

Zeitschrift: Schweizer Pioniere der Wirtschaft und Technik
Herausgeber: Verein für wirtschaftshistorische Studien
Band: 66 (1995)

Artikel: Ludwig von Tetmajer Przerwa (1850-1905) : Gründer der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, Pionier der Materialprüfung und-forschung
Autor: Zielinski, Jan
Kapitel: Aus der Geschichte der Materialprüfung in der Schweiz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1091172>

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: 19.01.2026

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

Aus der Geschichte der Materialprüfung in der Schweiz

Die Anfänge der Werkstoffkunde wie viele andere schweizerische Errungenschaften, sei es die topographische Karte des ganzen Landes oder die Aussöhnung der beiden verfeindeten Parteien nach dem Sonderbundskrieg von 1847, ebenso das Rote Kreuz¹, gingen von General Guillaume-Henri Dufour aus. Dieser bedeutende Genfer war gleichzeitig ein bekannter Ingenieur, der die Bau Praxis mit theoretischen Überlegungen untermauerte. Seine im Original erhaltenen Aufzeichnungen über experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiet der Festigkeit verschiedener Werkstoffe wurden erst 1947 herausgegeben², im Gegensatz zu seinem Werk *«Description du pont suspendu en fil de fer, construit à Genève»*, das Dufour im Dezember 1823 beendete und bald darauf veröffentlichte. Darin wurden nach den Worten eines zeitgenössischen Spezialisten «das erste Mal eine ganze Reihe von Fragen systematisch untersucht, die im Zusammenhang mit dem Bau von Hängebrücken wesentlich sind». Damit entstand ein «grundlegendes Dokument für die Geschichte der Hängebrücken».³

Erste Stahlseilhängebrücke der Welt

In der Tat erörterte Dufour hier detailliert die Ergebnisse von Untersuchungen, die anlässlich des Baus der ersten Stahlseilhängebrücke der Welt durchgeführt wurden: der Fussgängerbrücke Saint-Antoine in Genf. Dabei ging es um die Belastbarkeit zweier unterschiedlicher Seilarten,

die aus einer französischen Fabrik in Laferrière sowie einer schweizerischen in St-Gingolph stammten. Die Beschreibung der Versuche, die Dufour zusammen mit Macaire, einem Mitglied der Genfer Société de Physique, durchführte, erwies sich als aufschlussreich; das Hauptaugenmerk galt der Frage, ob Kälte ein Stahlseil zu schwächen vermöge. Zu diesem Zweck wurde ein Stück des Seiles in einer beheizbaren Ummantelung platziert, deren künstlich veränderte Temperatur zwischen minus 22,5° und 92,5° Celsius schwankte. Die Untersuchungen ergaben, dass die Temperatur zumindest im Labor auch bei heftigen, plötzlichen Schwankungen von eisigem Frost bis zur Gluthitze nur einen unmerklichen Einfluss auf die Festigkeit des Eisens hatte.

Nach verschiedensten Untersuchungen beschloss Dufour, vor dem Baubeginn eine Modellbrücke zu erstellen, um «den Aktionären und dem breiten Publikum eine genaue Vorstellung des Projekts zu geben».⁴ Die Probebrücke mass 12,60 m in der Breite und wies eine Höhe von 70 Zentimetern auf. Ihre Tragfähigkeit war für das Gewicht von zwanzig Personen berechnet worden; sie fasste jedoch fünfzig Leute und hielt nicht nur Marschschritten, sondern selbst heftigen Sprüngen stand.

Dank der punktuell durchgeführten Belastungsexperimente konnte Dufour bestimmte Regeln zur Befestigung der Brücke und ihrem optimalen Gewicht ermitteln. Diese wandte er in der Folge bei der Realisierung der Hängebrücke an.

Die zweite Broschüre Dufours zu einem ähnlichen Thema stammte aus dem Jahre 1834. Sie trug den Titel «*Description d'un pont construit à Genève d'après un nouveau mode de suspension*» und betraf eine andere von ihm projektierte Genfer Brücke: die Kettenbrücke Pont des Bergues. Auch hier kam die Frage der Belastbarkeitsuntersuchungen auf spektakuläre Weise zur Sprache.

Zwischenfall bei einer Belastungsprobe

Dieses Mal verzichtete der Ingenieur aus Kostengründen auf die vorherige Untersuchung der Gusseisenglieder der Ketten, welche die Brücke später halten sollten. Durchgeführt wurden die Belastungsproben erst am Vortag der Einweihung, die auf den letzten Tag im Dezember 1833 festgesetzt worden war, den Jahrestag der Wiederherstellung der Genfer Republik. Als eine Abteilung die Brücke überquerte, platzte eine der Ketten, obwohl das Gewicht nur einen kleinen Teil der berechneten Maximalbelastung betrug. Der Test wurde weitergeführt, damit die übrigen Joche überprüft werden konnten. Dufour berichtete: «Doch als es zur Realisierung kam, stolperte eines der Pferde, die Fuhrleute verstanden nicht, was ihnen zugerufen wurde; der erste Fuhrmann erwartete den zweiten auf dem dritten Joch, so dass sich dieser zu ihm gesellte, und dort standen sie einen Augenblick gemeinsam da, als sie zu ihrem Schrecken sahen, wie die Fahrbahn unter schrecklichem Krachen einzubrechen begann, wobei die Geschütze, die Pferde und die Menschen an ihren Plätzen blieben. Nur mit viel Mühe gelang es, sie aus ihrer misslichen Lage zu befreien. Zum Glück war die Bruchstelle nicht durchgehend; von acht übrigen Ketten platzten lediglich sieben; die achte

blieb intakt und vermochte allein das ganze Gewicht gut zu tragen; sie dehnte sich jedoch beträchtlich aus, und die Fahrbahn senkte sich ungefähr um acht Zoll.»⁵

