

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 119/120 (1942)
Heft: 1

Artikel: Zum 300. Todestag von Galileo Galilei
Autor: Straub, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-52281>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

INHALT: Zum 300. Todestag von Galileo Galilei. — Einiges über Norwegischen Talsperrenbau. — Landgut im «Felsengrund» ob Herrliberg. — 50 Jahre Drehstrom-Kraftübertragung. — Mitteilungen: Werkstoffsparen. Selbstansaugende Sulzer-Feuerlöschpumpe. Aluminiumtagung des SEV.

Elektrotankstellen-Projekt für Wien. Heizprojekt mit Windmotoren. Lötverfahren für Aluminium. Eisenbahnbrücke in Zürich-Wollishofen. — Wettbewerbe: Abdankungshalle und Verwaltungsgebäude im Bremgartenfriedhof in Bern. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 119

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 1

Zum 300. Todestag von Galileo Galilei

Am 8. Januar 1942 sind es 300 Jahre seit Galileo Galilei in Arcetri bei Florenz, im Alter von 78 Jahren, die Augen für immer geschlossen hat. Die grundsätzliche Bedeutung des grossen italienischen Forschers liegt darin, in der Mechanik und der wissenschaftlichen Naturbetrachtung überhaupt an Stelle des bis dahin üblichen vorbehaltlosen Glaubens an die Autoritäten der Antike, vor allem des Aristoteles, die direkte Beobachtung und das Experiment gesetzt, die Frage nach dem «Warum» durch die Frage nach dem «Wie» ersetzt zu haben. Galileis Verdienste im einzelnen um die Entwicklung der Dynamik, der Optik und der Astronomie sind zu bekannt, als dass daran erinnert werden müsste. Wenn heute an dieser Stelle des toscanischen Physikers gedacht wird, so vor allem deshalb, weil er auch für die Wissenschaften des Bauingenieurs im engeren Sinn, für die Statik und Festigkeitslehre Grundlegendes geleistet hat.

Schon früher waren einzelne Forscher, wie beispielsweise Leonardo da Vinci und Galileis um 16 Jahre älterer Zeitgenosse, der Niederländer Simon Stevin, bei der Betrachtung eines an zwei gegeneinander geneigten Schnüren aufgehängten Gewichtes auf das Problem der Zusammensetzung der Kräfte, auf das *Kräfteparallelogramm* gestossen. Um jedoch über einige Einzelfälle hinaus zu einer allgemeinen Formulierung und Lösung dieser Grundfrage der Statik zu gelangen, musste zuerst der Begriff der *Kraft* im heutigen Sinn, als einer entweder nur Druck (oder Zug), oder aber auch Bewegung erzeugenden, gerichteten Grösse aufgestellt und einigermassen klar definiert werden. Man kann sagen, dass diese Aufgabe, die an das Abstraktionsvermögen bereits nicht geringe Anforderungen stellt, eigentlich erstmals von Galilei wirklich gelöst worden ist.

Ein weiterer für die Statik grundlegender Begriff, der sich im Lauf der Zeit, im Zusammenhang mit der Beschäftigung der Forscher mit Schwerpunkten, Hebeln und Rollen nach und nach herauskristallisiert hat, ist der des *statischen Momentes*. Galilei hat von dieser Grösse erstmals eine klare Vorstellung und überträgt den Begriff auf beliebig gerichtete Kräfte. Er verwendet auch zum ersten Mal den Ausdruck *Moment*, allerdings noch in der weiter gefassten Bedeutung von «Auswirkung einer Kraft» im allgemeinen. Er nennt Moment sowohl das Produkt eines Gewichtes und der Geschwindigkeit mit der dieses sich bewegt, als auch, bei der Betrachtung von statischen Problemen, wie z. B. des Hebels und der Waage, das statische Moment im eigentlichen Sinn, d. h. Kraft $\times$ Hebelarm. Beidemale kann eben ein und dasselbe Gewicht, je nach der Grösse der Geschwindigkeit im einen, bzw. des Hebelarms im andern Fall, eine stärkere oder geringere Wirkung ausüben.

