreß wurde die Meinung vertreten, daß das übliche Rechnungsverfahren auf Biegung den Sicherheitsgrad nicht befriedigend wiedergibt, und daß es eine Aufgabe der Zukunft ist, ein neues Verfahren zur weitergehenden Baustoffnutzung unter Berücksichtigung des plastischen Verhaltens des Betons und des Schwindens weiter auszubilden.

2. *Die Widerstandsfähigkeit des nicht bewehrten Betons gegen oftmals wiederkehrende Lasten* (Ursprungsbelastung) bei Druck, Zug und Biegung ist etwa zur Hälfte der beim Bruchversuch auftretenden Festigkeit anzunehmen. Bei oftmals wiederholt belasteten Eisenbetonkörpern muß auf die einwandfreie Verankerung der Eiseneinlagen und die hinreichende flache Ausrundung der Abbiegestellen besonderer Wert gelegt werden.

3. *Die Zugfestigkeit des Betons* ist neben der Würfelfestigkeit die zweite wichtige Kennziffer des Baustoffes. Sie ist ebenso wie die Druckfestigkeit vor allem abhängig vom Zementgehalt, von der Körnung, und vom Wasserzementverhältnis.

Die Zugversuche von Betonkörpern geben keinen zuverlässigen Maßstab, dagegen haben sich die Biegezugversuche an Betonbalken bewährt.

4. Es wird empfohlen, die Ansichten und Anregungen von *E. Freyssinet zur Veredelung des Betons* auf physikalischer Grundlage weiter zu erforschen und nutzbar zu machen. Der Grundgedanke des Verfahrens besteht darin, nicht nur bei Biegung, sondern auch bei Schub die Zugspannungen im Beton zu vermindern oder ganz zu beseitigen, was durch geeignete hohe Vorspannung der Bewehrung erreicht wird. Es ist möglich, dem Beton in wenigen Stunden eine hohe Festigkeit zu verleihen, indem man ihn komprimiert und erhitzt. Es wird empfohlen, die Eigenschaften zu studieren, die ein derartig erzeugter Beton erhält.

5. *Der hochwertige Baustahl* hat im Eisenbetonbau die auf ihn gesetzten Erwartungen erfüllt. Die Vorzüge bestehen in der Erhöhung der zulässigen Eisenspannungen je nach Streckgrenze und Betongüte bis zu  $1800 \text{ kg/cm}^2$  (in Ausnahmefällen sogar bis zu  $2200 \text{ kg/cm}^2$ ). Vorwiegend ruhend beanspruchte Plattenbalken mit St. 52 bieten bei  $1800 \text{ kg/cm}^2$  zulässiger Eisenspannung und einer entsprechend erhöhten Würfelfestigkeit des Betons die gleiche Rißsicherheit wie mit St. 37 bei  $1200 \text{ kg/cm}^2$ . Bei bewegten Lasten sind Platten mit rechteckigem Querschnitt wegen der höheren Rißsicherheit den Plattenbalken vorzuziehen.

6. Es wird empfohlen, im Hochbau, zum Beispiel bei Decken, Wasserbehältern und dergleichen, *Baudehnungsfugen* vorzusehen, die nur während der Bauausführung, mindestens mehrere Wochen lang offen bleiben und sodann zubetoniert werden, außerdem aber im allgemeinen bleibende Dehnungsfugen, durch die eine dauernde Trennung der einzelnen Tragwerksteile erfolgt und dem Tragwerk das erforderliche Arbeitsvermögen gegeben wird.

## Thema III.

### Praktische Fragen bei geschweißten Stahlkonstruktionen.

1. Das elektrische Schweißen hat seit dem Pariser Kongreß in vielen Ländern erhebliche Fortschritte gemacht und es sind viele geschweißte Eisenbahn- und Straßenbrücken entstanden. In verschiedenen Ländern sind amtliche Vorschriften über das Schweißen in Kraft gesetzt worden.

2. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß niedrig gekohlter unlegierter Baustahl in werkstofftechnischer Hinsicht für das Schweißen vollkommen geeignet ist; bei hochwertigen Stählen bestehen nach den bisherigen Erfahrungen ebenfalls keine Bedenken, wenn durch Versuche festgestellt wird, daß der hochwertige Baustahl in seiner Legierung so zusammengesetzt ist, daß er durch das Schweißen nicht spröde und nicht rissig wird und daß die Schweißdrähte auf die Legierung der zu verschweißenden Stahlsorten abgestimmt sind.