Nach diesem Unfall wurde eine Sonderkommission einberufen, die zwei Monate lang im Einsatz blieb. Eine ihrer Aufgaben bestand darin, eine spezielle Maschine zu installieren, welche die Festigkeit der neu geschmiedeten Kettenglieder untersuchte. Dieses Auftrags nahm sich Professor Jean-Daniel Colladon an; er liess, so Dufour, «ein Hebelsystem von grosser Kraft konstruieren, mit dessen Hilfe Glieder von unterschiedlicher Länge problemlos geprüft werden konnten».⁶ Auf diese Weise entstand eine der ersten modernen Festigkeitsprüfmaschinen. Dabei ist noch zu erwähnen, dass der Genfer Colladon (1802–1893) auch der Erfinder des Photometers und der Urheber einer Methode zur Berechnung der Schallgeschwindigkeit war (die entsprechenden Experimente wurden auf dem Genfersee durchgeführt); über zwanzig Jahre lang (1839–1859) lehrte er an der Genfer Akademie theoretische und angewandte Mechanik.

Nach der Prüfung der einzelnen Kettenglieder wurde die Brücke erneut belastet. Um keine Menschen oder Tiere zu gefährden, verlagerte man die Gewichte mit Hilfe eines Seiles. Die Belastung betrug 325 kg/m². Nichts geschah; nur die Oberfläche der Brücke verbog sich unmerklich, doch nach Entfernung der Gewichte nahm sie wieder ihre ursprüngliche Lage ein. Als nächstes wurde aus der Höhe von 1,10 Metern ein mit Wasser gefülltes, 600 Kilogramm wiegendes Fass abgeworfen; es zerschellte, ohne Schaden anzurichten. Die Anwesenden verglichen den Aufprall mit dem Aufklatschen eines überreifen Apfels.

In seinen Schlussfolgerungen unterstrich Dufour, dass man vor dem Bau der Brücke jedes einzelne Kettenglied hätte prüfen müssen. Er schrieb auch, dass an Stahlseilen befestigte Hängebrücken wohl für Unternehmer von Vorteil wären, die auf schnellen Gewinn aus seien, doch sollten bei öffentlichen Bauten Kettenbrücken bevorzugt werden, da sich in ihnen lange Lebensdauer mit Eleganz und harmonischen Proportionen verbinde.

Wie ein zeitgenössischer Technikhistoriker unterstrich, zeugte Dufours Vorgehen bei der Untersuchung der Unfallursache von der aussergewöhnlichen Sorgfalt, mit welcher der künftige General ans Werk ging, gab er sich doch nicht mit der Feststellung der direkten Bruchursache zufrieden, sondern untersuchte alle unterschiedlichen Arten von Kettengliedern und überprüfte zudem das Funktionieren der ganzen Brücke bei wechselnder Gewichtsbelastung und Lage. Die dabei entstandenen Zeichnungen waren «vermutlich die ersten Vermessungen von Gewichtsverteilung in einzelnen Brückengliedern». ⁷

Die erwähnten Beispiele sind ein Beweis dafür, dass Werkstoffprüfungen bereits am Anfang des 19. Jahrhunderts, also in der frühen Phase der technischen Entwicklung, von wachsender Bedeutung waren. Die Ingenieure, die den Brückenbau und andere kühne Unternehmungen überwachten, benötigten nicht nur ein entsprechendes theoretisches Wissen. Ihnen oblag es, benutzte Materialien in systematischer und komplexer Weise zu prüfen, ohne dabei die angeborene Vorstellungskraft zu verdrängen, die hilft, Unerwartetes vorherzusehen und so Katastrophen zu vermeiden. Ausserdem muss man sich den Show-Effekt vergegenwärtigen: Belastungsproben, die mit Publikumsbeteiligung

durchgeführt wurden, trugen dazu bei, dem einfachen Volk die Fortschritte der Technik auf spannende Weise näherzubringen.

Die Wettsteinbrücke in Basel

Auch in Basel wurde verhältnismässig früh die Notwendigkeit erkannt, Materialien, die zum Brückenbau verwendet wurden, auf ihre Festigkeit zu prüfen. Zu diesem Zweck wurde ein entsprechender Apparat entworfen.

1843 weilte der berühmte Ingenieur Joseph Chaley, der Erbauer der grossen Hängebrücke in Fribourg, in der Stadt am Rheinknie; eine Gruppe von Basler Immobilienbesitzern nutzte die Gelegenheit und beauftragte ihn mit der Planung einer neuen Rheinbrücke. Chaley nahm den Auftrag gerne an und präsentierte das Projekt einer 6,60 m breiten, in der Nähe des Harzgrabens gelegenen Hängebrücke, deren Kosten er auf 600'000 Franken veranschlagte. Gleichzeitig legte der Strassburger Ingenieur Lecrom ein anderes Projekt für eine Hängebrücke vor, die am gleichen Ort geplant war und 1,5 Millionen Franken kosten sollte.

Als Experte wurde Oberst Dufour berufen; er empfahl eine Zusammenlegung der Projekte und den Bau einer Brücke, deren Kosten sich auf etwa 700'000 Franken beliefen. ⁸

Der Kampf um die Rheinbrücke, die heute als Wettsteinbrücke bekannt ist, betraf insbesondere zwei Punkte: ihre Neigung sowie die Finanzen. Dufour schlug als erster den Bau einer leicht geneigten Brücke vor. Damit wollte er einerseits Kosten einsparen und andererseits die Steigung der Zufahrtsstrassen vermindern. Aus finanziellen Gründen gelangte jedoch weder das Projekt Chaleys, Lecroms noch Dufours zur Realisierung.