Während Galilei bei seinen Forschungen auf dem Gebiete der Statik auf dem Werk von Vorgängern wie Archimedes, Jordanus de Nemore (13. Jahrh.), Leonardo da Vinci¹⁾, Cardano aufbaut und damit im wesentlichen schon früher aufgeworfene Probleme klarer formuliert und richtiger beantwortet, beschreibt er auf einem andern Gebiet der Mechanik vollständiges Neuland. Er stellt nämlich als erster — wenn man von einigen Andeu-

tungen in den Aufzeichnungen Leonardos absieht — die Frage nach dem *Biegungswiderstand* eines Balkens und wird damit zum Begründer einer ganz neuen Wissenschaft, die in der Folge für die Technik ungeheure Bedeutung erlangen sollte, nämlich der *Festigkeitslehre*.

Galilei geht von der Betrachtung eines einseitig eingespannten, am freien Ende belasteten Balkens aus, auf den er das Prinzip des geknickten Hebels anwendet. Durch Gleichsetzung der statischen Momente der äusseren Last und der Resultierenden der gleichmässig über den ganzen Querschnitt verteilt gedachten Zugspannung des Balkens, in Bezug auf die am unteren Rande des Einspannungsquerschnitts angenommene Drehaxe²⁾, gelangt er zum richtigen Schluss, dass der Biegungswiderstand eines rechteckigen Balkens proportional zur Breite, aber mit dem Quadrat der Höhe des Querschnitts wächst. Da jedoch Galileis Betrachtungsweise eine rein statische ist, und er den erst ein halbes Jahrhundert später von Hooke aufgestellten Begriff der Elastizität in seine Ueberlegung noch nicht einführt, irrt er in der Bewertung der Grösse der Biegungsfestigkeit im Verhältnis zur Zugfestigkeit des Balkens. Nach Galilei ergäbe sich, modern ausgedrückt, ein Widerstandsmoment

des rechteckigen Balkens von $\frac{bh^2}{2}$ was gegenüber dem richtigen Wert von $\frac{bh^2}{6}$ einen dreimal zu grossen Wert darstellt.

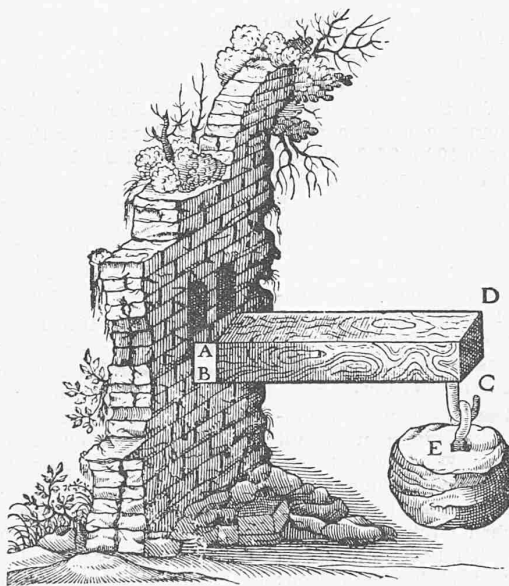
Die grundsätzliche Leistung Galileis liegt in der *Fragestellung*, in der Neuartigkeit der zur Lösung gestellten Aufgabe, die, unter dem Namen «Galileisches Problem» durch zwei Jahrhunderte die Forschung beschäftigt hat, bis endlich Coulomb und Navier die richtige Lösung glückte³⁾.

Galileis Erlebnisse in Rom, wohin er 1633, an der Schwelle des Greisenalters stehend, wegen seiner Befürwortung des Kopernikanischen Weltsystems zur Verantwortung vor das Inquisitions-Tribunal geladen wurde, sind allbekannt, in unserem Zusammenhang aber insofern von Interesse, als sie indirekt die Veranlassung gebildet haben mögen, dass er sein letztes Werk, das u. a. seine die Festigkeitslehre betreffenden Untersuchungen enthält, mechanischen Problemen gewidmet hat. Nach dem römischen Urteilsspruch und dauernd unter der Aufsicht der Inquisition stehend, durfte der greise Forscher sich fortan «weder schriftlich noch mündlich noch sonstwie über die Bewegung der Erde und die Unbeweglichkeit der Sonne mehr äussern». Notgedrungen wandte er sich daher wieder den weniger verhänglichen Fragen der Mechanik zu, die ihn schon in jüngeren Jahren, während seiner Lehrtätigkeit in Pisa und Padua, beschäftigt hatten. Er fasste die Summe seiner Forschungen und Erfahrungen auf diesem Gebiete in seinen «Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze» nochmals zusammen. Das Buch durfte übrigens in keinem katholischen Lande gedruckt werden und wurde deshalb 1638 von Elzevir in Leiden herausgegeben.

