

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 37/38 (1901)
Heft: 25

Artikel: Die Entwicklung der Turbine
Autor: Escher, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-22820>

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: 01.04.2025

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

INHALT: Die Entwicklung der Turbine. — Grabdenkmal für Gottfried Keller. — Grosse Steinbrücken im Grossherzogtum Baden. — Konkurrenzen: Trinkwasser-Brunnen in Zürich. Kantonalbank in Schaffhausen. Neubau der mittleren Rheinbrücke in Basel. — Nekrologie:

† Robert Moser, Architekt. † E. Dupont. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Hiezu eine Tafel: Grabdenkmal für Gottfried Keller auf dem Friedhof Sihlfeld in Zürich.

Die Entwicklung der Turbine.

Von Prof. R. Escher in Zürich.

Als die Menschen anfangen — sicherlich zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten unabhängig von einander — die im strömenden Wasser enthaltene Energie sich nutzbar zu machen, bildete das Wasserrad mit horizontaler Achse die nächstliegende Lösung, weil es mit den einfachsten Hilfsmitteln erstellt werden konnte. Für viele Zwecke, z. B. für den Betrieb von Stampf- und Pochwerken, Hammerwerken und dergleichen war die horizontale Lage der Achse die natürlichste und bequemste. Anders lagen die Dinge in demjenigen Falle, wo das Bedürfnis nach Elementarkraft sich am häufigsten geltend machen musste, beim Vermahlen des Getreides. Hier verlangte die zu lösende Aufgabe ein längeres Verweilen des Mahlgutes zwischen den Mahlflächen. Das auf einer horizontalen Steinplatte liegende Getreide wurde so lange als nötig, mit einem Handstein bearbeitet, der zunächst eine hin- und hergehende Bewegung erhielt. Später gab man dem beweglichen Stein eine Drehbewegung um einen vertikalen Zapfen, wobei sich für beide Steine die kreisrunde Gestalt und die centrale Aufgäbeöffnung für das Mahlgut von selbst ergaben. Beim Antrieb dieses Mahlganges durch Elementarkraft war die Aufgabe zu lösen, von der horizontalen Wasserradwelle aus die vertikale Mühlespindel anzutreiben und es wurden zu diesem Zwecke die Zahnräder ersonnen. Für uns, die wir über das Gusseisen verfügen, ist die Ausführung der Zahnräder ja leicht genug; zu der Zeit aber, da Holz und Schmiedeseisen die ausschliesslichen Baumaterialien der Technik waren, bedurfte es dazu kunstreicher Konstruktionen und sehr geschickter Arbeiter. Wer Gelegenheit gehabt hat, die in Holz mit möglichst wenig Eisen ausgeführten Werke der alten Mühlenbaukunst und ganz besonders die alten hölzernen Zahnräder oder „Kammräder“¹⁾ zu sehen, der wird sicherlich vor diesen alten Mühlemachern Respekt bekommen haben. Angesichts dieser Schwierigkeiten lag der Gedanke an eine Umgehung derselben sehr nahe, und in der That finden wir in vielen Ländern Europas, so in Südfrankreich, Spanien, Unteritalien und auf der Balkanhalbinsel, bis auf den heutigen Tag die Bauernmühlen durch Stossräder betrieben, die unmittelbar auf dem unteren Teil der Mühlespindel befestigt sind. Bei genügendem Gefälle ist es leicht, diesen Rädern, die keine grossen Durchmesser zu haben brauchen, die für den Betrieb des Mahlganges erforderliche, höhere Umdrehungszahl zu erteilen, während die grösseren und darum langsamer gehenden Wasserräder mit horizontaler Achse stets eine Uebersetzung ins Schnelle notwendig machen. Bei den Mühlen, die der Verfasser im Neapolitanischen zu sehen Gelegenheit hatte, wurde das Wasser in einen runden, nach unten sich konisch verjüngenden Schacht aus Mauerwerk geführt, und dann durch eine aus hölzernen Dauben konisch zusammengebaute Düse unter einem ziemlich flachen Winkel gegen den Horizont auf die obere Seite des Rades geführt. Das Rad selbst bestand aus zwei konzentrischen Ringen oder Kränzen von Schmiedeseisen, zwischen denen die Schaufeln aus Eisenblech eingefügt sind. Das Rad stellt also eine Achsialturbine mit partieller Zuführung des Wassers dar. Die Schaufeln sind nach einer zweimal gebrochenen Linie gebogen  und das ist nun freilich das