Dem 1855 präsentierten Projekt von Ingenieur Friedrich Stehlin wurde das gleiche Schicksal zuteil. Stehlin schlug den Bau einer horizontalen Steinbrücke mit vier Stützpfählen und fünf ellipsenförmigen Öffnungen von 38,40 m Breite vor.

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten führte Stehlin die Materialprüfungen mit Hilfe eines eigens dafür konstruierten Gerätes durch. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen veröffentlichte er in einer Broschüre, und die Skizze des Apparates stellte er, zusammen mit andere Aspekte seines Projektes betreffenden Zeichnungen, bei der Basler Lesegesellschaft aus.

«Da nun genaue Kenntnis der rückwirkenden Festigkeit der Steine, die zu einem grossen Bau wie der Rheinbrücke verwendet werden, erforderlich ist»,⁹ schrieb Stehlin, lohne es sich, dafür einen speziellen Apparat

zu konstruieren und mit dessen Hilfe die in der näheren Umgebung zur Verfügung stehenden Steine auf ihre Festigkeit zu prüfen.

Der Belastungsapparat Stehlins war sehr einfach konstruiert: Er bestand aus zwei Holzbalken, zwei Flacheisen, einer Schraube mit Mutter sowie einer Waagschale. Das Verhältnis der Längen der beiden Hebelarme betrug 1:10. Der Steinwürfel wurde zwischen den beiden Flacheisen platziert, die Holzbalken wurden mit Hilfe der Mutter genau in parallele Position gebracht, worauf solange Gewichte in die Waagschale gelegt wurden, bis die Steine zersprangen oder zermalmt waren. Das Gewicht des Druckes, der die Zerstörung verursacht hatte, liess sich durch das Summieren dreier Angaben berechnen: das Zehnfache der Beschwerung in der Waagschale, das Zehnfache des Eigengewichts der Schale sowie das Ge-

*Wettsteinbrücke über
den Rhein in Basel,
Baujahr 1879*



wicht des oberen Balkens. Die letzten beiden Werte waren konstant und betrugen zusammen ungefähr 160 Kilogramm. Die Untersuchungen ergaben, dass der Sandstein aus dem nahegelegenen Warmbach die geringste Festigkeit aufwies, da er nur einem Druck von 29 Zentner pro Quadrat Zoll standhielt; als härtester erwies sich ein Kalkstein aus der Gegend von Solothurn, der durchschnittlich 83 Zentnern pro Quadrat Zoll widerstand. Die Abbau- und Transportkosten veranlassten Stehlin dazu, sich für den Sandstein aus dem nahegelegenen Riehen zu entscheiden, der dem Druck von 42 Zentner pro Quadrat Zoll standgehalten hatte.

Der Gesamtkostenvoranschlag Stehlins belief sich auf 2,3 Millionen Franken, wohl mit ein Grund dafür, dass die Brücke damals nicht realisiert wurde. Wegen des Gerätes zur Festigkeitsprüfung von Baustoffen verdiente das Projekt jedoch einen Platz in den Annalen der Materialkunde.

General Dufour erlebte trotz allem eine Rheinüberquerung, wenn auch nicht auf einer Stahlbrücke. Als man 1857 wegen des Neuenburger Handels eine bewaffnete preussische Intervention befürchtete, befahl Dufour, am Harzgraben eine Pontonbrücke zu bauen – hundert Meter von der heutigen Wettsteinbrücke entfernt. Die Schwierigkeiten, die Breite des Rheines und die starke Strömung, wurden von den Militäringenieuren erfolgreich gemeistert.

Bau der oberen Rheinbrücke

Zum Bau einer festen Brücke schritt man erst am Ende der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Es sollte eine gusseiserne Brücke sein. 1877 wurden die besten schweizerischen und ausländischen Firmen auf dem Gebiete der Gusseisenkon-

struktion eingeladen, Offerten einzureichen. Die Sonderkommission, der auch Culmann, Statikprofessor am Polytechnikum, angehörte, entschied sich für das Angebot zweier deutscher Firmen, der Ph. Holzmann & Comp. aus Frankfurt sowie der Gebrüder Benkiser aus Ludwigshafen.

Anlässlich der Brückeneinweihung wurde eine Broschüre herausgegeben, aus der zu erfahren war, dass die eiserne Brückenbogen mittels einer besonderen Maschine im Betrieb der Gebrüder Benkiser in Ludwigshafen hergestellt und nach Basel geschickt worden waren, wo sie an Ort und Stelle genietet wurden. «Mit dem zur Verwendung gelangten Eisen wurden auch wiederholt in Ludwigshafen und Zürich Festigkeitsproben vorgenommen und es ergab sich hierbei, dass die laut Bedingnisheft vorgeschriebene Tragfähigkeit von 3200 Kil. pr. Quadr. cm. nicht nur innegehalten, sondern durchgehend übertroffen wurde», hiess es auf Seite 28 der Broschüre.¹⁰

