

# Friedrich August von Pauli

Pionier des Eisenbahnbrückenbaus in Süddeutschland  
Von Helmut Hiltz

Süddeutschlands Ingenieurbauwesen, vor allem der frühe Eisenbahnbau, wurde im 19. Jahrhundert wesentlich durch Friedrich August von Pauli geprägt. Insbesondere durch den nach ihm benannten Pauli-Träger bleibt sein Name dauerhaft mit der Konstruktion von Eisenbahnbrücken verbunden. Doch Pauli war nicht nur im Bauwesen tätig, sondern nahm auch eine Vielzahl von Verwaltungsaufgaben wahr und unterrichtete. So zählten zum Beispiel Karl Culmann und Heinrich Gerber – zwei ebenfalls sehr bedeutende Ingenieure – zu seinen Schülern.

Civil engineering in Southern Germany, above all during the early development of the railways, was quite essentially influenced by Friedrich August von Pauli. His name, in particular with the Pauli-Girder (fish-belly girder), remains permanently connected with the construction of railway bridges. Pauli, however, was active not only in construction but undertook a multitude of administrative duties and also taught. So it was, for example, that Karl Culmann and Heinrich Gerber – themselves later prominent engineers – counted among his students.

Geboren wurde Friedrich August Pauli am 6. Mai 1802 nahe Worms als Sohn eines Pastors. Bereits im Alter von 15 Jahren verließ er das Gymnasium und ging für einige Jahre nach Großbritannien. In Manchester kam er zum ersten Mal enger mit Industrie und Technik in Berührung, als er eine Ausbildung zum Mechaniker absolvierte. Der bekannte Physiker John Dalton (1766 – 1844) unterrichtete ihn in Mathematik und Physik. Von Manchester ging Pauli 1821 nach Göttingen, um Mathematik zu studieren. Darüber hinaus befasste er sich mit Chemie und Architektur, wobei er auch die damals bekannten Grundlagen der Statik kennen gelernt haben dürfte. Mit dieser Ausbildung bestand er jedenfalls vier Jahre später in München die Prüfung für den bayerischen Baudienst. Bald darauf wurden in der bayerischen Metropole große Hoffnungen auf Pauli gesetzt: Viele sahen in ihm den geeigneten Nachfolger des durch die Entdeckung der Spektrallinien international bekannt gewordenen Physikers Joseph von Fraunhofer (1787 – 1826). Pauli entschied sich jedoch nach Fraunhofers Tod endgültig für das Bauwesen. Sein Werdegang zeigt deutlich, wie wenig reglementiert zu dieser Zeit das naturwissenschaftlich-technische Bildungswesen noch war. Der Übergang von der Mathematik zum Bauwesen war noch ohne Hindernisse möglich.

**Bildungswesen** In den Jahren bis 1833 arbeitete Pauli zuerst in der Saline Reichenhall. Später führte er Vermessungen für den Ludwig-Donau-Main-Kanal durch – ein ehrgeiziges Projekt, durch das Donau und Main verbunden werden sollten. Anschließend kam Pauli, dessen technisches Talent klar erkannt wurde, als Oberingenieur zur Obersten Baubehörde Bayerns.

**1 Der hohe Preis des Eisens zwang die Brückenkonstrukteure des 19. Jahrhunderts, möglichst materialsparende Tragwerke zu wählen. Aus diesem Grund wurden viele Eisenbahnbrücken mit linsenförmigen Pauli-Trägern errichtet**