¹⁾ Man hat sich bei uns angewöhnt, den einzelnen Holzzahn als Kamm zu bezeichnen. Das ist augenscheinlich falsch; der Ausdruck Kamm bezieht sich auf die Vielheit der Zähne, und die unrichtige Anwendung beruht wohl darauf, dass der unserer Mundart fremde Ausdruck Kamm nicht verstanden wurde.

schlechteste am ganzen Rad. Der schlaue Mühlemacher oder Grobschmied wird sich gedacht haben, das Wasser müsse sich in der Schaufel gehörig fangen! Es gab indessen schon längst Leute, die in dieser Beziehung richtigere Vorstellungen besaßen. In der Sammlung des eidgenössischen Polytechnikums befand sich früher ein über zweihundert Jahre altes derartiges Rad, das mit den Schaufeln und Kränzen aus dem vollen Holz heraus gearbeitet war und kontinuierlich gekrümmte Schaufeln besass. Dasselbe stammte aus Südfrankreich.

Haben wir es hier auch mit einer Vorrichtung zu thun, die wir als eine ziemlich gut entwickelte Partialturbine bezeichnen müssen, so würde man dieselbe doch mit Unrecht als einen Vorläufer unserer eigentlichen Turbinen hinstellen; denn es liegt hier doch nur derselbe Gedanke in einer den Umständen entsprechend abgeänderten Form vor, wie wir ihn bei den im Gebirge noch vielfach gebräuchlichen Stossrädchen mit horizontaler Achse verkörpert sehen. Diese Rädchen, bei uns Flotschräder genannt, sind ihrer grossen Umdrehungszahl wegen zum Antrieb vom Sägegattern und Hämmern recht gut geeignet.

Ebensowenig möchten wir das Segner'sche Wasserrad, das ja im Grunde genommen eine richtige, wenn auch unvollkommene Turbine ist, als Vorstufe zu unsern Turbinen angesehen wissen, weil hier der so wesentliche Leitapparat fehlt¹⁾ und weil der Erfinder augenscheinlich auf einem ganz anderen Gedankengang dazu gekommen ist.

Die einfachen hölzernen Wasserräder mit ihren verschiedenen durch die Gefällsverhältnisse bedingten Formen genügten lange Zeit vollauf für die Bedürfnisse der verschiedenen Gewerbe. Als dann gegen Ende des 18. und mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts immer wieder grössere Fabriken mit entsprechend grösserem Kraftbedarf entstanden, und zwar vor allem Baumwollspinnereien, erfuhren zunächst die Wasserräder eine sorgfältige Ausbildung in konstruktiver Richtung unter Anwendung des Eisens als Baumaterial und unter gleichzeitiger Vergrösserung der Dimensionen und damit auch der Leistungen. Man erkannte indessen, dass damit ziemlich bald die Grenzen der Möglichkeit erreicht waren. Die Wasserräder können wohl ziemlich bedeutende Wassermengen bewältigen, in der Ausnützung grösserer Gefälle aber sind sie beschränkt. Wohl hat man (z. B. im Bergbau) wiederholt grössere Gefälle durch mehrere hintereinander aufgestellte Räder ausgenützt²⁾; das giebt aber eine komplizierte Anlage, und weiterhin steht man vor der Schwierigkeit, die Leistung der verschiedenen Räder auf einen Punkt zusammenzuführen. Was an turbinenartigen Rädern vorhanden war, konnte nur bei ganz kleinen Kräften in Betracht fallen, und so war der Zeitpunkt gekommen, wo man sich nach einem neuen Wassermotor umsehen musste, der sowohl in Bezug auf das Gefälle, als auch auf die Wassermenge möglichst unbeschränkt wäre.

