

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73 (1955)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Bauen mit Stahlbetonfertigteilen  
**Autor:** Jobst, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61857>

#### 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:** 26.01.2026

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

Dampf von 80 at und 500 °C Versuche durchzuführen mit Luft von atmosphärischem Druck und Umgebungstemperatur. Wir erhalten zudem auf diese Weise nicht nur Unterlagen für einen bestimmten Fall, sondern sogleich für alle, die ihm physikalisch ähnlich, d. h. durch gleiche dimensionslose Verhältniszahlen gekennzeichnet sind.

Dies ist aber erst eine Seite der Erforschung der Reibungseffekte. Eine wesentliche Verfeinerung ist darin zu erkennen, dass wir uns nicht mehr einfach damit begnügen, Globaleffekte zu messen, wie sie etwa durch einen solchen Koeffizienten  $\varphi$  ausgedrückt werden. Mehr als früher untersuchen wir einzelne Verlustquellen gesondert und versuchen so auch den Mechanismus der Entstehung der Verluste besser verstehen zu lernen. Dabei ziehen wir insbesondere den Begriff der Grenzschicht heran, der in den älteren Theorien fehlte.

Die Strömungslehre weiss, dass ein längs irgendeiner Wandung strömendes Medium an dieser haftet. Die Strömungsgeschwindigkeit ist also an der Wand selbst Null und steigt innerhalb einer mehr oder weniger schmalen Zone auf den Wert an, der im Felde draussen an dieser Stelle herrscht, Bild 5. Diese Zone ist die Grenzschicht. Sie ist der Sitz der Reibungsverluste. Eigentliche grenzschichttheoretische Berechnungen sind in neuerer Zeit für Schaufelgitter durchgeführt worden. Den praktischen Turbomaschinenbau dürften diese Berechnungen noch kaum beeinflusst haben. Hingegen wird bei Messungen der Entwicklung der Grenzschichten oft nachgegangen und der moderne Turbomaschinenbau berücksichtigt die Grenzschichtvorstellung schon beim Entwurf der Schaufelformen, indem er z. B. schroffe Unstetigkeiten der Krümmung vermeidet.

Wenn wir das bisher Gesagte nochmals überblicken, so können wir die moderne Theorie gegenüber der älteren durch drei Stichworte ganz grob umreißen, nämlich:

- Feldvorstellung (das Strömungsfeld wird als Ganzes geschaut),
- Ahnlichkeitstheorie (mit dem durch sie möglich gemachten Modellversuchswesen),
- Grenzschichttheorie.

Vom Standpunkt der mathematischen Physik aus betrachtet wird man sich fragen, wieso die Ingenieure nicht sogleich von einer einwandfreien Feldvorstellung der Strömung ausgegangen sind, wo doch diese Betrachtungsweise der Wissenschaft schon seit etwa zwei Jahrhunderten bekannt ist. Hier müssen wir uns an folgendes erinnern. Die mathematische Strömungslehre wurde geschaffen von den grossen Mathematikern des 18. und 19. Jahrhunderts. Leider stand sie in ihren Schlussfolgerungen zum Teil in augenscheinlichem Widerspruch mit der Erfahrung. Die Ingenieure konnten sich folglich auf diese Theorien nicht verlassen und schufen eine ingeniermässige Strömungslehre auf Grund

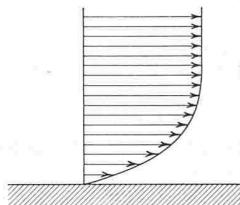


Bild 5. Geschwindigkeitsverlauf in der Grenzschicht

sehr vereinfachter Grundvorstellungen (eben nicht der konsequenteren Feldvorstellung).