3. Die durch die Schweißverbindungen erzielten Bauformen zeigen vielfach schöne Flächenwirkungen und ermöglichen gute ästhetische Gestaltung der Bauwerke.

4. Geschweißte Bauwerke sind im allgemeinen leichter als genietete. Ganze Bauteile, wie beispielsweise hochbeanspruchte Stützen, Rahmen usw. können in geschweißter Bauweise sehr einfach ausgeführt werden. Das Schweißverfahren bietet auch bei Verstärkung von Stahlbauwerken beträchtliche Vorteile.

5. Allgemein läßt sich sagen, daß das Schweißen große Sorgfalt in der Herstellung in der Werkstatt und eine dauernde Bauüberwachung erfordert. Die Güte der Schweißarbeit hängt wesentlich von der Tüchtigkeit des Schweißers ab; sie erfordert eine dauernde Schulung und Überwachung des ausführenden Personals. Es gehören große Erfahrungen dazu, um die Schrumpfspannungen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Namentlich gilt dies von der Herstellung von Baustellenstößen.

6. Laboratoriumsversuche haben erwiesen, daß Stumpfnahhtverbindungen bei dynamischer Beanspruchung senkrecht zur Naht mit großer Schwingungsweite hinsichtlich der Dauerfestigkeit Kehlnahhtverbindungen überlegen sind. Ebenso haben Laboratoriumsversuche und die Erfahrungen der Praxis gezeigt, daß die Dauerfestigkeit geschweißter Stumpfnahhtverbindungen bei geeigneter Ausführung zumindest die gleiche ist, wie die Dauerfestigkeit der üblichen Nietverbindungen. I-Träger können auf verschiedene Weise durch Stumpfschweißung von Stehblech und Gurtplatten hergestellt werden. Ihre Dauerfestigkeit ist praktisch gleich groß wie diejenige gewalzter Träger.

7. Die Dauerfestigkeit von Stumpfnahhtverbindungen wird wesentlich erhöht, wenn die Nahtwurzel nach Entfernen der Schlacke usw. nachgeschweißt wird und wenn allmähliche Nahtübergänge vom Mutterwerkstoff zur Schweißhergestellt werden.

Bei Stirnkehlnähten und an den Enden von Flankenkehlnähten ist die Dauerfestigkeit wesentlich geringer als bei durchlaufenden Kehlnähten. Dies bedingt daß an solchen Stellen auch im Mutterwerkstoff die zulässige Spannung herabgesetzt werden muß. Bei dynamisch beanspruchten Bauwerken sollen unterbrochene Nähte und Schlitznähte vermieden werden. Bei Kehlnähten ist das Durchschweißen bis in die Wurzel besonders wichtig. Daher ist bei Kehlnähten das Vorschweißen mittels 3 bis 4 mm dicken Schweißdrähten zu empfehlen. Durch einen allmählichen Übergang an der Oberfläche vom Mutterwerkstoff zur Schweiße kann die Dauerfestigkeit bei Stirnkehlnähten und beim Beginn von Flankenkehlnähten wesentlich gesteigert werden.

8. Die durch die thermischen Vorgänge beim Schweißen auftretenden Schrumpfspannungen werden bedeutend, wenn die Bauteile der Schrumpfung nicht folgen können. Diese Wärmespannungen sind im allgemeinen infolge des plastischen Verhaltens des Werkstoffes für die Sicherheit des Tragwerkes ohne Bedeutung. Die umfangreichen Versuche über die Dauerbiegefestigkeit von geschweißten Trägern haben bewiesen, daß die hohen Schrumpfspannungen auch in den Längsnähten dem Bauwerk nicht gefährlich werden können. Maßnahmen zur Vermeidung von Schrumpfspannungen sind kleine Nahtquerschnitte, bewegliches Lagern der zusammenzuschweißenden Teile, so daß sie dem Schrumpfen folgen können, und die Zuführung von kleinen Wärmemengen in der Zeiteinheit. Durch geeignete Formgebung der Konstruktion und ganz besonders durch zweckmäßige Folge beim Schweißen können die Schrumpfspannungen gering gehalten werden.