Diese Bestrebungen hatten ihren Sitz vorzugsweise in Frankreich — in England wurde die Lücke nicht so lebhaft empfunden, weil dort die Watt'sche Dampfmaschine in die-

¹⁾ Euler hat bekanntlich einen Vorschlag zu einer Modifikation des Segner'schen Wasserrades gemacht, bei welcher eine Art von Leitapparat zur Anwendung kommt. Wenn indessen dieser Vorschlag so aufgefasst werden will, als ob Euler damit um eines Haars Breite die Erfindung der Turbinen gestreift habe, so ist das entschieden zu weit gegangen. Bei Eulers Leitapparat kann es sich nicht um mehr handeln, als darum, ein grösseres Wasserquantum mit guter Art, d. h. ohne dass es verspritzt, in das eigentliche Rad einzuführen: die ganze Energie aber, die in dem aus dem Leitapparat fliessenden Wasser enthalten ist, geht verloren, und darin liegt ein scharfer Gegensatz zu den Leitapparaten der richtigen Turbinen.

²⁾ Eine derartige Anlage, in die erweiterten natürlichen Felshöhlen eingebaut, findet sich in einer Mühle im Col-des-Roches beim Locle.

selbe getreten war — sie führten verhältnismässig schnell zu einer sehr vollkommenen Lösung. Nachdem Manoury d'Eclot mit Erfolg für grössere Gefälle das Segner'sche Wasserrad in zweckentsprechender Form (mit heberförmig gebogenem, festliegendem Zuflussrohr) mehrfach zur Ausführung gebracht, und Burdin mit seinen Versuchen, ein Rad nach Eulers Grundgedanken zu bauen, wenigstens das Resultat erzielt hatte, die Frage in Fluss zu erhalten, erlangte Fourneyron im Jahre 1833 den von der Société d'Encouragement sechs Jahre früher ausgesetzten Preis von 6000 Franken für seine bereits in mehreren Exemplaren ausgeführte Turbine. Fourneyrons Erfolg war durchschlagend; er beruhte vor allem auf einer durchaus richtigen und klaren Vorstellung von der Bewegung und von der Wirkung des Wassers beim Durchfluss durch die Turbine, sodann auf der glücklichen Verbindung eines Leitrades mit dem eigentlichen Turbinenrad unter Anwendung einer Schaufelung, die den Bedingungen eines guten Nutzeffektes ziemlich entspricht, und endlich auf der sorgfältigen konstruktiven Durchbildung, die Fourneyron seinen Entwürfen zu geben wusste.

Fourneyrons Erfindung erregte in der technischen Welt das grösste Aufsehen, und man begann schon kurze Zeit darauf in Deutschland und in der Schweiz Turbinen zu bauen, so z. B. in der Maschinenfabrik von Locher & Wüger zu Frauenfeld.¹⁾ Auch Escher Wyss & Cie. haben schon in der Mitte der dreissiger Jahre eine Fourneyron-Hochdruckturbine für eine Spinnerei im Vorarlberg geliefert.¹⁾ Die Erfolge waren nicht immer sehr befriedigend. Fourneyron war in seinen Veröffentlichungen über die Einzelheiten der Schaufelung sehr zurückhaltend geblieben, und so waren seine Nachahmer darauf angewiesen, den Weg, der von dem überdies noch erst recht mangelhaft erkannten Prinzip zur Ausführung leitet, selbst durchzutasten. Fourneyron selbst lieferte eine Reihe von Turbinen ins Ausland. Eine der berühmtesten derselben, die ein beredtes Zeugnis von seinem Wagemut ablegt, war diejenige, die er für St. Blasien im badischen Schwarzwald für ein Gefälle von 108 m und eine Wassermenge von 35 l pro Sekunde baute. Das Rädchen hatte 316 mm äusseren Durchmesser und machte 2200—2300 Umdrehungen in der Minute. Von dem Eindrucke, den die Anlage auf die Zeitgenossen machte, bekommt man eine lebhaftere Vorstellung aus einer Schilderung von Rühlmann, die er von der Anlage nach einem im Jahre 1837 gemachten Besuch in einer kleinen Broschüre über die Fourneyronturbinen giebt. Er schreibt:

„Schon eine halbe Stunde, ehe man zu dem merkwürdigen Orte St. Blasien, in einer der schönsten aber auch wildesten Gegenden des badischen Schwarzwaldes gelegen, gelangt, kündigt ein seltsames Getöse das ungewöhnliche Schauspiel an, das mit dem Annähern immer seltsamer wird. Tritt man aber erst in die Radstube, erkennt man dort, dass alles vorher fern von diesem Orte über das Ganze erfahrene nicht bloss Mystifikation, sondern Wirklichkeit ist, dann fühlt man sich vom Erstaunen ergriffen und bewundert, mehr als sonst wo, die Grösse des menschlichen Geistes, der selbst die furchtbarsten Naturkräfte sich unterwürfig zu machen weiss. Immer schien der gewaltige Druck das kleine Rädchen zu zertrümmern und der in furchtbaren Spiralmassen aus demselben tretende Wasserstrahl die umgebenden Wände und Räume zerstören zu wollen. Oft wenn ich aus der Radstube getreten war und die ungeheure Höhe von aussen ermass, von welcher herab die Leitungsröhren das Aufschlagewasser zum Rade führen, schien es, als dränge sich mir der Begriff „Unmöglich“ auf, der aber ebensoschnell verschwunden war, trat ich wieder in jenen Raum zurück.“

Nun, wir haben ja seither noch ganz andere Dinge erlebt!²⁾

¹⁾ Nach Mitteilungen von Prof. Veith.

²⁾ Rühlmanns kleine Schrift bietet die Gelegenheit, festzustellen, dass wir seither auch in Bezug auf technische Publikationen erfreuliche Fortschritte gemacht haben; die Zeichnungen darin sind von einer Naivität, die wir uns heute selbst von einem Sekundarschüler nicht mehr gefallen lassen würden.

Die Turbine von Fourneyron, so glücklich sie eronnen und so sorgfältig sie bereits von ihrem Erfinder durchgebildet worden war, zeigt gewisse Nachteile, die sich in einzelnen Fällen so stark fühlbar machten, dass man auf Abhilfe sann. Dazu ist vor allem die Lage des Laufrades gegenüber dem Leitrad und dem Unterwasser zu rechnen: Das Laufrad ist schwer zugänglich und schwer demontierbar.¹⁾ Das hat ohne Zweifel zur Erfindung der Turbine mit Saugrohr geführt, die uns unter dem Namen von Jonval bekannt ist. Das Saugrohr ermöglicht es, die Turbine hoch über das Unterwasser zu legen, und die Beschaffenheit und die gegenseitige Lage von Leit- und Laufrad gestatten das leichte Auseinandernehmen. Dass das Wesentliche in der Anwendung des Saugrohres erblickt wurde, geht deutlich aus der Bezeichnung hervor, die Jonval seiner Turbine gab: er nannte sie „turbine à double effet“, weil eine drückende und eine saugende Wassersäule zugleich darauf wirken.

Auf diese Turbinenform haben ziemlich gleichzeitig (im Jahre 1837) Henschel in Kassel und Jonval, damals Modellschreiner bei André Köchlin in Mülhausen, Patente genommen; in Bezug auf die Ausführung hat letzterer die Priorität.