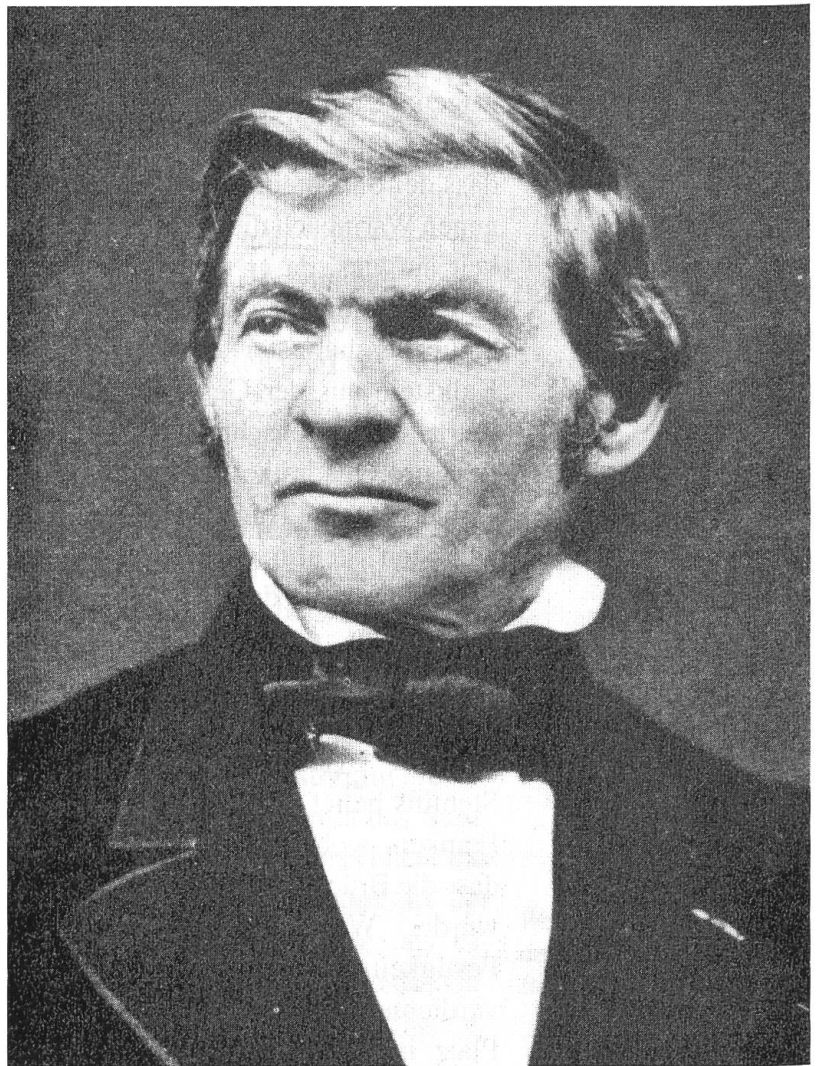
Zum Thema Brückenneigung verfasste der berühmte Basler Gelehrte Jakob Burckhardt 1876 einen offenen Brief, in dem er gegen den Bau einer hohen und stark geneigten Brücke protestierte, die das Aussehen der Stadt «auf alle Zeiten verunstalten würde». In einem späteren Brief bezeichnete er das Brückenprojekt als «ästhetische Infamie».¹¹ Die Reaktion auf diese wie auch andere kritische Stimmen war die Durchbrechung der schrägen Brückensilhouette durch die horizontalen Akzente der Postamente (Sockel) und die berühmten Basiliken (Fabeltiere), die erst während der 1939 abgeschlossenen Verbreiterung und Modernisierung der Brücke entfernt wurden. Auch bei dieser Brückenerneuerung spielten die Untersuchungen der Werkstoffe eine grundlegende Rolle. In erster Linie

wurden verschiedene Spannungsmessungen vorgenommen, was zum Ergebnis führte, dass die Konstruktion keineswegs ermüdete und deshalb imstande war, eine breitere und zudem schwerere Brücke zu tragen. Die ganze bisherige Oberfläche wurde in eine Fahrbahn umgewandelt, und seitlich wurden Fussgänger- und Radwege angebaut. Um die alte Brücke nicht übermässig zu strapazieren, stützte man die neue Brückenkonstruktion mit Hilfe durchlaufender Balkenträger mit gewölbtem Untergurt.

Werder und seine Festigkeitsprüfmaschine

Von Colladons 1834 in Genf geplanter und ausgeführter Maschine blieben kaum Spuren übrig, ebenso wenig von jener Stehlins, die 1855 in Basel entstanden war. Im Gegensatz dazu ist die universelle Maschine zur Festigkeitsprüfung von Baumaterialien, die nach einer Idee von Johann Ludwig Werder (1808–1885) konstruiert wurde, erhalten geblieben.

Werder wurde in Narva bei St. Petersburg geboren, wo sein aus Küsnacht am Zürichsee stammender Vater eine Schankwirtschaft gepachtet hatte. Früh verwaist, kehrte er nach Küsnacht zurück, wo er in der Schlosserwerkstatt seines Onkels dessen Handwerk erlernte. Als Geselle ging er auf Wanderschaft zuerst nach Salzburg, dann nach Bayern, wo er einige Jahre (1845–1848) im Staatsdienst stand. Danach amtierte er als Leiter der Klett & Co., die sich im Laufe der Zeit zur berühmten Maschinenbau AG Nürnberg weiterentwickeln sollte. Eines seiner Werke war eine Eisenbahnbrücke über die Isar in Grosshesselohe bei München. 1867 erfand Werder das Hinterladergewehr, das sich durch eine besonders schnelle Ladefähigkeit auszeichnete. Im französisch-preussischen Krieg war die



bayerische Armee mit dieser Waffe ausgestattet. Während der Manöver erwies sich, dass aus Werders Gewehr eine grössere Anzahl Schüsse pro Minute abgegeben werden konnte als aus den Waffen der preussischen Verbündeten. Seither besteht in der deutschen Sprache die Redensart: «So schnell schiessen die Preussen nicht.» Ein solches Gewehr wird im Ortsmuseum Küsnacht aufbewahrt.¹²

Von besonderer Wichtigkeit war jedoch der von Werder erfundene Apparat zur Materialprüfung, der beim Brückenbau zum Einsatz kam. Werder konstruierte ihn 1852 und verbesserte ihn später mehrfach. 1853 veröffentlichte der Oberbaudirektor des Königreiches Bayern, Friedrich August von Pauli, die überaus präzisen Messergebnisse, die mit Hilfe von Werders Maschine erzielt werden

Johann Ludwig Werder (1808–1885), Erfinder des Hinterladergewehrs, Erbauer der Festigkeitsprüfmaschine, 1852

konnten. 1854 erhielt der Apparat eine Auszeichnung an der Münchner Ausstellung.

