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

Band: 2 (1936)

Artikel: Versteifte oder unversteifte Flächentragwerke

Autor: Vallette, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2717

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: 20.01.2026

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

IVa 4

Versteifte oder unversteifte Flächentragwerke.

Ouvrages à parois minces reforcées ou non par des raidisseurs.

Shell Structures with or without Stiffeners.

R. Vallette,
Ingénieur aux Chemins de fer de l'Etat, Paris.

Die Frage der Flächentragwerke wurde bereits auf dem Pariser Kongreß behandelt; die seitherige Entwicklungsrichtung soll nunmehr hier erörtert werden.

Man kann zwei Arten von Flächentragwerken unterscheiden: Solche, bei denen die Steifigkeit der Wand für die Widerstandsfähigkeit des Systems in Rechnung gestellt wurde und solche, wo diese Widerstandsfähigkeit vernachlässigt wurde, die Wandung also nur für tangential zur Mantelfläche wirkende Kräfte widerstandsfähig ist, und als reine Membran wirkt.

Es sind also zu betrachten:

1. biegungsfeste dünne Wandungen,
2. Membranen.

Hier sollen nur Bauteile mit biegungsfesten dünnen Wandungen untersucht werden; die Bauten mit Membranwandungen bilden den Gegenstand einer besonderen Arbeit des Herrn *Aimond* (siehe IVa 1 dieses Vorberichtes).

I. Bauten mit biegungsfesten dünnen Wandungen.

A. Konstruktion.

Allgemeines. Schon seit Beginn des Eisenbetonbaues hat man die flächenartigen Wandungen (z. B. bei Hohlkörperdecken) für den allgemeinen Widerstand des Tragwerks zur Mitwirkung herangezogen. Diese Ausnutzung des monolithischen Zusammenhanges ist schließlich eine der wichtigen Eigenarten des Eisenbetons. Später aber wurde eine vollständigere Ausnutzung der Festigkeit der Flächen in Betracht gezogen, indem die Wandungen zum Hauptelement der Tragfähigkeit wurden, wie bei den tragenden Wänden der Behälter, Silos, Gewölbe usw.

Anwendungen im Hoch- und Tiefbau.

1. *Behälterbauten.* Bei den Behältern wurde die in sich tragende Wand selbständig für die Böden, die Vorkragungen und die Dachgewölbe verwendet, aber die Steifigkeit der Wand wurde nur ausnahmsweise in Rechnung gestellt.

2. *Silos.* Für Silos wurde die Verwendung der tragenden Wand, die im Anfang nur eine teilweise war, zu einer vollständigen gemäß dem Verfahren von *M. Freyssinet,* worüber er auf dem Pariser Kongreß einen Bericht gegeben hat. Diesem Bericht haben wir nichts hinzuzufügen, da sich seither keine neuen Gesichtspunkte ergeben haben.

3. *Gewölbebauten.*

a) *Gewöhnliche Gewölbe.* Auf dem Gebiete der normalen Gewölbe hat *M. Freyssinet* schon auf dem Pariser Kongreß eine neue Richtung angegeben, indem er erklärte, daß er für die Luftschiffhalle in Orly, wenn er sie neu zu bauen hätte, ein Rippensystem mit einem Abstand von 25 m zwischen den Tragrippen zur Anwendung bringen würde. Diese Erklärung ist umso beachtenswerter, als die Hallen von Orly (vergl. Génie Civil 22. September bis 6. Oktober 1923) in ihrer bestehenden Form (1922 errichtet) als das bemerkenswerteste Beispiel und als Vorläufer der selbsttragenden Systeme mit zahlreichen kleinen Tragwerken, wie sie später in Mitteleuropa eingeführt wurden, betrachtet werden können.

Tatsächlich verwendete man dort Träger von 7,50 m Öffnung und 90 m Spannweite, bei denen die Tragfähigkeit der Wände die allgemeine Biegung vollständig übernimmt. (Konstruktion *Freyssinet-Limousin*).