9. Bei vollwandigen Trägern sind dicke Platten für die Gurtungen gegenüber mehreren Lagen dünner Platten zu bevorzugen.

10. Es empfiehlt sich, wichtige Stumpfnähte mittelst Durchstrahlen zu prüfen. Längsnähte werden stichprobenweise untersucht. Es ist empfehlenswert, dickere Stumpfnähte schon zu durchstrahlen, wenn erst ein gewisser Teil der Fugenhöhe ausgefüllt ist, weil Schrumpfrisse insbesondere in den ersten Lagen auftreten. Auch das elektrische Durchflutungsverfahren eignet sich gut zur Prüfung von Rissen nahe an der Oberfläche. Mechanische Prüfmethoden können in bestimmten Fällen zweckmäßig verwendet werden.

## Thema IV.

### Neuere Gesichtspunkte für die Berechnung und Konstruktion von Eisenbeton-, Hoch- und Brückenbauten.

1. Seit dem Pariser Kongreß 1932 sind die Verfahren zur Berechnung von Flächentragwerken weiter entwickelt worden. Die Lösungen nach der Membrantheorie fehlen uns nur noch für wenige Fälle. Bei Schalenformen, bei denen eine direkte Lösung mittels der Differentialgleichungen nicht möglich ist, läßt sich meistens mit Erfolg eine hinreichend genaue Lösung mittels Differenzengleichungen finden. Wesentlich schwieriger gestalten sich die Schalenprobleme, wenn in ihnen Biegemomente auftreten, insbesondere, wenn diese Biegemomente nicht nur durch Zwängungen an den Rändern erzeugt werden, sondern wenn sie zur Erfüllung der Gleichgewichtsbedingungen notwendig sind. Dies ist vor allem der Fall bei den freitragenden einfach gekrümmten Zylinderschalen, während bei den doppelt gekrümmten Schalen im wesentlichen nur Dehnungsspannungen auftreten. Die strenge Ermittlung der Biegemomente dieser Zylinderschalen ist heute auf Grund der geschaffenen Theorie nicht nur für die Flächenlasten, sondern auch für Linien- und Einzellasten sowohl bei der Kreiszyinderschale, als auch bei beliebigen Zylinderschalen möglich, allerdings nur mit einem erheblichen Aufwand von Rechenarbeit. Es besteht hier ein Bedürfnis auf Grundlage von streng durchgerechneten Beispielen in gleicher Weise wie bei dem einfachen Problem der Platten vereinfachte, aber genügend genaue Näherungslösungen zu schaffen. Von großer Wichtigkeit ist für die Ausführung weitgespannter Schalen das Problem der Knicksicherheit, das für die wichtigsten Schalenformen, vor allem auch für die Kreiszyinderschale gelöst ist und bei verhältnismäßig geringer Arbeit rechnerisch behandelt werden kann. Bei der Ermittlung der Knicksicherheit ist insbesondere bei den einfach gekrümmten Schalen (Zylinderschalen) auch die Verformung zu berücksichtigen, die bei diesen Schalen von Einfluß und bei dünnen Schalen infolge des Kriechens des Betons sehr beträchtlich sein kann.

2. Die Steigerung der Spannweiten der Bogenbrücken bedingt sorgfältige Erwägungen über die Formung der Bogenachse, die Veränderlichkeit der Trägheitsmomente und die zulässigen Beanspruchungen. Anzustreben ist möglichst guter Momentenausgleich und Vermeidung von Zugspannungen. Dieser Zustand muß unter Berücksichtigung der elastischen und bleibenden Verformungen des Bogens, der Widerlager und des Baugrundes erreicht werden. Zu diesem Zwecke muß der Formänderungsmodul des Betons als Funktion der Zeit und des Zustandes bei der Ausführung des Bogens bekannt sein. Besondere Beachtung ist bei kastenförmigen Bogenquerschnitten den ungünstigen zweiachsigen Spannungszuständen in den Bogenleibungen zu schenken.

Die Fortschritte im Bogenbrückenbau hängen ferner von der Möglichkeit ab, leichte und formgetreue Lehrgerüste für große Stützweiten zu schaffen. Der

praktisch erfolgreiche Weg, das Lehrgerüst nur mit einem Teil des Bogen gewichts zu belasten, schafft im Bogen Formänderungszustände, deren weitere Klärung nötig ist, damit die Sicherheit richtig beurteilt werden kann.