Die Maschine wurde entweder am Bauort selbst angewendet, so etwa im Falle der bereits erwähnten Isarbrücke und der Rheinbrücke in Mainz, oder in der Klett-Fabrik. Diese Methode bot Gewähr, dass sich in den Firmenprodukten Theorie und Praxis harmonisch verknüpften, indem die erstere fortlaufend durch die zweite bestätigt wurde.

Eine ganze Reihe interessanter Details über die erste Einsatzphase der Werderschen Prüfmaschine in der Schweiz sind einem nicht gezeichneten Artikel zu entnehmen, der am 2. Juli 1875 in der Zeitschrift «Die Eisenbahn» erschien. Daraus ist zu ersehen, dass sich gleich nach der Gründung des Polytechnikums in Zürich im Jahre 1856 die Ingenieur-, Maschinenbau- und Geologieprofessoren vergeblich um einen Kredit für den Ankauf einer Werderschen Prüfmaschine bemühten, die für Forschungs- und Übungszwecke vorgesehen war. Zehn Jahre später sollte sich Professor Culmann als erfolgreicher erweisen; er erlangte von der Regierung für den Bau einer solchen Maschine einen Kredit in Höhe von 15'000 Franken. Dieser Erfolg Culmanns stand in unmittelbarem Zusammenhang mit einer permanenten Musterausstellung von Baumaterialien, die 1864 von den Direktoren einiger Eisenbahngesellschaften ins Leben gerufen worden war. Der Zugänglichkeit halber richtete man diese Ausstellung im solothurnischen Olten ein, der «Drehscheibe der Schweiz».¹³

Permanente Ausstellung in Olten

Der Oltener Ausstellungskatalog enthielt folgende Rubriken: Nummer, Länge, Breite, Höhe, Festl., Preis, Gegenstand, Ort des Vorkommens,

Aussteller. Fast alle Sparten waren vertreten, manchmal fehlte der Preis. Einzig in der Rubrik «Fest.» erschienen im ganzen Buch durchwegs vier Pünktchen als Auslassungszeichen. Den einleitenden Bemerkungen war folgendes zu entnehmen: «Die Festigkeitsbestimmungen, für die eine Rubrik «Fest.» offen gelassen ist, können erst nach Ausstellung der von der h. Bundesversammlung hierfür bewilligten Maschine aufgenommen werden.»¹⁴ Weiter erwähnte der Autor verschiedene Institutionen, die zum Ausstellungserfolg beigetragen hatten, und meinte: «Die Eidgenossenschaft unterstützt das Unternehmen durch Bewilligung eines Credits für Anschaffung einer Maschine zur Bestimmung der Festigkeit der Baumaterialien, die vorerst in Olten aufgestellt und später dem eidg. Polytechnikum übergeben werden soll.»¹⁵

Der Katalog erschien im Frühjahr 1866; erst im September wurde die Werdersche Prüfmaschine installiert. Diese komplizierte Einrichtung erlaubte es, Materialproben zusammenzupressen, auseinanderzuziehen, zu biegen und zu zerreißen. Dank Niklaus Riggensbach, dem Direktor der Eisenbahnwerkstätten, blieb es nicht ausschliesslich bei der Überprüfung von Ausstellungsmaterialien; durchreisende Baumeister konnten ebenfalls davon profitieren und gegen geringes Entgelt die optimalen Ausmasse von Trägerelementen bestimmen oder entsprechende Materialien auswählen. Unter der Leitung von Professor Culmann wurden in Olten vor allem Erzeugnisse aus Eisen, Stahl und Bronze geprüft.

Im Mai 1867 publizierte der Bundesrat einen offiziellen Bericht über die Maschine. In diesem wurde als Lieferantin die Firma Klett & Co. genannt. Die Hälfte des Kaufpreises wurde nach Lieferung des Gerätes be-

zahlt, der Rest nach der erfolgreichen Endabnahme, an der die Professoren Culmann und Schröter sowie Direktor Riggenbach teilnahmen. Den kostenlosen Transport auf dem Gebiet der Schweiz übernahmen die Nordost- und die Centralbahn.

1869 – anderen, späteren Quellen zufolge 1871 – wurde die Werdersche Prüfmaschine zerlegt und in Zürich wieder zusammengebaut; aufgestellt wurde sie in den Maschinenwerkstätten der Nordostbahn.

Der Artikel in «Die Eisenbahn» schloss mit einem Aufruf an die Schweizer Architekten, Ingenieure und Mechaniker. Sie sollten bei der Redaktion der Wochenzeitschrift den Bedarf nach Baumaterialprüfung anmelden, «worauf wir entsprechende Schritte thun werden». Vorläufig sei die Autorenschaft des Artikels nicht näher untersucht; mit Sicherheit kann jedoch gesagt werden, dass ihm eine Schlüsselbedeutung bei der Gründungsidee einer Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt zukam; die Gemeinschaft der Schweizer Techniker wurde zu dem Zeitpunkt zum Mitmachen aufgefordert, als in den Werkstätten der Nordostbahn offensichtlich kein Verständnis für die Werdersche Maschine und den Wert ihrer Prüfungen vorhanden war. Die lebhafteste Nachfrage nach weiteren Untersuchungen sollte – in demokratischem, schweizerischem Geiste – zum Prüfstein der Idee einer Institutsgründung werden, welche die komplexe, wissenschaftliche Ausführung von Festigkeitsprüfungen gewährleisten würde.