Die beiden Turbinenformen liessen noch eine wesentliche Lücke unausgefüllt: sie eigneten sich nicht gut für grosse Gefälle bei kleinen Wassermengen, weil sie, wie wir oben bei der Turbine von St. Blasien sahen, sehr kleine Abmessungen und unheimlich grosse Umdrehungszahlen ergaben. Als die Firma Escher Wyss & Cie. im Jahre 1844 den Bau von Turbinen neuerdings aufnahm, musste sie diese Lücke lebhaft empfinden, weil sie infolge der topographischen Verhältnisse des Landes häufig vor derartige Aufgaben gestellt wurde. Man versuchte es zuerst mit dem durch Whitelaw in Schottland neuerdings in Aufnahme gebrachten Segner'schen Wasserrad, ohne indessen damit befriedigende Erfolge zu erzielen. Nach verschiedenen Versuchen mit Jonvalturbinen drang einige Jahre später Walter Zuppinger, damals ein blutjunger, kaum ausgebildeter Zeichner bei der genannten Firma, mit dem von ihm vorgeschlagenen Tangentialrad durch.

Um dieselbe Zeit (1848) baute der sächsische Kunstmeister Schwammkrug in Freiberg unter dem Einflusse ähnlicher Bedürfnisse die nach ihm benannte innerschlächlige Radialturbine. Dabei legte er für seine besonderen Zwecke — wohl als der erste — die Achse horizontal und brachte damit die Systematiker in einige Verlegenheit, da man sich angewöhnt hatte, die Turbinen als horizontale Wasserräder zu definieren.

Es trat nunmehr ein gewisser Ruhepunkt in der Entwicklung ein. Mit Jonvalturbinen und Tangentialrädern suchte man in der Hauptsache die vorhandenen Bedürfnisse zu befriedigen. Von den vorzüglichen Ergebnissen, die Francis in Nordamerika mit seiner ausserschlächtigen Radialturbine erzielt hatte, nahm man einstweilen etwas ungläubig Notiz, ohne sich zu weiterem Vorgehen in dieser Richtung veranlasst zu fühlen. Immerhin darf von einem Stillstand nicht gesprochen werden. Vor allem muss der Arbeiten Redtenbachers gedacht werden, die einen bedeutungsvollen Einfluss auf den Turbinenbau ausgeübt haben. Zwar hatte schon früher Poncelet die Grundzüge der Theorie der Turbinen vollständig entwickelt; er hatte es aber unterlassen zu zeigen, wie diese auf die Praxis anzuwenden waren. Erst Redtenbacher schlug eine Brücke über den klaffenden Abgrund, indem er die Theorie bis zur Aufstellung von Konstruktionsregeln weiter führte, mit deren Hilfe sich die Abmessungen einer neuen Turbine für bestimmte Verhältnisse leicht und sicher ermitteln liessen.

Die Praxis arbeitete fortwährend an der konstruktiven Ausbildung weiter. So wurde unter dem Zwange schlimmer Erfahrungen dem Spurzapfen und seiner Lagerung erhöhte

¹⁾ Das hindert nicht, dass die Fourneyron'sche Anordnung mit mannigfachen Abänderungen bis auf den heutigen Tag in vielen Fällen mit Vorliebe Verwendung findet.

Aufmerksamkeit geschenkt. Die einfachen Spurlagerkonstruktionen Fourneyrons versagten häufig bei den Jonvalturbinen mit ihrem starken achsialen Druck und bildeten eine unversiegbare Quelle von Verdruß und Kummer für Besitzer und Konstrukteur. Erst Schritt für Schritt lernte man, die Zapfenlagerung durch reichlichere, der Belastung angepasste Abmessungen, Abschluss des Wassers und sorgfältig durchgeführte Oelzirkulation dauernd in gutem Zustand zu erhalten. Eine bahnbrechende Umgestaltung, unter dem Namen Ueberwasserzapfen später allgemein gebräuchlich geworden, hat Fontaine in Chartres bereits im Jahre 1844 ausgeführt. Durch diese Anordnung wurde es möglich den Zapfen leicht zugänglich zu machen und in einem Oelbad zu halten. Etwas jünger ist der von Francis zuerst im Jahre 1849 ausgeführte Kammzapfen, der übrigens nur selten angewandt wurde und dessen schwache Seite darin liegt, dass die Zapfenfläche nicht im Oelbad gehalten werden kann. Der Neuzeit gehört der von Ganz & Cie. in Budapest eingeführte Ringzapfen an.