3. Für Balkenbrücken eröffnet die Verwendung vorgespannter Bewehrungen ganz neue Möglichkeiten, denn damit lassen sich gegenüber den heutigen Brücken viel größere Spannweiten bei stark vermindertem Eigengewicht herstellen, und vor allem lassen sich damit Balkenbrücken herstellen, bei denen auch bei ungünstiger Verkehrslaststellung keine oder ganz geringe Biegezugspannungen im Beton auftreten, so daß damit schädliche Risse in Wegfall kommen. Mit diesen Konstruktionen lassen sich frei aufliegende Vollwandbalken bis zu 80 m, frei aufliegende Fachwerkträger bis etwa 100 m und durchlaufende Balkenbrücken bis etwa 150 m Spannweite herstellen.

Ganz besonders günstige Verhältnisse ergeben sich dann, wenn man die vorgespannten Eisen in Form von Hängewerken anordnet, weil sich damit erreichen läßt, daß in den Balken bei Eigengewichtsbelastung nur zentrische Druckkräfte auftreten. Der erste Schnitt zur Verwirklichung dieser neuartigen Eisenbetonbalkenbrücken ist getan; es befindet sich zur Zeit eine derartige Brücke mit etwa 70 m Spannweite im Bau, bei der dann die Erfahrungen für den Bau größerer Spannweiten gewonnen werden können.

Von großer Wichtigkeit für diese vorgespannten Brücken ist es, daß man den Formänderungsmodul des Betons genau kennt, um die Einflüsse des Kriechens und auch des Schwindens ausschalten zu können.

Wenn man von dem obigen Verfahren Gebrauch macht und die Hängewerke so anordnet, daß bei Eigengewichtsbelastung im wesentlichen nur zentrische Druckspannungen auftreten, so daß plastische Verbiegungen in Wegfall kommen, dann kann man die Spannungen in den Hängewerken auch ohne Kenntnis des Formänderungsmoduls richtig einstellen. Andernfalls müssen die Spannungen in den vorgenannten Eisen mittels Tensometern oder anderen Mitteln festgelegt werden.

## Thema V.

### Theorie und Versuchsforschung der Einzelheiten genieteter und geschweißter Stahlbauwerke.

Seit dem Pariser Kongreß sind zahlreiche theoretische und versuchstechnische Fragen über Einzelheiten von genieteten und geschweißten Stahlbauwerken behandelt worden. So wurden wertvolle rechnerische Untersuchungen über verschiedene Festigkeits- und Stabilitätsprobleme veröffentlicht (Aussteifung der Stehbleche von Vollwandträgern, Biegung, Drillung und Knickung von Stäben aus dünnen Wänden, steife Knotenpunkte bei Rahmenkonstruktionen, Spannungen in Rahmenecken usw.). Es wurden interessante Untersuchungen über die genaue Berechnung der Rautenträger, die Anwendung von Schalen im Stahlbau, Berechnungen über Nebenspannungen, Untersuchungen über die Dauerfestigkeit von Nietverbindungen usw. ausgearbeitet. Diese Untersuchungen gewähren wertvolle Einblicke in den Genauigkeitsgrad der üblichen Rechenmethoden. Sie gestatten auch, die Richtigkeit der Theorie zu zeigen, wenn an ausgeführten Bauwerken genaue Messungen vorgenommen werden. Die auf der Messung an Modellen und an ausgeführten Bauwerken beruhenden Versuchsvorgänge haben große Fortschritte gemacht. Sie sind namentlich anzuwenden, wenn es sich um wichtige Bauwerke oder um Bauteile, die in der Konstruktion häufig vorkommen, handelt. Die Meßmethoden und Meßapparate sind erheblich vervollkommen worden, so daß ihre praktische Verwendung in vielen Fällen möglich ist. Diese neueren experimentellen Untersuchungsmethoden sollen weiter entwickelt werden, um die Grundlagen für praktische Berechnungsmethoden zu liefern und um dadurch die Kenntnis der Inanspruchnahme unserer Konstruktionen zu erweitern und schließlich Stahlbauten wirtschaftlich und sicher herstellen zu können.