Zum Schluss mag noch kurz darauf hingewiesen werden, dass die originell und lebendig geschriebenen Werke Galileis, unabhängig von ihrer Bedeutung für die Geschichte der Wissenschaften, um ihrer formalen und künstlerischen Vorzüge willen auch in die allgemeine italienische Literaturgeschichte eingegangen und damit zum Kulturbesitz eines weiteren Kreises von Lesern geworden sind. Die «Discorsi» stellen sich damit, als für das Fachgebiet des Ingenieurs wohl einziges Buch, in die Reihe jener kleinen Zahl unvergänglicher Werke, die über ihre zeitgebundene Fachbedeutung hinaus allgemeines Geistesgut der

¹⁾ Vgl. bei F. Stüssi Abb. 1 auf S. 201*, Bd. 116 der «SBZ» (1940).

²⁾ Vgl. den Aufsatz von Prof. F. Stüssi «Baustatik vor 100 Jahren — die Baustatik Naviers» in Bd. 116, S. 201* der «SBZ» (2. Nov. 1940).



³⁾ Die Notizbücher, in denen der grosse Maler die Ergebnisse seiner Forschungen auf dem Gebiet der Mechanik niedergelegt hat, sind zwar erst in neuerer Zeit veröffentlicht und einem weiten Leserkreis zugänglich gemacht worden, doch glaubt Duhem (Les origines de la statique, Paris 1905/06) einen Kanal aufgefunden zu haben, durch den Leonardos Ideen auf seine unmittelbaren Nachfolger anregend gewirkt hätten. Duhem stellt die These auf, dass die Manuskripte, die der Meister seinem Schüler Melzi vermacht hatte, direkt oder in Abschrift zur Kenntnis von Cardano, Guido Ubaldo und Benedetti gelangt seien und auf diesem Umweg indirekt auf Galilei gewirkt hätten.

Gebildeten ihres Sprachgebiets geworden sind, wie beispielsweise, um nur Namen aus zwei andern Wissensgebieten zu nennen, für den Bereich der Geschichtswissenschaft die Werke von Machiavelli oder Jacob Burckhardt, oder für den der Weltbeschreibung diejenigen Alexanders von Humboldt.

Hans Straub, Rom.

Einiges über den Norwegischen Talsperrenbau

Von Ing. Dr. h. c. H. E. GRÜNER, Basel

Wie in der Schweiz hat auch in Norwegen seit Anfang dieses Jahrhunderts die Ausnützung der Wasserkräfte zu grossen und schwierigen Wasserbauten geführt. Besonders entwickelte sich in diesem Lande unter dem Einfluss der tüchtigen norwegischen Ingenieure der Talsperrenbau in einer Richtung, die in der Schweiz noch wenig bekannt ist, aber besonders in der Jetztzeit grösste Beachtung verdient.

Um die in Norwegen durchgeführten Talsperrenbauten richtig zu verstehen, ist es notwendig, sich vorgängig mit den dortigen hydraulischen, meteorologischen und besonders auch geologischen Verhältnissen zu befassen. Der verhältnismässig schmale Küstenstreifen der skandinavischen Halbinsel, der das Land Norwegen bildet, erstreckt sich vom 58. bis 71. Breitengrad. Er überschreitet also den Polarkreis. An der Küste ist das nördliche Klima durch den Einfluss des Golfstroms etwas gemildert, so dass z. B. trotz der niederen Temperaturen die Fjorde nicht einfrieren, wenn sie nicht zu tief in das Innere des Landes eingreifen und dadurch dem mildernden Einfluss des wärmeren Meerwassers entzogen werden. Im Innern des Landes aber und besonders auf den Gebirgen herrscht ein nahezu arktisches Klima. Die klimatischen Verhältnisse verschlechtern sich mit der Höhe über Meer viel schneller als dies z. B. in der Schweiz der Fall ist. Eine Höhe von 500 bis 800 m ü. M. kann schon kaum mehr mit dem Klima in unseren Gebirgen zwischen 2000 bis 2500 m ü. M., dem Klima z. B. der Spitallammsperre, verglichen werden. Das Gelände in diesen Höhen ist infolge des Schnees im Mai noch kaum zugänglich, und bleibt höchstens vom Juni bis September schneefrei. Den ganzen Winter hindurch, der von Oktober bis April gerechnet werden kann, herrscht ständiger Frost, und zwar erreichen die Temperaturen bis zu -30°C und bleiben wochenlang unter -10° . Dafür ist der Wechsel zwischen Frost und Auftauen in Norwegen weniger häufig als in der Schweiz, infolgedessen unterliegen die Betonkonstruktionen wechselnden und sprengenden Beanspruchungen weniger als bei uns.