2 Friedrich August von Pauli im Jahr 1860

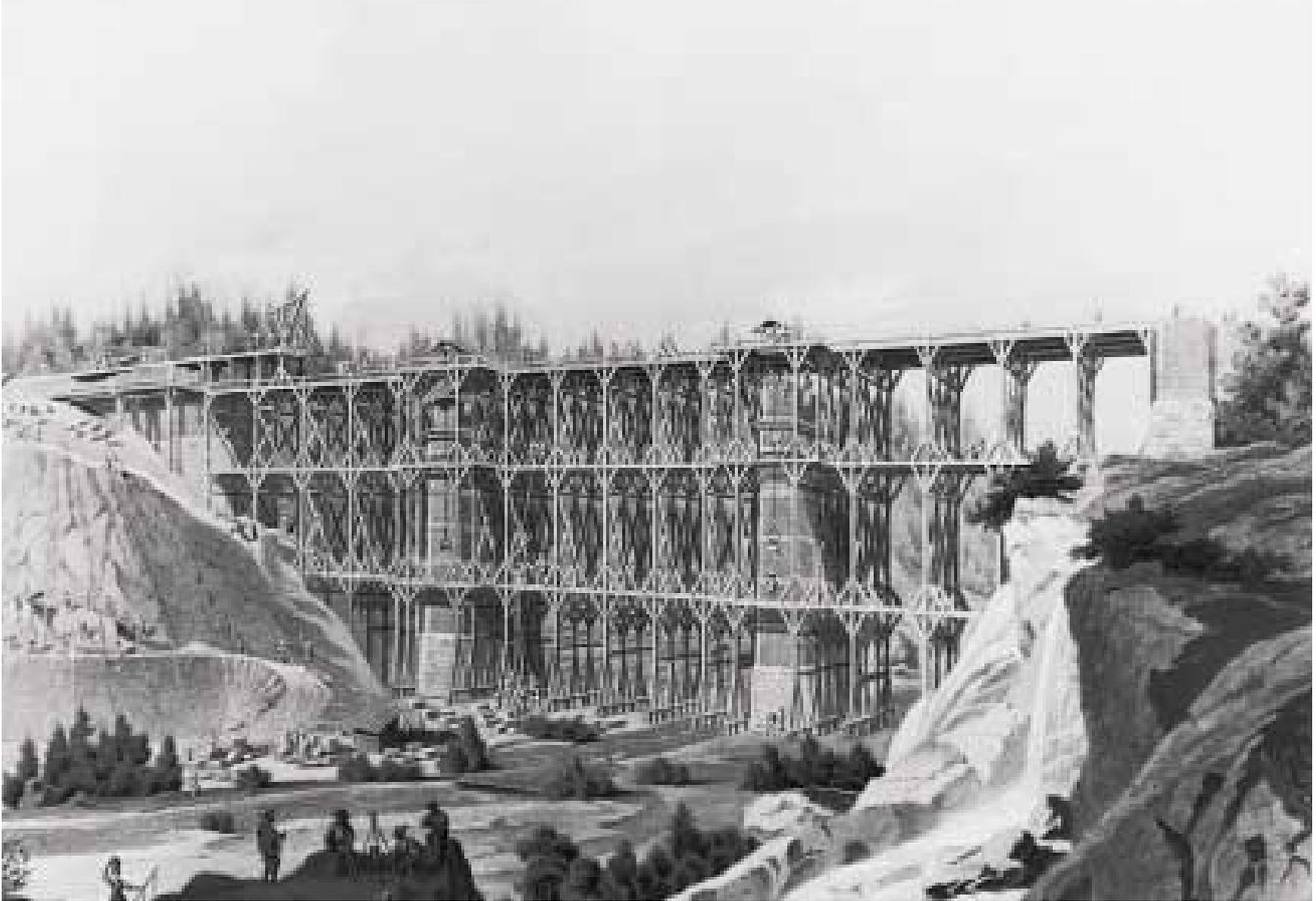
Die Regierung nahm die Herausforderungen der langsam in Gang kommenden Industrialisierung deutlich wahr. Sie versuchte deshalb, die wenigen geeigneten Techniker auch für Lehraufgaben zu gewinnen. Pauli übertrug man den an der Münchner Universität neu eingerichteten Lehrstuhl für Höhere Mechanik, Straßen-, Brücken- und Wasserbau. Gleichzeitig übernahm er die stellvertretende Leitung der ebenfalls neu gegründeten Polytechnischen Schule. Während der Studiengang an der Universität mangels Studenten bald wieder eingestellt wurde, entwickelte sich die Polytechnische Schule – der Nukleus der heutigen Technischen Universität München – sehr erfolgreich. Pauli leitete den 1840 neu etablierten Ingenieurkurs und richtete die Schule stark auf das Bauwesen aus. Auf diese Weise prägte er vor allem in den dreißiger und vierziger Jahren die Entwicklung des technischen Bildungswesens in Bayern ganz entscheidend mit.