Erst durch die Entdeckung der Grenzschichttheorie durch Prandtl wurde es klar, worauf das Versagen der klassischen mathematischen Strömungslehre beruhte, und man erkannte sogleich auch, wo und mit welchen Zusatzbedingungen sie doch erfolgreich herangezogen werden kann. Diese moderne exaktere Strömungslehre entstand zunächst als flugtechnische Aerodynamik, denn die Entwicklung des Flugzeugbaus hatte eine verfeinerte Strömungsbetrachtung zur unabdingbaren Voraussetzung. Auch das Modellversuchswesen drängte sich dort geradezu auf. Hauptsächlich von dort her ist diese moderne Richtung auch in die Turbomaschinentheorie eingedrungen.

Diese letztgenannte Feststellung führt uns gerade zu einer gewissen Kritik an der modernen Turbomaschinentheorie. Jedes Fachgebiet — so auch die flugtechnische Aerodynamik — nimmt gewisse Begriffsbildungen vor, die im Hinblick auf die besonderen Probleme dieses Faches naheliegend sind. Die Uebertragung solcher Begriffe auf andere, verwandte Wissensgebiete kann sich als fruchtbar erweisen, ist aber nicht unter allen Umständen glücklich. Es kann vorkommen, dass dieses Vorgehen unzweckmäßig wird, weil der entlehnte Begriff nicht auf einfache Zusammenhänge führt. Undurchsichtige Theorien sind die Folge, und bei solchen ist die Wahrscheinlichkeit eines Denkfehlers gross.

Dieser Gefahr ist die Turbomaschinentheorie nicht entgangen. So führt z. B. die flugtechnische Aerodynamik gewisse Koeffizienten ein, welche die Kräfte charakterisieren, die ein Tragflügel im Luftstrom erfährt (Auftriebs- und Widerstandscoefficienten). Die selben Koeffizienten kann man auch in der Turbomaschinentheorie zur Charakterisierung der Schaufelkräfte einführen. Das erweist sich aber nur in besonderen Fällen als vorteilhaft (schwache Schaufelkrümmung, grosse Schaufelabstände). In der weitaus überwiegenden Mehrzahl der praktisch vorliegenden Probleme führt diese als Tragflügeltheorie bekannte Betrachtungsweise keineswegs zu besserer Einsicht in die Zusammenhänge. Meist ist es zweckmässiger, den Raum zwischen zwei Schaufeln als Kanal zu betrachten.

Wir dürfen nie vergessen, dass in der Ingenieurwissenschaft alles letzten Endes auf die Schaffung eines technischen Werkes gerichtet sein muss. Der Wert einer Theorie bemisst sich deshalb nach ihrem praktischen Nutzen, der ein indirekter sein kann, aber jedenfalls noch vorhanden sein sollte. Diese Unterwerfung unter das Gesetz der Nützlichkeit ist keine Degradierung der technischen Wissenschaft, denn sie ist bedingt durch den schöpferischen Gestaltungswillen, der das Primäre der Ingenieurarbeit ist. Jeder wissenschaftlich tätige Ingenieur kennt jenen «tragischen Konflikt der logischen Gewissenhaftigkeit mit dem Ziele der Ingenieurtätigkeit» — um die Worte Stodolas zu brauchen. Er hat sich immer wieder neu mit dieser Spannung auseinanderzusetzen, und zwar so, dass weder der schöpferische Gestaltungswille noch die Wissenschaftlichkeit verraten wird, denn erst beides zusammen führt zur Ingenieurkunst.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. W. Traupel, Rietholzstrasse 21, Zollikerberg.

## Bauen mit Stahlbetonfertigteilen

Anlässlich der 51. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins am 6./7. Mai 1954 in Essen hielt Prof. E. Lewicky, T. H. Dresden, einen Vortrag über dieses aktuelle Thema. Er ist im «Beton- und Stahlbetonbau» 1954, Heft 9, zusammen mit zahlreichen eindrucksvollen Bildern veröffentlicht. Der Verfasser nennt als Hauptvorteile dieser Bauweise: Einsparung von Gerüst- und Schalungsholz, Einsparung an Arbeitskraft und Bauzeit und Verbesserung der Betongüte. Die wichtigsten Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Anwendung sind: Typenbeschränkung, Konstruktionserfahrung besonders für die Wahl der statischen Systeme und für die konstruktive Formgebung der Einzelteile und ihrer Verbindungen, enge Zusammenarbeit zwischen Architekten und Ingenieuren von Anfang an, gute Herstellungswerkstätten mit geübten Arbeiterkolonnen, sorgfältige Montagevorbereitung und geeignete Hebezeuge für die Montage.