Die geologischen Untergrundverhältnisse dagegen sind günstig. An den meisten Stellen, wo Wasserkraftanlagen gebaut werden können, ist fester undurchlässiger Fels, wie Granit, Gabbro, Syenit, Phylit anstehend. Die Verwerfungen und Spalten in diesen Gesteinen sind in der Hauptsache gut verwachsen. In der Gegend des Kaledonischen Grabens, der sich fast durch ganz Norwegen zieht, finden sich noch alte, quarzitisches Sandsteine und etwas wenige Kalke des Silur und Devon; diese Letztgenannten sind aber von Höhlen und Wasserläufen durchzogen. Guter, quarzhaltiger Sand und Kies kann am unteren Lauf der Flüsse oder in Schotterterrassen gefunden werden; bei hochgelegenen Sperren ist er auf grössere Entfernungen herzuschaffen. Die Seen, die aufgestaut werden, liegen in offenen, breiten Talmulden, die oft kaum von Sand und Kies bedeckt sind; selten trifft man engere Schluchten an, in denen noch grössere Blöcke und Kies liegen. Durch den grossen geologischen Abbruch der Westküste gegen den Atlantischen Ozean haben

sich Steilwände gebildet, die die Ausnützung von Gefällen bis zu 1000 m gestatten. Die Gletscher haben die oben erwähnten Seebecken ausgehöhelt. Diese Seen werden von den norwegischen Ingenieuren angestochen, wie dies Ing. Dr. H. Lund in seinem Bericht vom 7. Juni 1941, SBZ Bd. 117, Nr. 23, näher erläutert, gleichzeitig werden die Becken aber auch aufgestaut, um dadurch Speicherräume bis zu einigen Hundert Millionen Kubikmetern zu schaffen.

Der Rhythmus des Abflusses entspricht dem der Schweiz. Die abfliessende Wassermenge vermindert sich im Winter und erhöht sich im Sommer bis auf das Hundertfache durch die Schneeschmelze und die gleichzeitigen grossen Regenfälle auf das nur schwach bewachsene oder ganz kahle Gelände. Im Sommer kann der Abflusskoeffizient bis 100% betragen. Nur durch die Erstellung von Staubecken ist es möglich, Wasserkraftanlagen mit das ganze Jahr hindurch gleichmässiger Leistung zu erhalten. In wirtschaftlicher und technischer Hinsicht ist der Bau von Talsperren schwierig. Die Bauzeit ist sehr kurz, nur vier bis sechs Monate im Jahr, und die hochgelegenen Ebenen sind nur wenig bevölkert; sie haben infolgedessen auch schlechte Zufuhrmöglichkeiten, fast keine Strassen und nur ausnahmsweise einen Bahn-Anschluss in der Nähe.