Seit dem Pariser Kongreß hat sich diese Tendenz erhalten; in einem Falle wurde ein Tonnengewölbe von 51,50 × 51,50 m entworfen, das nur in den vier Ecken gestützt war, während die Fläche völlig selbsttragend war und nur kleine, ganz untergeordnete Versteifungsrippen erhielt, ohne

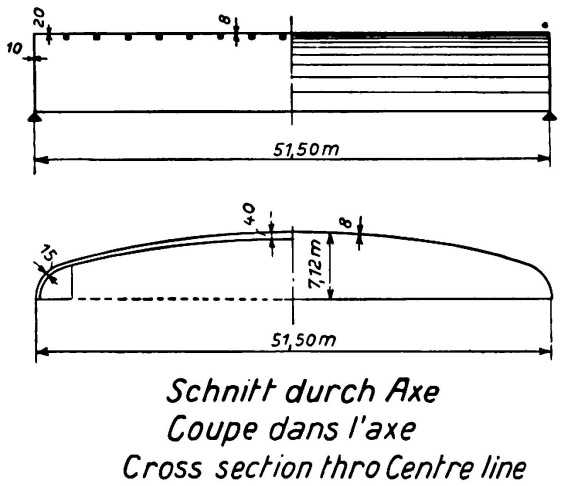

Fig. 1.
Tonnengewölbe von 51,50 m Spannweite

daß irgendwelche Randträger zur Stützung herangezogen wurden (Fig. 1) — (Entwurf *Boussiron*). Man kann diese Bauart als Grenzfall jener Gewölbeart betrachten, die seit 1910 in Frankreich von mehreren Konstrukteuren verwendet wurde und bei der ein Teil der gewölbten Fläche als Tragbalken (Kämpferbalken) zwischen den in mehr oder weniger großem Abstand stehenden Säulen der Längsseite benutzt wird. Ursprünglich war die ausgenutzte Gewölbehöhe OA gering (Fig. 2) und eine Randrippe ON erhöhte die Tragfähigkeit. Später erhöhte man die mitwirkende Höhe OA,

ließ die mitwirkende Rippe ON verschwinden und vergrößerte die Tragfähigkeit zwischen den Stützen erheblich. Heute wird die ganze Wölbung für beliebige Spannweite ohne Randträger ausgenutzt.

b) *Andere Gewölbetypen.*

1. Eine Abart der Bauart von Orly wurde bei einem Doppel-Flugzeugschuppen in Cherbourg verwirklicht. Das Gewölbe besteht ganz aus dünnen Elementen (Fig. 3), die, wie in Orly, allein die Tragfähigkeit des Systems bestimmen. Die Wandung wirkt außerdem selbsttragend zwischen den Randsäulen. (Ste Rabut Subileau.)

2. Kegelförmige Gewölbe, die Sheddächer bilden (*Freyssinet-Limousin*), wurden bei Bauten vielfach verwendet (Werke von Montrouge, Caen,

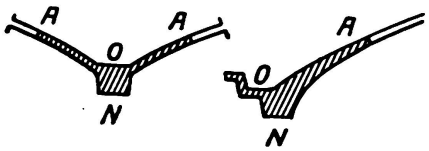

Fig. 2.
Randträger.

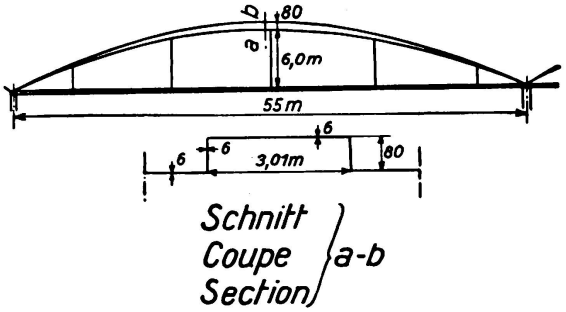

Fig. 3.
Doppelschuppen in Cherbourg.

Fontenay usw.); sie waren Gegenstand einer Arbeit von *Fauconnier* in Band 2 der Abhandlungen unserer Vereinigung, so daß sich eine eingehende Betrachtung erübrigt. Die Gewölbe wirken als Träger zwischen den Kämpfersäulen.

4. *Andere Bauarten.* Andere Gewölbearten wie Kuppeln über rechteckigem Grundriß, Gratgewölbe, Klostergewölbe usw. wurden von verschiedenen Entwurfsverfassern anläßlich der offenen Wettbewerbe für die Ausführung von Flugzeughallen auf den Flughäfen vorgeschlagen. Aber diese Typen sind noch nicht genügend entwickelt, um schon eine bestimmte Ausrichtung erkennen zu können oder viel Aufhebens davon zu machen.