(Schluss folgt.)

Grabdenkmal für Gottfried Keller.

(Mit einer Tafel.)

Auf eine Anregung von Herrn Professor A. Schneider, dem Testamentsvollstrecker von Gottfried Keller, es möchte zur Bestattung der Ueberreste des Dichters ein Grab erworben werden, damit in Zukunft auch Auswärtige Gelegenheit hätten bei der letzten Ruhestätte des Dichters dessen Andenken zu ehren, einigten sich die eidgenössischen, kantonalen und städtischen Behörden über die Errichtung eines Grabdenkmals auf dem Friedhof Sihlfeld. Die Stadt Zürich stellte einen sehr geeigneten Platz bereitwilligst zur Verfügung und übernahm die Unterhaltung des Grabes. Am 8. August d. J. wurde der auf beiliegender Tafel abgebildete Grabstein fertig aufgesetzt und unter Anwesenheit von Vertretern der Behörden die Asche des am 18. Juli 1890 durch Feuer bestatteten Dichters Gottfried Keller dem Krematorium entnommen und in den Denkstein versenkt.

Dieser besteht aus drei Quadern, einem Sockel aus Bavenogranit, auf dem die oberen zwei Steine aus schönem rosafarbigem Marmor von Ornavasso aufruhren. Der eine derselben ist in Form einer Aschenurne gearbeitet und enthält die in einer kupfernen Hülse befindliche Asche des Dichters. Der andre von steleartiger Form ist mit dem aus dem Stein herausgearbeiteten Bildnis Gottfried Kellers geschmückt. Das Denkmal ist nach einem Entwurf von Prof. F. Bluntschli ausgeführt durch das Marmorgeschäft von E. Schneebeil. Die Büste ist ein Werk des Bildhauers Richard Kissling.

Grosse Steinbrücken im Grossherzogtum Baden.

Von a. Oberingenieur R. Moser.

Am letzten schönen Oktobertag hat der Verfasser mit einem Kollegen die am 20. August d. J. festlich eröffnete Linie Neustadt-Donaueschingen besichtigt und kommt nun dem Wunsche der Redaktion gerne nach, in der Schweiz. Bauzeitung einiges über diesen Besuch mitzuteilen.

Die neue Bahn bildet die Fortsetzung der schon im Jahr 1886 vollendeten bekannten „Höllenthalbahn“, Freiburg-Neustadt, die teilweise als Zahnradbahn gebaut wurde, eine äusserst malerische Schwarzwaldgegend durchzieht und bereits mächtig zu deren Entwicklung beigetragen hat, wie aus der grossen Anzahl neuer Villen und Sommerstationen namentlich in der Umgebung des reizvollen Titisees zu ersehen ist. Die Fortsetzung von Neustadt bis Hüfingen — eine kleine Station vor Donaueschingen, wo die neue Bahn in die bereits bestehende Linie von Furtwangen einmündet um mit dieser vereint Donaueschingen zu erreichen — führt durch eine landschaftlich weniger hervorragende Gegend,

doch bieten sich auch da hübsche Fernsichten und Ausblicke auf malerisch gruppierte Ortschaften, Weiler und Gehöfte, die alle einen spezifischen und häufig idyllischen Schwarzwald-Charakter haben.