DK 624.012.4.002.62

Nach diesen Einführungen werden einzelne Konstruktionsformen und Anwendungsbeispiele behandelt. Bei der Stoßverbindung nach Hoffmann werden je zwei durchlochte Flachstahlstücke auf die Enden der Bewehrungsstäbe aufgeschweisst. Zwischen die Flachstahlpaares wird ein ebenfalls durchlochtes Flachstahlstück als Lasche eingeschoben und schliesslich die Verbindung durch Doppelkeile hergestellt. Die einzelnen Stoße werden, unabhängig von der Montage, erst später verbügelt und einbetoniert. Eine grosse Schrägförderbrücke mit räumlichen Stützen aus tischartig aufeinander gestellten Fertigteilen und eine Sporthalle mit einer Kuppel von 40 m Spannweite aus 30 t schweren Schalenelementen sind näher beschrieben. Für den Grosswohnungsbau arbeitet die Deutsche Bauakademie zu Berlin an der Entwicklung von zwei verschiedenen Bauarten. Der Skelettbau kommt für vielgeschossige Häuser (6 bis 11 Stockwerke) in Frage; hier-

zu wurde ein reichhaltiger Typenkatalog herausgegeben. Das statische System besteht aus zwei Stockwerkrahmen mit zwischen gelegten, frei aufliegenden Balken, unterstützt durch Pendelstützen. Die Einzelteile wiegen nicht über 2 t. Die zweite Möglichkeit, die Plattenbauart, ist für mehrgeschossige Wohnhäuser bis zu fünf Stockwerken vorgesehen. Für die Stockwerkswände und sämtliche Decken werden hierbei vorgefertigte, grossformatige Stahlbetonplatten verwendet. Die tragenden Wandplatten von Zimmerwandgrösse sind 15 cm dick, bestehen aus Einkorn-Ziegelsplittbeton B 60 mit 3 kg/m<sup>2</sup> Bewehrung und erhalten schon bei der Herstellung aussen eine leichte Wärmedämmungsschicht, innen einen Gipsverputz sowie sämtliche Installationsrohre und -dübel. Die Deckenelemente von Spannweite 3,60 m sind 24 cm dick und 1,80 m breit; sie bestehen aus geschlossenem Ziegelsplittbeton B 160 mit acht röhrenartigen Aussparungen von 17 cm Durchmesser, die mittels aufblähbarer Gummischläuche hergestellt werden. Die Armierung beträgt 5 kg/m<sup>2</sup>, das Gewicht 263 kg/m<sup>2</sup>. Auch Steildächer für Wohnhäuser können aus Stahlbetonfertigteilern

zusammengesetzt werden, wobei die Dachhaut aus wetterbeständigem Beton mitträgt. Dabei beträgt nach dem System Fritzsch-Herrmann, Dresden, der Baustoffbedarf pro m<sup>2</sup> Grundfläche nur 0,1 m<sup>3</sup> Beton und 7,9 kg Rundreisen. Schliesslich behandelt der Aufsatz ausführlich die verschiedenen Systeme grosser ein- und mehrschiffiger Hallenbauten in Umgarn aus Stahlbetonfertigteilern, wobei Einzelelemente bis zu 58 t Gewicht und Spannweiten bis zu 46 m vorkommen. Es wurden besondere Montagegeräte entwickelt. Die Formgebung der Riegel und Träger ist vom Rechteckquerschnitt über den I- und T-Querschnitt zum Fachwerkträger gegangen, der heute als Träger ohne Pfosten überwiegend verwendet wird. Die Stützen werden vorzugsweise im Vierendeel-System ausgebildet. Die Stoßverbindungen stellt man durch Verschweißen der Stahleinlagen und nachträgliches Einbetonieren her. Das Verfahren der «Vorfabrikation von Rahmen in senkrechter Stellung nach Major» wird unter «Mitteilungen» in diesem Heft näher besprochen.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. H. Jobst, Langhagstr. 45, Liestal.