Zunehmendes Interesse der Fachwelt

Die Werdersche Prüfmaschine zog die Aufmerksamkeit der Ingenieure auf sich. 1867 wurde sie von dem auf

das Anfertigen sogenannter Maschinen- und Geräte-Atlanten spezialisierten Zürcher Polytechnikum-Professor J. H. Kronauer genauestens abgebildet und beschrieben. Diese Darstellung erschien im vierten Band von Kronauers «*Maschinenzeichnungen*» und kam damals auch als Einzelbroschüre heraus.

Als erstes wies Kronauer auf die Tragweite von Werders Erfindung hin. Früher hatte man aus jeder Partie von Baumaterialien 1 bis 1,5 Prozent der Elemente im Losverfahren ausgewählt und sie mechanischen Belastungsprüfungen, dem Zusammenquetschen und Auseinanderziehen, ausgesetzt. Die geprüften Elemente wurden dabei zerstört: Man zog so lange, bis sie auseinanderbrachen. Dank ihrer Bestimmungsgenauigkeit des Elastizitäts-Koeffizienten und dank der behutsamen Behandlung des Prüfobjektes erlaubte die Werdersche Maschine eine Messung, ohne die Materialien dabei zu zerstören.

Ohne auf die technischen Details von Kronauers Beschreibung und die hervorragenden Zeichnungen verschiedener Maschinenquerschnitte einzugehen, sei hier nur erwähnt, dass der Autor den von Werder selbst gebauten Apparat als «ein wahres Meisterstück» bezeichnete – das Oltener Exemplar «ist noch weiter ausgebildet, weicht indessen nur in wenigen Details von jener ab».¹⁶ Eine der nächsten beiden, in Nürnberg hergestellten Werderschen Prüfmaschinen kaufte die Firma Schneider & Comp. für ihre Hütte in Creusot.

Ein Vergleich des «historischen» Teils von Kronauers Broschüre mit dem oben erwähnten nichtsignierten Artikel in «Die Eisenbahn» zeigt, dass sich beide Texte fast vollständig decken – einzig die Beschreibung von Werders Erfindung fehlt. Darum gibt es keinen Zweifel, dass der Autor die-

ses wichtigen Artikels Professor Kronauer heisst.

An der Sitzung des technischen Vereins Winterthur hielt am 22. Dezember 1876 der Ingenieur J. J. R. (vermutlich Johann Jakob Rebstein) einen Vortrag über die Werdersche Prüfmaschine. Dabei fiel zum ersten Mal die später übliche Bezeichnung «eidgenössische Festigkeitsmaschine». Von der Broschüre Kronauers ausgehend, zitierte der Autor eine beeindruckende Menge von Zahlenangaben über die hohe Präzision des Apparates. Dann erinnerte er kurz an den Werdegang des eidgenössischen Exemplars dieser Erfindung: die anfänglichen Bemühungen der Polytechnikums-Professoren, die grosszügige Geste des Bundesrates, den dreijährigen Einsatz der Maschine in Olten und schliesslich ihren Umzug nach Zürich, wo sie bis zu diesem Zeitpunkt nicht zusammengesetzt worden war. Von dem vorhergehenden Artikel in «Die Eisenbahn» unterschied sich der Winterthurer Vortrag nur in einer Hinsicht: Im ersten wurde Professor Culmann überschwenglich gelobt, im zweiten scharf kritisiert, vor allem deshalb, weil er entgegen seinen Ankündigungen die Ergebnisse der in Olten durchgeführten Untersuchungen nicht publiziert hatte, ausserdem auch dafür, dass Culmann, «derzeit <Director> der Festigkeitsmaschine», nicht auf die schriftlichen Anfragen des Vortragenden reagierte, womit dieser in Erfahrung hatte bringen wollen, was wohl der Aufstellung und dem Gebrauch der Maschine im Wege stünde.

Rebstein bedauerte, dass man sich, um einigermaßen repräsentative Ergebnisse von Materialprüfungen zu erhalten, an das Laboratorium von Professor Bauschinger in München wenden müsse, das mit der gleichen Maschine ausgestattet sei wie Zürich.

1875 hatte die Direktion des Gewerbemuseums in Winterthur vorgeschlagen, die Maschine auf ihrem Gelände aufzustellen, jedoch erfolglos. Die Inbetriebnahme der Maschine indessen – so die Argumentation Rebsteins – brächte dem ganzen Land grosse Vorteile. Man könnte nicht nur darauf verzichten, Proben nach München zu senden, und die entsprechenden Kosten sparen; zudem würden die fremden Hersteller keine Baumaterialien von minderer Qualität mehr in die Schweiz schicken. Der Vortrag schloss mit der einstimmig angenommenen Resolution:

«Der technische Verein Winterthur beauftragt seinen Vorstand an geeignetem Ort sich energisch dafür zu verwenden, dass endlich die vor 10 Jahren vom hohen schweizerischen Bundesrath für die Summe von 15'000 Franken angeschaffte Maschine zum Probiren der Festigkeit der Materialien (System Werder) in Thätigkeit gesetzt werde, um sowohl für Theorie als Praxis ihre anerkannt werthvollen Dienste zu leisten.»¹⁷

Im September 1877 wurde auf Verlangen der Zürcher Sektion des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins die Werdersche Maschine provisorisch in der Pumpstation des Zürcher Wasserwerkes im Lettenquartier installiert. Am 30. Sept. konnten sich die Teilnehmer des jährlich stattfindenden Vereinstreffens mit der Arbeitsweise der Maschine vertraut machen. Die Erklärungen gab Professor Rudolf Escher. Man führte Tests mit Holz- und Sandsteinwürfeln durch, prüfte diese auf ihre Druckfestigkeit und mit Hilfe von Eisenschienen auf ihre Zugfestigkeit. Für mehr reichte die Zeit nicht aus.¹⁸

Das weitere Geschick der «eidgenössischen Festigkeitsmaschine» war unmittelbar mit der Person Ludwig Tetmajers und der von ihm ge-

wissermassen um diesen Apparat herum gegründeten Anstalt zur Materialprüfung verbunden.