## Thema VI.

### Beton und Eisenbeton im Wasserbau.

1. *Die Berechnung der Gewölbestaumauern* erfolgt gegenwärtig meistens nach der Streifenmethode. Dabei empfiehlt es sich in gewissen Fällen die Nachgiebigkeit des Felsuntergrundes zu berücksichtigen. Die genaue Bezeichnung der Gewölbestaumauern als elastische Schalen mit stark veränderlichem Trägheitsmoment ist nicht über theoretische Ansätze gediehen und für die praktische Anwendung zu mühsam. Die in den Bogenstaumauern auftretenden tatsächlichen Spannungen sind in starkem Maße von der Art der Ausführung und den zur Vorpressung der Baufugen gewählten Anordnungen abhängig. Falls das Wasserbecken während der Bauausführung der Staumauer gefüllt wird, ist der Einfluß des Wasserdruckes auf die Mauer in den verschiedenen Baustadien zu untersuchen.

2. *Für die Ausführung von Staumauern* und anderen massigen Bauwerken in Beton ist für die Zusammensetzung des Betons neben der Festigkeit und Dichtigkeit in erster Linie die Verarbeitbarkeit entscheidend. Die Anwendung von weichem, sehr plastischem Beton wird neuerdings gegenüber Gußbeton und Stampfbeton bevorzugt. Die Erfahrungen auf Baustellen mit ungünstigen klimatischen Verhältnissen haben ergeben, daß ein frostbeständiger Beton mit Sicherheit nur erreicht wird, wenn der Zementgehalt mindestens  $250 \text{ kg/m}^3$  beträgt. Das Betonieren großer Massen erfordert besondere Maßnahmen, um die Rissbildung infolge Abkühlung zu vermeiden; diesen Maßnahmen kommt um so mehr Bedeutung zu, je rascher gebaut wird. Die einfachste Maßnahme besteht in der Auflösung der Mauer in Einzelblöcke von möglichst geringem Volumen. Für Bauten von großer Bedeutung sind Vorkehrungen zur künstlichen Abkühlung empfehlenswert. Die Abbindewärme läßt sich vermindern durch Spezialzemente oder hydraulische Zuschläge. Die Anordnung eines Netzes von Revisionsstollen und Schächten zur Beobachtung der Durchsickerungen ist bei größeren Bauwerken unerlässlich, namentlich bei Gewichtsmauern.

3. Die oben angeführten Bemerkungen betreffend die Anwendung von Beton für den Bau von Staumauern sind auch begleitend bei der Ausführung von Wasserbauten, die der Schifffahrt dienen (Trockendocks, Schleusen usw.).

4. *Rohrleitungen in Eisenbeton* sind mit großen Durchmessern und für große Innendrucke erstellt worden, indem durch besondere Maßnahmen die Zugspannungen im Beton reduziert werden. Die im Vorbericht beschriebene Ausführung eines umschnürten Rohres von 4,4 m Innendurchmesser ist eine neue und aussichtsreiche Anwendung der Methode der Vorspannungen. Mit Hilfe vorgespannter Kabel sind auch schon mit Erfolg Gewichtsstaumauern verstärkt worden.

## Thema VII a.

### Anwendung des Stahles im Brückenbau und Hochbau.

1. Die vergangenen Jahre brachten, wie aus den Referaten und Diskussionsbeiträgen hervorgeht, eine ganz bedeutende Entwicklung in der Anwendung des Stahles im Brücken- und Hochbau. Es fällt zunächst auf, daß die ästhetischen Anforderungen in der Gestaltung der Bauwerke wesentlich höhere geworden sind und daß dadurch in vielfacher Beziehung die Entwicklung des Stahlbaues gefördert wurde. Eine Reihe schöner Stahlbrücken der letzten Jahre zeigt, daß sich statisch konstruktive Notwendigkeiten den schönheitlichen Anforderungen durchaus anpassen lassen.

Die Gestaltung schöner Bauformen für Hallen, Ausstellungsgebäude usw. zeigt eine außerordentliche Entwicklung unter besonderer Verwendung des Stahles, sei es nur in der Form des Stahlgerippes, sei es im schönheitlichen Zusammenklang von Stahl und Glas, oder irgend einen andern Baustoff.

2. Es ist nicht zu verkennen, daß die durch die bautechnische Gestaltung der Bauwerke und daneben natürlich auch durch Wirtschaftsfragen bedingten neuen Bauformen sehr befruchtend auf die Theorie gewirkt haben. So können beispielsweise die Stabilitätsprobleme des Vollwand-Trägers mehr oder weniger als abgeklärt betrachtet werden und die theoretische und praktische Entwicklung des Rahmenbaues hat ebenfalls bedeutende Fortschritte erzielt.