**Eisenbahnbau** Mit der 1835 eröffneten Eisenbahnlinie zwischen Nürnberg und Fürth begann in Deutschland das Eisenbahnzeitalter. Der Plan der bayerischen Regierung, das Eisenbahnnetz auszubauen, führte 1841 zur Einrichtung der Eisenbahnbaukommission, deren technische Leitung Pauli übernahm. Im Eisenbahnwesen noch unerfahren, reiste er 1843 – 44 zu Studienzwecken nach Großbritannien. Während dieser Reise traf er auch Robert Stephenson (1803 – 59), einen der damals bekanntesten britischen Ingenieure. Bei Paulis erstem Großprojekt handelte es sich um den schon 1841 begonnenen Bau der Ludwigs-Süd-Nordbahn, die von Hof über Nürnberg und Augsburg nach Lindau am Bodensee führte. Die Strecke verband die wichtigen Gewerbestädte Bayerns untereinander und mit dem Ausland. Etwa zeitgleich erfolgte die Errichtung der Bahnlinien von Bamberg nach Aschaffenburg sowie von Augsburg nach Ulm. Von 1852 – 60 leitete Pauli den Bau der Linien München – Salzburg und Rosenheim – Kufstein, welche die Verbindung mit dem österreichischen Eisenbahnnetz herstellten. Daneben projektierte er noch die Strecke von Nürnberg über Regensburg nach Passau. Pauli gilt damit zurecht als »Schöpfer der bayerischen Staatseisenbahnen« [1]. Die in weniger als zwei Jahrzehnten erfolgte Fertigstellung dieser Bahnlinien war eine große, noch heute beeindruckende organisatorische und technische Leistung. Paulis enormes Geschick bei der Durchführung dieser Großprojekte, bei denen Tausende von Arbeitern beschäftigt waren, verschaffte ihm einen hervorragenden Ruf in der Fachwelt. International zählte er zu den angesehensten Kapazitäten im Eisenbahnwesen. Wiederholt beriet er in den vierziger und fünfziger Jahren beispielsweise die Schweiz in Fragen des Eisenbahnbaus [2].

**Holzbrücken** Der Bau der genannten Eisenbahnlinien brachte eine Fülle, in dieser Form bisher unbekannter bautechnischer Herausforderungen mit sich: Zum Beispiel stieg die Zahl der notwendigen Brückenbauten stark an, da sich Eisenbahnstrecken

3 Die Laiblachbrücke war eine von drei Holzbrücken auf der Eisenbahnlinie Augsburg – Lindau, die Pauli nach dem Vorbild der »amerikanischen Gitterbrücken« von William Howe konstruiert hatte



der Landschaft wesentlich weniger anpassen können als Straßen. Allerdings genügten die vor Beginn des Eisenbahnbaus allgemein verbreiteten Konstruktionssysteme nicht für die Anforderungen des Eisenbahnverkehrs, weshalb die Ingenieure gezwungen waren, Neuland zu betreten. Bei der Entscheidung über das zu verwendende Konstruktionssystem spielten jeweils die örtlich verfügbaren Baumaterialien, die Lage der Baustelle und die Größe der zu errichtenden Brücke eine entscheidende Rolle [3].

Steinbrücken waren aufgrund der langen Bauzeit zu teuer und für Eisenkonstruktionen reichten die Erfahrungen noch nicht aus. Daher entwickelten vor allem in den vierziger Jahren viele Bauingenieure Brücken aus Holz. Die für den Eisenbahnverkehr geeigneten Holzbrückensysteme stammten überwiegend aus den USA: Das von William Howe (1803 – 52) entwickelte System verband hohe Tragfähigkeit mit großen Spannweiten und einer wirtschaftlichen Bauweise. Der Holzbrückenbau kann als eines der frühesten Beispiele eines US-amerikanischen Technologietransfers nach Europa gelten. Da Holzbrücken durch den Funkenflug der Eisenbahn gefährdet waren, spielte ihr Bau in Deutschland aber nur bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts eine wichtige Rolle. Vereinzelt wurden Eisenbahnbrücken in Holzbauweise jedoch auch noch in den siebziger Jahren errichtet.