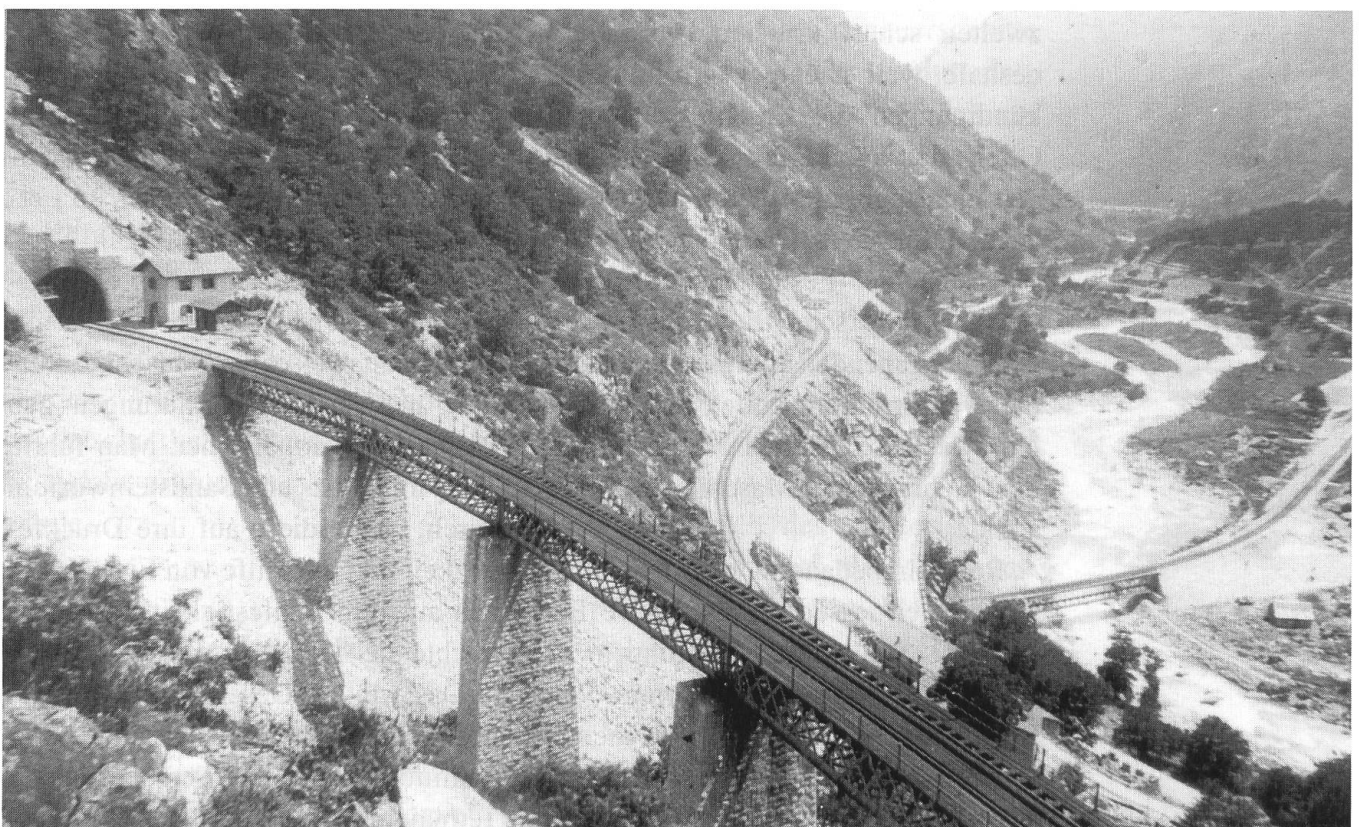
Materialprüfungen beim Bau der Gotthardbahn

Der Bau der Eisenbahnlinie durch das Gotthardmassiv, eine der kühnsten technischen Unternehmungen des 19. Jahrhunderts, ging nicht ohne Schwierigkeiten vonstatten. Oft resultierten diese aus der Anwendung neuer, noch nicht erprobter Baumaterialien und Hilfsmittel. So explodierte das Dynamitlager in der Nähe von Ascona 1874 zweimal. Der Bundesrat veranlasste daraufhin eine Expertise, die im «Bundesblatt» und der Fachzeitschrift «Die Eisenbahn» (vom 26. November 1875) veröffentlicht wurde. Das Gutachten war von einem Militärfachmann erstellt worden, unterschrieben hatte es der Bundespräsident; darin wurden die Massnahmen festgelegt, die in der Schweiz bei der Lagerung von Nitroglyzerin und Dynamit künftig zur Anwendung kommen sollten.

1882, als die zehn Jahre dauernden Bauarbeiten abgeschlossen waren und die Gotthardbahn eröffnet wurde, erschien in Hottingen bei Zürich, vermutlich im Eigenverlag des Verfassers, die Broschüre «Die Nobel'schen Nitroglycerin-Präparate. Mit Berücksichtigung der Erfahrungen beim Bahnbau am St. Gotthard». Als Autor zeichnete L. Tetmajer, «Ingenieur, Professor am schweizerischen Polytechnikum, Vorstand der eidgenössischen Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien».