Eine bemerkenswerte Konstruktion von ganz abweichender Art stellt der große Windkanal von Chalais-Meudon dar, der in der Nähe von Paris für die Prüfung der Flugzeuge gebaut wurde.[1] Hier wurden verschiedene freitragende Flächenelemente verwendet, im besonderen ein Wind-Ausgleichsrohr mit überwältigenden Abmessungen (Fig. 4), das nur an zwei Stellen im Abstand von 34 m gelagert ist und sich bei 7 cm Wandstärke und einer Versteifung durch kleine Rippen, die im Abstand von 3,60 m stehen, vollkommen freiträgt. (Ausführung *Limousin.*)

5. *Schlußfolgerungen.* Zusammenfassend kann man in Frankreich auf dem Gebiet der biegungssteifen Flächentragwerke einerseits tastende Versuche zur Auffindung neuer Gewölbeformen ohne eine bestimmte Ausrichtung nach einem bestimmten Typ feststellen, anderseits aber besteht für die schon feststehenden

[1] S. „Génie Civil" vom 3. Nov. 1934.

Typen die bestimmte Tendenz, die Tragfähigkeit der Flächen vollständig auszunützen. Dabei geht man auch so weit, daß man den ganzen Querschnitt zur Tragwirkung mit heranzieht (große Dachgewölbe, Windkanal Chalais-Meudon), wenn die Spannweite es erlaubt. Man kann es als kennzeichnend für die französischen Bauten bezeichnen, daß im allgemeinen bei den Gewölben das reine Flächentragwerk ohne Hinzufügung von Randbalken oder anderen unterstützenden Traggliedern verwendet wird.

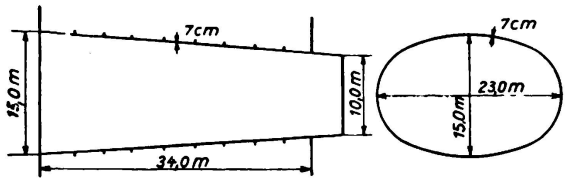

Fig. 4.
Diffusor im Windkanal von Chalais-Meudon.

B. Berechnung.

1. *Ebene Wände.* Für die Berechnung der ebenen Wände verweisen wir auf die Methode, die von *L'Hermite* im „Génie Civil" vom 29. April 1933 angegeben wurde.

2. *Selbsttragende Gewölbe verschiedener Art.* Unmittelbar nach den ersten Ausführungen von gewölbten Eisenbetondächern fing man an, die Flächen des Gewölbes als Kämpferbalken zur Aufnahme des Kämpferdruckes heranzuziehen.[2]

Diesen Balken, der nur durch einen geringen Teil des Gewölbes gebildet wurde, betrachteten die Konstrukteure als einen unabhängigen, gewöhnlichen geraden Balken und berechneten ihn auch als solchen. Dies führte zu reichlichen Querschnitten, aber der damit verbundene Mehrverbrauch an Material spielt bei kleinen Stützenabständen keine Rolle, so daß man keine Ursache hat, auf verwickeltere Berechnungssmethoden zurückzugreifen.

In den allerdings selten vorkommenden Fällen, daß der Entwurf zu großen Stützenabständen führt, wird die mitwirkende Höhe des Gewölbes einen gekrümmten Querschnitt aufweisen, so daß besondere Untersuchungen notwendig werden. Wir wissen, daß gewisse Konstrukteure (besonders *Boussiron*) eine persönliche Lösung hierfür hatten, wenn sie sie auch nicht veröffentlichten. Ich habe darum selbst eine einfache Lösung hierfür entwickelt,[3] welche einerseits die Berechnung eines solchen Balkens umfaßt und andererseits auch die Lösung für das vollständige Tonnengewölbe von beliebiger Form gibt, das nur an den Ecken gestützt ist.

Diese Methode führt für die gekrümmten Querschnitte der Flächentragwerke die Biegungstheorie ein und sucht hinsichtlich der eingeführten Nebenspannungen die entsprechenden Folgerungen; sie bestimmt vor allem die Querbiegung, die in einem Gewölbering unter dem Einfluß der in Richtung der Leitlinien des Tonnengewölbes wirkenden Tangentialkräfte entstehen. Bei der Anwendung dieser Methode auf große Spannweiten hat sie sich als vollständig und sehr sicher erwiesen und ergab Resultate, die mit den an Modellen, an einem Versuchsgewölbe und an ausgeführten Bauten gemachten Beobachtungen übereinstimmten.

---

[2] S. „Génie Civil" vom 27. Jan. 1934.
[3] S. „Génie Civil" vom 27. Jan. 1934.