## Stollen mit elliptischem Querschnitt

Prof. Dr.-Ing. habil. Kurt Hirschfeld, Techn. Hochschule, Aachen

DK 624.19.001.2

### 1. Einleitung

In steigendem Masse werden besonders bei Talsperrenbauten schon seit einiger Zeit statt der Druckrohrleitungen auch Druckstollen angelegt. Auf den ersten Blick könnte man meinen, die Wandlung in der Vorliebe zur Wahl des Stollens sei nicht wirtschaftlich vertretbar. An Hand von Kalkulationen und auch Nachkalkulationen lässt sich jedoch oftmals das Gegenteil nachweisen. Ausserdem sprechen noch eine Reihe anderer Faktoren für den Stollen, wie z. B. die Stahlersparnis und die Vorteile der der Sicht verborgenen Lage.

Obwohl normalerweise für den Stollenquerschnitt der Kreis gewählt wird, sind auch häufig ellipsenförmige Stollenquerschnitte ausgeführt worden. Es soll daher in diesem Beitrag die Ellipse als allgemeine Querschnittsform behandelt werden. Damit lassen sich auch die Spannungen für den Kreisquerschnitt angeben, wenn man die beiden halben Achsen der Ellipse gleichsetzt.

### 2. Der elliptische Stollen unter Ueberlagerungsdruck

Eine elliptische Öffnung in einer unendlichen Scheibe sei von einem in Richtung der grossen Achse wirkenden gleichmässig verteilten Gebirgsdruck beansprucht. Diese Annahme darf dann als berechtigt gelten, wenn der Stollen so tief unter dem Gelände liegt, dass an den oberen und unteren Begrenzungsschnitten eines Streifens praktisch gleich grosse Vertikallasten zur Wirkung kommen (Bild 1). Die Seitenkräfte sollen als vernachlässigbar klein ausser acht bleiben dürfen. Es soll weiter vorausgesetzt werden, dass das Gestein völlige Isotropie aufweise.

In der Durchführung der Rechnung wird man für die Spannungskomponenten mit Vorteil orthogonale krummlinige Koordinaten verwenden, und zwar in diesem Fall der Form des Öffnungsrandes entsprechend elliptische Koordinaten<sup>1)</sup>

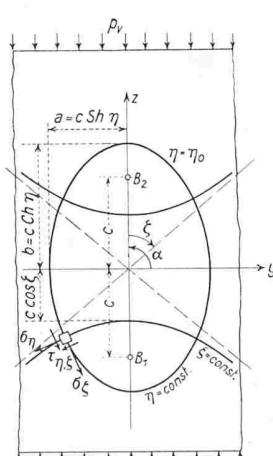


Bild 1. Elliptische Koordinaten

$$(1) \quad z = c \operatorname{Ch} \eta \cos \xi, \quad y = c \operatorname{Sh} \eta \sin \xi$$

benutzen, wobei die Linien  $\eta = \text{const}$  Ellipsen und  $\xi = \text{const}$  Hyperbeln beschreiben. Die Verzerrungsfaktoren  $\left(\frac{\partial r}{\partial \eta}\right)^2$  und

<sup>1)</sup> Biezeno und Grammel, Technische Dynamik, Berlin 1953, Verlag von J. Springer, S. 133.