Während beim ersten Teilstück nach damaligem Brauch der grosse Höhenunterschied mit Hilfe einer Zahnstange von beiläufig 7 km Länge und einer Steigung von etwa 53 ‰ (1 : 18,78) überwunden wurde, hat die zweite Strecke aussergewöhnliche Massnahmen nicht erfordert, indem hier die Maximalsteigung nur 10 ‰ beträgt. Der höchste Punkt der alten Bahn bei Hinterzarten liegt 892, Neustadt 805, der höchste Punkt der neuen Bahn bei Röthenbach 830, die Wasserscheide zwischen Rhein und Donau bei Döggingen 749, Donaueschingen 677 und Freiburg endlich 268 m über dem Meeresspiegel. Die neue Bahn hat eine Baulänge von 37 243 m, und sieben Zwischen-Stationen (nebst einer Haltestelle), deren wichtigere von Neustadt aus folgende sind: Kappel, Röthenbach, Löffingen, Döggingen und Hüfingen. Auf der nahezu 7 km langen Strecke zwischen den Stationen Kappel und Röthenbach waren die grössten Terrainschwierigkeiten zu überwinden; es folgten sich fast ununterbrochen tiefe Felseinschnitte, hohe mit Steinpackungen gesicherte Anschüttungen, lange Stützmauern, verschiedene Tunnel und zwei besonders bemerkenswerte Steinbrücken: Die ganz aus Stein gebaute *Gutachbrücke* nächst der Station Kappel, deren Hauptgewölbe eine lichte Weite von 64 m hat, und in einer Entfernung von etwa 1,5 km die *Schwändeholzobelbrücke* mit einem Hauptbogen von 57 m Spannweite. Beide Brücken haben viel Aehnlichkeit und auch ähnliche Abmessungen, wie die s. Z. in dieser Zeitschrift (Band XXV Nr. 21) schon besprochenen und dargestellten Brücken der k. k. österreichischen Staatsbahnlinie Stanislau-Woronienka; vor allem ist hervorzuheben, dass das 64 m weite Steingewölbe der Gutachbrücke zur Zeit das grösste in ganz Deutschland ist und in Europa überhaupt nur noch von der im Jahr 1893 erstellten Pruth-Brücke bei Jaremcze in Galizien an der oben genannten Linie übertroffen wird, deren Oeffnung eine Weite von 65 m hat.

Eine noch grössere Steinbrücke mit einem Bogen von 72,25 m lichter Weite bestand an der Adda, ist aber schon längst, im Kriege 1416 zerstört worden. Zur Zeit giebt es nur noch in Amerika einen Steinbogen, der denjenigen von Jaremcze um einiges übertrifft; es ist dies der bekannte 67,1 m weite Cabin-John-Aquädukt, „The Union Arch“, der im Jahr 1859 vollendet wurde und dazu dient das Wasser aus dem Potomak nach Washington zu führen, ausserdem aber auch als Strasse verwendet wird.

Die folgenden Angaben sowie die Darstellungen sind einer Festschrift¹⁾ entnommen, die bei der Eröffnungsfeier verteilt worden ist und die in knapperer und präziser Form eine Menge nützlicher Mitteilungen über die Bahn enthält.

Gutachbrücke.

Die Fundation der in den Abb. 1 bis 3 dargestellten Brücke erfolgte auf festem Granitfels. Ihre Hauptöffnung liegt in einer Geraden, während sich die links anschliessenden fünf kleineren Oeffnungen von je 7,5 m Weite in einer Kurve von 300 m Radius befinden und beim Anschlussgewölbe von 16 m Weite rechts sogar eine Kurve mit dem Minimalradius von 240 m zur Anwendung gekommen ist, welcher nur noch in zwei andern, besonders schwierigen Fällen auf dieser Linie vorkommt. Die Fahrbahn der Brücke ist eingeleisig und horizontal und liegt auf derselben Höhe, wie die Station Kappel. Die ganze Brücke hat eine Länge von 140,82 m, ihre Höhe über der Gutachsohle beträgt 34 m und die Pfeilhöhe der Hauptöffnung 16,1 m oder ziemlich genau $\frac{1}{4}$ der Weite. Im Scheitel hat das Gewölbe eine Stärke von 2 m und am Kämpfer von 2,8 m, während die obere Breite des Mauerwerks 4,2 m und der seitliche Anzug $\frac{1}{30}$ beträgt. Mit Hilfe kräftiger Konsolen sind die

¹⁾ Die Grossh. Generaldirektion der Badischen Staatseisenbahnen hat in zuvorkommender Weise die Benützung der Festschrift für diese Mitteilung gestattet.