3. Der Stahlbau erfuhr in den letzten Jahren einen starken Auftrieb durch die stark zunehmende Verwendung der Schweißtechnik, die in technischer, in wirtschaftlicher und auch in ästhetischer Hinsicht große Vorteile zu bieten vermag. Geschweißte Stahlbauwerke gestatten im allgemeinen eine vorzügliche Anpassung an schönheitliche Forderungen und geben den Bauten vielfach den Eindruck von Konstruktionen „aus einem Guß“. Die Entwicklung der Schweißtechnik wird die Anwendung des Stahles noch weiter fördern, wenn eine Reihe von Problemen, die zur Zeit durch Laboratoriums-Versuche und durch Ausführungsversuche im Großen behandelt werden, gelöst sein werden.

4. Eine interessante neue Bestrebung ist in der Verwendung des Stahles in Form von Flächentragwerken festzustellen. Solche Flächentragwerke, bei denen wir bereits über die entsprechenden theoretischen Grundlagen in bezug auf Festigkeit und Stabilität verfügen, lassen sich vorteilhaft für die Überdeckung von Hallen verwenden. Flächentragwerke sind auch die Leichtfahrbahn-Konstruktionen für Straßenbrücken, zu welchen besonders durch die Schweißtechnik angeregt wurde. Die Wettbewerbsfähigkeit für kleinere Brücken in Stahl wird somit durch die Schweißtechnik und den Leichtbau bedeutend gefördert.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dieser neuen Konstruktionsformen darf keinesfalls übersehen werden, daß der Umstellung in der Herstellungstechnik auf diesem neuen Arbeitsverfahren ganz besonders ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

5. Dauerversuchsergebnisse, soweit deren Übertragung auf die Bemessung schwellend oder wechselnd beanspruchter Bauteile in Betracht kommt, haben gezeigt, daß dem hochwertigen Baustahl bei großen Grundspannungen eine Erhöhung seiner zulässigen Beanspruchung zugebilligt werden kann, sofern nicht Stabilitätsfragen dagegen sprechen.

Der Übertragungsmaßstab der Ergebnisse von Dauerversuchen auf praktische Bemessungsregeln ist noch durch Auswertung umfassender meßtechnischer Beobachtungen zu klären.

6. Im Stahlhochbau ist durch umfassende Brandversuche verschiedenartig ummantelter belasteter Stahlstützen natürlicher Abmessungen die Frage nach raumsparenden, zuverlässigen Feuerschutzmitteln von Stahlkonstruktionen weitgehend geklärt worden. Eine Rangfolge der Baustoffe nach ihrer Eignung als Feuerschutzmittel ist zu erwarten.

7. Abschließend ist noch festzustellen, daß die Verbundwirkung zwischen steifen Stahlkonstruktionen mit Beton bei der Ausführung von Bauwerken des Brückenbaues und des Hochbaues immer weiter entwickelt wird. Praktische Versuche an Bauwerken haben die Berechtigung dieser Berechnungsmethode nachgewiesen und Brückenbauten lassen sich vielfach unter Berücksichtigung des Verbundes zwischen den Stahlträgern und den Eisenbeton-Fahrbahnplatten wirtschaftlich gestalten.

Ebenso ist die Verbundwirkung der üblichen zweiteiligen stählernen Innenstütze mit Betonkern durch Knickversuche mit mittigem und außermittigem Kraftangriff als ausreichend festgestellt worden, um auf Grund besonderer Berechnungsverfahren eine Steigerung der zulässigen Stahlbeanspruchung rechtfertigen zu können. Ähnliche umfassende Versuche zur Prüfung der ausnutzbaren Verbundwirkung verschiedenartiger Decken des Stahlskelettbaues sind in Vorbereitung.

## Thema VIIb.

### Anwendung des Stahles im Wasserbau.

Aus den Referaten und Diskussionsbeiträgen dieses Themas folgt, daß die Bedeutung des Stahles als Baustoff des Wasserbaues in den letzten Jahren außerordentlich zugenommen hat. Es wird als zweckmäßig erachtet, trotz der Besonderheiten der im Stahlwasserbau vorliegenden Aufgaben, die Verbindung zum allgemeinen Stahlbau auszubauen, um bestimmte Fragen gemeinsam lösen zu können.