Das Wasser der Seen und fliessenden Gewässer hat überdies noch unerwünschte Eigenschaften: es ist sehr kalkarm und enthält öfters Humussäure. Der Beton ist daher, wenn er nicht sehr reich mit Zement dosiert wird, sehr gefährdet. Die Erfahrungen der Norweger haben aber gezeigt, dass ein Beton, der mit 360 bis 400 kg gutem Portlandzement auf den fertigen Kubikmeter hergestellt wird, sowohl dem aggressiven Wasser als auch dem Frost ohne grösseren Schaden widerstehen kann. Die norwegischen Sperren, die, wie schon gesagt, zum Teil schon zu Anfang des Jahrhunderts gebaut worden sind, wurden vor einigen Jahren durch eine Spezialkommission genau untersucht, und das Ergebnis dieser Untersuchungen in einer Sonderveröffentlichung «Den Norske Ingeniørforenings Betongkomité, Meddelelse Nr. 1: Undersøkelse av skader på vare Betongdammer og Brudstøttemur i Mørtel Arsak og Botemidler. Den Norske Ingeniørforening Oslo 1930», im Jahre 1930 veröffentlicht worden. Die Erfahrungen über das Verhalten der Sperren, die im Nachstehenden gegeben werden, sind dieser Veröffentlichung entnommen.

Im Jahre 1916 hat Ingenieur Chr. F. Grøner, Oslo, den Fjergen-Damm Koparagen als erste Eisenbetonsperre gebaut; diese Eisenbeton-Konstruktion hat sich gut bewährt. Dieses, damals zum ersten Mal in Norwegen angewandte System wurde inzwischen noch weiter entwickelt; nachstehend sollen einige dieser von Grøner durchgeführten Bauten näher beschrieben werden.

Bei den Bauten von Eisenbetonsperren sind also zwei Gesichtspunkte begleitend. Einmal eine gute, frostbeständige Konstruktion, andererseits geringer Materialaufwand, der es gestattet, bei den schwierigen Transportverhältnissen und der kurzen Bauzeit doch noch grössere Sperren zu erstellen.

In den Abb. 1 und 2 ist ein Massenvergleich zwischen Gewichtsmauer, der Plattensperre mit dazugehörigen Eisen und der Schalungsfläche und der Reihenbogensperre, ebenfalls mit Eisenbedarf und Schalungsfläche, dargestellt. Die Angaben beziehen sich selbstverständlich auf die fertige Mauer einschliesslich der Pfeiler, doch ohne Herdmauer, da diese vom Untergrund abhängig ist und deshalb von Fall zu Fall wechselt.

Man entnimmt den Kurven ohne weiteres die grosse Ersparnis an Beton für die aufgelösten Mauern mit den dazugehörigen unvermeidlichen Eisenmengen und Schalungsflächen. Es gibt eine

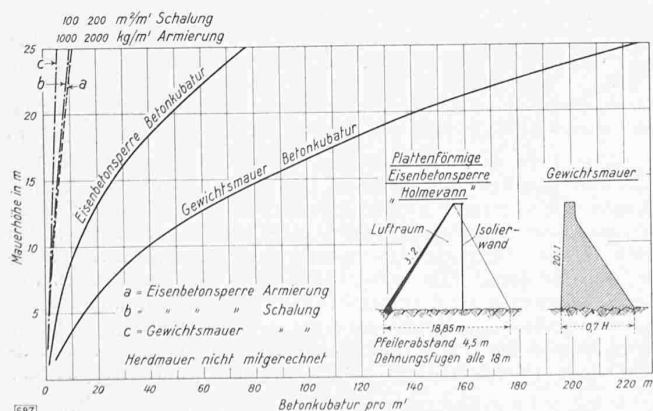


Abb. 1

Massenvergleiche der Eisenbetonsperren Holmevann (links) und Navann I (rechts) mit entsprechenden Gewichtsmauern

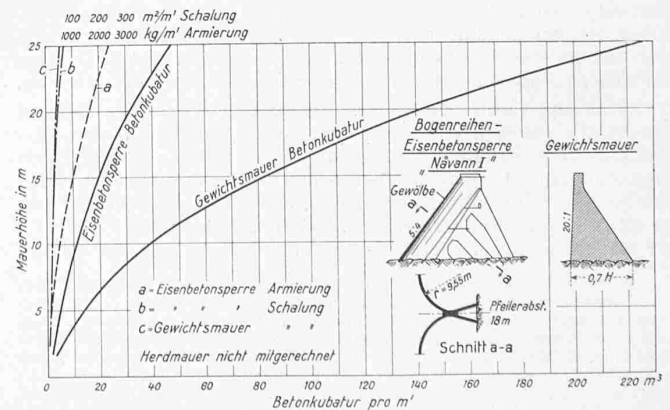


Abb. 2