Beim Bau des durch das Allgäu führenden Abschnitts der Linie Hof – Lindau entschied sich auch Pauli für den Bau von drei größeren »amerikanischen Gitterbrücken« [4]: Dabei handelte es sich zum einen um die 27 Meter hohe Laiblachbrücke bei Maria-thann mit einer Öffnung von 40 Metern und zwei Öffnungen von 27,5 Metern lichter Weite (Bild 3); gefolgt von der 32,7 Meter hohen Brücke über den Ellhofer Tobel mit drei Öffnungen von

zusammen 87,7 Metern lichter Weite (Bild 4); und zu guter Letzt die Illerbrücke bei Kempten mit drei Öffnungen, einer Höhe von 33,6 Metern und einer Gesamtlänge von 113,8 Metern. Pauli verwendete Tannen-, Eichen- und Lärchenholz, die Zugstangen und Auflager wurden aus Schmiede- beziehungsweise Gusseisen hergestellt. Diese Gitterbrücken bewährten sich jahrzehntelang, erst um 1880 wurden sie teilweise durch Eisenkonstruktionen verstärkt oder ersetzt. Die Kemptener Illerbrücke blieb, abgesehen von einer 1879 angebrachten stählernen Verstärkungsstruktur, unverändert erhalten. Heute dient sie als Fußgängersteg. Wie das nachfolgende Zitat belegt, war das bei diesen Brücken verwendete Konstruktionssystem durch die Nordamerikareise des österreichischen Ingenieurs Carl Ghega (1806 – 60) in Deutschland bekannt geworden: »Die hölzerne Brücke, welche hier« (Anmerkung des Autors: in Kempten) »über das Thal führen soll, ist nach der Zeichnung entworfen, welche der Inspektor der k. k. oesterreichischen Eisenbahnen Carl Ghega von der Brücke über den Connecticutfluß bei Springfield aufgenommen hat und es würden hiebei die Grundsätze beachtet, welche derselbe in seiner Schrift »Ueber den americanischen Brückenbau und Berechnung des Tragvermögens der Howe'schen Brücken« aufgestellt hat.« [5].

**Eisenbrücken** Während Pauli für den Bau der Eisenbahnbrücken im Allgäu amerikanische Vorbilder aufgriff, beschritt er bei der Konstruktion der ersten eisernen Eisenbahnbrücke Bayerns bei Günzburg neue Wege (Bild 5). Die von Karl Culmann (1821 – 81) wenige Jahre zuvor entwickelte Fachwerktheorie bildete dafür die mathematische Basis.

**4 Brücke über den Ellhofer Tobel: Die Errichtung der hohen Gerüste für den Bau der Trägerkonstruktion zählte zu den schwierigsten Aufgaben des frühen Eisenbahnbrückenbaus**



**5** Brücke bei Günzburg: Mit der 1853 fertig gestellten ersten Eisenbrücke Bayerns hatte Pauli neue Wege beschritten. Diese frühe Form des Pauli-Trägers war statisch allerdings noch nicht ausgereift

Culmann, der von 1841 – 55 in der Eisenbahnbaukommission ein enger Mitarbeiter Paulis war, bereiste auf dessen Veranlassung hin 1849 – 50 Großbritannien und die USA, um Ingenieurbauten zu besichtigen. Nach seiner Rückkehr entwickelte er seine Fachwerktheorie. Einer der wesentlichen Beiträge zur Statik des 19. Jahrhunderts ist damit letztlich der Förderung Culmanns durch seinen Vorgesetzten Pauli zu verdanken [6].