3. *Andere Bauformen.* Dieselbe Berechnungsart kann auch auf geschlossene Rohre angewendet werden, und sie bildet auch die Grundlage für die Berechnung des im vorstehenden schon beschriebenen großen Windkanals in Chalais-Meudon, wie sie in dem Bericht über diese Arbeiten enthalten ist.[3]

Bei den Kuppeln genügt im allgemeinen eine ganz einfache Rechnung, da die Steifigkeit der Schale nur bei Einzellasten von Wichtigkeit ist. Ihr Einfluß ist jedoch sehr begrenzt und da man in jedem Punkt auf Meridian- und Parallelkreise stößt, wird man meistens wieder auf den Membranspannungszustand zurückgeführt.

Für die anderen Bauformen mit biegungssteifer Schale sind in Frankreich keine besonderen Berechnungsmethoden in der technischen Literatur zu finden; sie sind noch nicht genügend erforscht und bleiben einstweilen noch das persönliche Arbeitsfeld einzelner Konstrukteure.

4. *Schlußfolgerungen.* In Frankreich haben die Berechnungsmethoden für biegungssteife Flächentragwerke jenes Prinzip der Einfachheit bewahrt, das die Regel für alle Fragen im Eisenbetonbau war. Hat man es doch in der Tat mit einem Material und mit Bauformen zu tun, die zusammengesetzt und veränderlich sind, so daß man umsonst nach Gesetzen suchen würde, die unter diesen Arbeitsbedingungen alle Erscheinungen bei der Belastung klären würden. Man hat allen Grund, sich nur an die Grundtatsachen zu halten, welche sich aus einfachen Gesetzen ableiten (*Hook*'sches Gesetz, *Navier*'sches Gesetz) und sich in einfachen Gesetzen annäherungsweise, aber doch sicher ausdrücken lassen.

Das Ziel liegt übrigens nicht darin, eine rein mathematische Lösung zu erhalten. Es handelt sich nur darum, die in einem bestimmten System auftretenden Beanspruchungen festzustellen, damit sowohl ein übermäßiger Materialaufwand, wie auch eine nennenswerte Unterbemessung vermieden wird. Die Ableitung solcher praktischen Lösungen muß also von den angeführten einfachen Grundlagen ausgehen und alle Rechenmöglichkeiten ausnützen, um zu sicheren partikulären Lösungen zu kommen, die einfach anzuwenden sind. Es dürfte nützlich sein, hier darauf hinzuweisen, daß in der Geschichte des Eisenbetonbaues die endgültigen Berechnungsmethoden erst dann aufgestellt wurden, als durch unsere großen Konstrukteure schon solche Bauten ausgeführt waren.

Die Phantasie, das technische Gefühl, das Verständnis für das Kräftespiel sind von den Schöpfungen der Baukunst nicht zu trennen und hatten dem Konstrukteur genügt, um den neu geschaffenen Typ zu verstehen, festzulegen und zu berechnen. In der Tat kann eine Kraft zahlenmäßig nur annähernd festgelegt sein, wenn sie nur qualitativ richtig ist. Bei den vielen Einzelheiten, die bei der Ausführung eines Eisenbetonbaues zu bestimmen sind, ist hauptsächlich diesem letzteren Punkte die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden und hier erfordert die Lösung jenes Maß an technischem Gefühl, das eben den guten Konstrukteur ausmacht.

Die Berechnung der biegungssteifen Flächentragwerke hat diese Entwicklung genommen, bewahrt diese Richtung auch und wird bei der Bestimmung des wesentlichen Kräftespieles dieser Konstruktionsart auch nie von der Einfachheit und Klarheit lassen.

Zusammenfassung.

Betrachtung der Schalenkonstruktionen unter Berücksichtigung der wirklichen Steifigkeit.

Nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung wird angegeben, daß in Frankreich im gegenwärtigen Stadium die Schalen einzig und allein als Tragelemente verwendet werden ohne Zuhilfenahme irgend eines Randbalkens, ob es sich um Systeme mit mehrfachen kleinen Gewölben (Typus der Halle von Orly), um ein einziges großes Gewölbe oder um ein Gewölbe aus Ringen bestehend (Windkanal von Mendon) handle.

Es wird ferner bemerkt, daß die Berechnung der Tragwerke mit der im Eisenbetonbau in Frankreich üblichen Klarheit durchgeführt wird. Dies erlaubt dem Konstrukteur bei einer einwandfreien Berücksichtigung der Kräfte die neugeschaffenen Tragwerkstypen in freier Weise anzuwenden und zu entwickeln.