Lässt der Titel noch die Frage offen, ob der Inhalt selbst erarbeitet wurde oder ob er auf fremden Erfahrungen gründete, so geht aus der Lektüre eindeutig hervor, dass Tetmajer die Messungen und Beobachtungen am Bauort selbst durchgeführt hatte; er beabsichtigte, die Wirkung des Dynamits bei vorheriger Anwendung von Nobel'schem Dynamit (Guhrsdynamit) zu beschreiben. An einer bestimmten Stelle schilderte Tetmajer sogar eindringlich und witzig die Geruchseindrücke bei der Explosion

*Gotthard-Bahn,
Viadukt bei Giornico*



Die
Nobel'schen Nitroglycerin-Präparate.

Mit Berücksichtigung der Erfahrungen beim Bahnbau
am St. Gotthard

zusammengestellt

von

L. Tetmajer,

Ingenieur, Professor am schweizerischen Polytechnikum,
Vorstand der eidgenössischen Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien.

Hottingen-Zürich.

Druck von Heinrich Zürcher.

1882.

Tetmajers Schrift von 1882 über «die Nobel'schen Nitroglycerin-Präparate (mit Berücksichtigung der Erfahrungen beim Bahnbau am St. Gotthard)»

von Nitroglycerin: «Der Berichterstatte hatte wiederholt Gelegenheit, unmittelbar nach Abfeuerung der Minen Gelatinegase vor Ort zu geniessen; sie wirkten beengend, reizten nur unbedeutend zum Husten, waren aber durchaus erträglich.»¹⁹

Im ersten Kapitel gab der Verfasser eine kurze Darstellung der durchschlagenden Erfindung Alfred Nobels, indem er die Gründe für das Mischen von reinem Dynamit mit anderen Substanzen anführte sowie die Eigenschaften der so entstehenden Explosionsstoffe erläuterte. Das nächste Kapitel betraf die Messung der Sprengkraft dieser Mittel. Dabei orientierte sich Tetmajer an in

Oesterreich durchgeführten Messungen. Schliesslich kam der Autor zum eigentlichen Thema: der Anwendung von Dynamit und Sprenggelatine beim Bau der Gotthardbahn. Er beschrieb die beim Transport vorgekehrten Sicherheitsmassnahmen, die verhindern sollten, dass die mit Dynamit und Gelatine gefüllten Sprengstoffkisten aneinander oder gegen die Waggonwände stiessen. Dann zitierte er die Amtsvorschriften zu den Transport- und Lagerungsregeln betreffend Explosionsstoffe und unterstrich dabei den Grundsatz: «Ordnung und Reinlichkeit sollen in jedem Magazin herrschen.»²⁰

Tetmajers Auseinandersetzung mit moderner Sprengtechnik

Dynamit und Gelatine verfestigen sich bei einer Temperatur von sechs bis sieben Grad Celsius. Somit stellte die erneute Verflüssigung der gelierten Substanzen zusätzliche Anforderungen. Tetmajer beschrieb eine ebenso einfache wie originelle Methode, die darauf beruhte, dass die Kiste mit Dynamit in ein spezielles Fass gesteckt wurde; dieses vergrub man an einem abgelegenen Ort und bedeckte es mit frischem, warmem Pferdemit.

Es oblag der besonderen Obhut von Werkstoffspezialisten, die Sprengladungen zu zünden. Diese wurden in Bohrlöcher eingeführt, die, nebenbei bemerkt, mit Bohrmaschinen nach dem Ferroux-Prinzip hergestellt wurden, angetrieben mit Pressluft ähnlich wie die Lokomotiven für den Abbruchtransport nach dem Prinzip des polnischen Ingenieurs Mekarski. Dabei galt es zu beachten, dass der Sprengstoff die Bohrlochöffnung möglichst vollständig ausfüllte. Manchmal jedoch blieb die Explosion aus. Tetmajer zählte gewissenhaft die möglichen Ursachen dafür auf und er-

wähnte auch die unerwarteten Explosionen, die oft zu tödlichen Unfällen führten. Ausserdem unterstrich er die Überlegenheit der Nitrogelatine gegenüber dem herkömmlichen Dynamit.

Aus den detaillierten Berechnungen Tetmajers geht hervor, dass Nitroglyzerin nicht nur billiger ist, sondern dass seine Verwendung auch zu einer bedeutenden Beschleunigung der Tunnelbauarbeiten führen kann. Auf diese Weise ermöglichten seine während des Baus vor Ort durchgeführten Studien eine Verbesserung der Arbeitstechnik und eine Verkürzung der Bauzeit.

Die Gotthardbahn war ein internationaler Schienenweg, der die industrialisierten Staaten Nordeuropas mit Italien verband. So ist es nicht weiter

verwunderlich, dass man auch auf der italienischen Seite an den technischen Aspekten des Baues Interesse zeigte. Bereits 1882 erschien die ins Italienische übersetzte Broschüre Tetmajers in Rom.²¹

Guillaume-Henri Dufour hatte die Materialkunde in der Schweiz begründet. Wer jedoch aus dieser technischen Hilfsdisziplin ein universelles Werkzeug schuf, das in verschiedenen Bereichen zum Einsatz kam und das sich sowohl in der Baupraxis wie auch in der Theorie als hilfreich erwies, war Ludwig von Tetmajer. Es wird Zeit, das Augenmerk auf diesen Einwanderer aus dem Osten zu richten, dem die EMPA ihre Gründung und die ersten Jahrzehnte ihrer Blüte verdankt.

«In hoher Lage über der Stadt, weithin sichtbar, erhebt sich das Hauptgebäude, das die eidg. polytechnische Schule enthält», fertiggestellt 1864 nach einem Projekt von G. Semper. Radierung nach einer Zeichnung von G. Semper und Wolf.