$\left(\frac{\partial r}{\partial \xi}\right)^2$  des Fundamentalkreises sind einander gleich

$$(2) \quad h_\eta^2 = h_\xi^2 = c^2 (\operatorname{Sh}^2 \eta + \sin^2 \xi)$$

Damit nimmt die Bipotentialgleichung  $\Delta \Delta F = 0$  die Form

$$(3) \quad \Delta \Delta F \equiv \frac{1}{c^4 (\operatorname{Sh}^2 \eta + \sin^2 \xi)^4} \left[ (\operatorname{Sh}^2 \eta + \sin^2 \xi)^2 \Delta^* \Delta^* F - 2 (\operatorname{Sh}^2 \eta + \sin^2 \xi) \left( \operatorname{Sh} 2 \eta \frac{\partial}{\partial \eta} \Delta^* F + \sin 2 \xi \frac{\partial}{\partial \xi} \Delta^* F \right) + + (\operatorname{Sh}^2 2 \eta + \sin^2 2 \xi) \Delta^* F \right] = 0$$

an, worin  $\Delta^* F$  den kartesischen Operator

$$(4) \quad \Delta^* F \equiv \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2}$$

bezeichnet. Die Airy'sche Spannungsfunktion, die der Differentialgleichung (3) genügt, lautet, wie sich durch Differenzieren nachprüfen lässt, allgemein

$$(5) \quad F = \frac{-p_v c^2}{8} \left\{ \operatorname{Sh} 2 \eta - \cos 2 \alpha e^{-2(\eta - \eta_0)} - 2 (\operatorname{Ch} 2 \eta_0 + \cos 2 \alpha) (\eta - \eta_0) + + [\operatorname{Ch} 2(\eta - \eta_0) - 1] e^{2\eta_0} \cos 2(\xi - \alpha) \right\} \quad \text{und für } \alpha = \pi/2$$

$$(6) \quad F = \frac{-p_v c^2}{8} \left\{ \operatorname{Sh} 2 \eta + e^{-2(\eta - \eta_0)} - 2 (\operatorname{Ch} 2 \eta_0 - 1) (\eta - \eta_0) - [\operatorname{Ch} 2(\eta - \eta_0) - 1] e^{2\eta_0} \cos 2 \xi \right\}$$

Mit Hilfe von (6) ergeben sich die Spannungskomponenten in elliptischen Koordinaten  $\eta, \xi$  ausgedrückt

$$(7) \quad \sigma_\eta = \frac{1}{c^2 (\operatorname{Sh}^2 \eta + \sin^2 \xi)^2} \left[ (\operatorname{Sh}^2 \eta + \sin^2 \xi) \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2} + + \frac{1}{2} \operatorname{Sh} 2 \eta \frac{\partial F}{\partial \eta} - \frac{1}{2} \sin 2 \xi \frac{\partial F}{\partial \xi} \right]$$

und nach Ausschreiben der Differentialquotienten von (7)

$$\sigma_\eta = \frac{4}{c^2 (\operatorname{Ch} 2 \eta - \cos 2 \xi)^2} \left\{ \frac{1}{2} (\operatorname{Ch} 2 \eta - \cos 2 \xi) \left( \frac{-p_v c^2}{8} \right) 4 [\operatorname{Ch} 2(\eta - \eta_0) - 1] e^{2\eta_0} \cos 2 \xi + + \frac{1}{2} \operatorname{Sh} 2 \eta \left( \frac{-p_v c^2}{8} \right) [2 \operatorname{Ch} 2 \eta - 2 e^{-2(\eta - \eta_0)} - 2 (\operatorname{Ch} 2 \eta_0 - 1) - 2 \operatorname{Sh} 2(\eta - \eta_0) e^{2\eta_0} \cos 2 \xi] - - \frac{1}{2} \sin 2 \xi \left( \frac{-p_v c^2}{8} \right) [\operatorname{Ch} 2(\eta - \eta_0) - 1] e^{2\eta_0} 2 \sin 2 \xi \right\}$$

oder zusammengefasst

$$(7a) \quad \sigma_\eta = \frac{-p_v}{2 (\operatorname{Ch} 2 \eta - \cos 2 \xi)^2} \left\{ (2 \operatorname{Ch} 2 \eta \cos 2 \xi - \cos^2 2 \xi - 1) [\operatorname{Ch} 2(\eta - \eta_0) - 1] e^{2\eta_0} + \right.$$