Unter diesen nimmt das Korrosionsproblem eine besonders wichtige Stellung ein. Es ist geboten, durch eine umfassende Gemeinschaftsarbeit, in die auch der Stahlbauingenieur einzuordnen wäre, viele Beobachtungen und Erfahrungen zu sammeln, deren zweckmäßige Auswertung zu einem weiteren Fortschritt auf diesem Gebiet führen kann. Die bisherigen Erfahrungen lassen erfreulicherweise erkennen, daß z. B. die Rostbeständigkeit unserer Stahl-Spundwände größer ist als bei ihrer Einführung angenommen worden war.

Die Bekämpfung der Korrosionsschäden läßt sowohl auf anstrichtechnischem als auch auf werkstofflichem Gebiet noch eine günstige Weiterentwicklung des Stahlwasserbaues erwarten. Es wird angeregt, durch die Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau Beobachtungen und Feststellungen über Korrosionserscheinungen an Stahlwasserbauten aus möglichst allen beteiligten Ländern zu sammeln. Hierbei ist wesentlich, daß die Beschreibung der Einzelbeobachtungen in möglichst umfassender Weise erfolgen muß. Auch unterschiedliche Merkmale der Beobachtungsfälle, die nach unseren heutigen Erkenntnissen anscheinend ohne Bedeutung für die Korrosionserscheinungen sind, sollten in den Angaben nicht fehlen.

Die Schweißtechnik besitzt im Stahlwasserbau bei der Herstellung plattenförmiger und verdrehungssteifer Körper große Vorzüge. Die Wasserdichtigkeit läßt sich mittels Schweißung leicht erreichen. Auch wegen des leichteren Unterhaltes geschweißter Stahlwasserbauten verdient die Schweißtechnik oft den Vorzug vor der Nietung.

Die hydromechanischen und strömungsphysikalischen Sonderaufgaben des Stahlwasserbaues regen zu einer stärkeren Zusammenarbeit zwischen Stahlbau und Wasserbau an den Technischen Hochschulen an.

## Thema VIII.

### Baugrundforschung.

1. Seit dem Pariser Kongreß 1932 hat die *Baugrundforschung* wesentliche Fortschritte zu verzeichnen. Neben einer ausgedehnten Zeitschriftenliteratur sind mehrere selbständige Zeitschriften und Richtlinien erschienen, die dem Praktiker eine Orientierung ermöglichen. Die Verfahren der Baugrundforschung erlauben heute, in den meisten Fällen die Größenordnung von Bauwerksetzungen zum voraus anzugeben. Die Baugrundforschung hat neuerdings in der Praxis ausgedehnte Anwendung gefunden. Der Kongreß befürwortet ihre Berücksichtigung in den Lehrplänen der Technischen Hochschulen.

2. Die Berechnung der größtmöglichen Belastung einer Fundamentfläche, die mit dem Gleichgewicht verträglich ist, bildet eine grundlegende Aufgabe der Erdbaumechanik. Dank der Klärung des Begriffes der Kohäsion kann die Tragfähigkeitsformel für den Fundamentstreifen im Grenzzustande des Gleichgewichtes auf Erdmaterial mit Kohäsion ausgedehnt werden. Für allseitig begrenzte Fundamentflächen ist das Problem der Tragfähigkeit im Grenzzustande des Gleichgewichtes noch nicht vollständig gelöst.

3. Der *Druckverteilung im Baugrund* kann angenähert der strahlenförmige Spannungszustand zugrunde gelegt werden. Die *Boussinesq'sche* Theorie und ihre Erweiterung hat sich als sehr wertvoll erwiesen, da sie im Verein mit der Untersuchung der ungestörten Bodenproben die Setzungsvoraussage ermöglicht. Auch die Theorie der Setzung von Tonschichten ist in neuester Zeit entscheidend gefördert und für die Anwendung in der Praxis nutzbar gemacht worden.

4. *Die dynamische Bodenuntersuchung* erweist sich als ein für die Praxis wertvolles Verfahren. Der Ausbau der geophysikalischen Untersuchungen verspricht ebenfalls Methoden, denen praktische Bedeutung zukommt.