Während Ingenieure in anderen deutschen Staaten, die ebenfalls mit dem Eisenbau experimentierten, das Howesche System als Eisenkonstruktion ausführten, wandte Pauli in Günzburg den Eisenbau auf den Fischbauchträger an. Vor ihm hatten bereits um 1830 George und Robert Stephenson in England, Prosper D'Ébia in Frankreich und Georg Laves in Deutschland Brücken mit fischbauchförmigen Trägern errichtet. Dennoch sollte Paulis Name dauerhaft mit dem von ihm verbesserten Fischbauchträgersystem verbunden bleiben: Bei dem so genannten »Pauli-Träger« weisen Ober- und Untergurte überall den gleichen Querschnitt auf. Durch die symmetrische, linsenförmige Form herrscht an allen Stellen die gleiche Spannung. Da die Bauteile nach den auftretenden Spannungen bemessen werden, lassen sich Eisenkonstruktionen mit dem Paulischen System material- und damit auch kostensparend ausführen. Darin liegt der besondere Vorteil dieses Systems für das an Eisenindustrie arme Süddeutschland und erklärt dessen starke Verbreitung in dieser Region.

Mit der 1853 bei Günzburg errichteten Brücke hoffte die bayerische Eisenbahnverwaltung »Anhaltspunkte und einen Maßstab für dergleichen Brücken von größeren Spannweiten zu gewinnen« [7]. Die Bauausführung übernahm die Nürnberger Firma Klett & Co.,

die durch den Bau des Glaspalastes und der Schrannehalle in München als bis dahin einziges bayerisches Unternehmen über Erfahrungen im Eisenbau verfügte. Allerdings erwies sich die Brücke als Fehlschlag: Nur ein knappes Jahr nach ihrer Fertigstellung versagten die Obergurte als ein Zug sie überquerte [8].

Mithilfe der von Karl Culmann entwickelten statischen Berechnung von Fachwerkträgern wurde das Konstruktionssystem von Pauli zusammen mit seinem Schüler Heinrich Gerber (1832 – 1912, siehe db 6/01) und Carl von Bauernfeind in den Folgejahren jedoch erheblich verbessert. Insbesondere im süddeutschen Eisenbrückenbau der späten fünfziger und sechziger Jahre des 19. Jahrhunderts erlangte der Pauli-Träger große Bedeutung. Das Beispiel Pauli zeigt, dass für die Durchsetzung eines Konstruktionssystems neben ökonomischen und technischen Gründen auch persönliche Einflussmöglichkeiten von entscheidender Bedeutung sein konnten. Pauli, der von 1856 – 72 neben seiner Funktion als Vorstand der Eisenbahnbaukommission auch die Leitung der Obersten Baubehörde Bayerns innehatte, gelang es vor allem in seinem persönlichen Einflussbereich dieses Trägersystem durchzusetzen. Dies gilt für das Streckennetz der Bayerischen Staatsbahn ebenso wie für das Unternehmen Klett & Co., das er durch Heinrich Gerber beeinflusste.

Die an der Bahnlinie München – Salzburg gelegene Großhesseloher Brücke, mit deren Bau 1851 begonnen worden war, ist das erste Beispiel einer großen Brücke mit einer Paulischen Trägerkonstruktion (Bild 6). Sie sollte eine Mittelöffnung von 34,4 Metern und zwei Seitenöffnungen von je 26,6 Metern Stützweite erhalten. Über das für den Oberbau zu verwendende Konstruktionssystem



herrschte lange Zeit Unklarheit, doch fiel die Entscheidung schließlich auf Paulis System. In den Akten wird besonders die erhebliche Materialersparnis, die sich mit diesem Konstruktionssystem gegenüber einer Gitterbrückenkonstruktion erzielen ließ, betont. Mit der Ausführung der Brücke wurde 1857 Klett & Co. beauftragt, die die Brücke noch im selben Jahr fertig stellten. Zusammen mit Pauli waren vor allem der am Anfang seiner Karriere stehende Heinrich Gerber und Ludwig Werder (1808 – 85) von Klett & Co. an diesem Brückenbau beteiligt.

Gerber, der von 1852 – 58 unter der Leitung Paulis gearbeitet hatte und von diesem für den Eisenbahnbrückenbau gewonnen worden war, trat 1858 in das Unternehmen Klett & Co. ein. Bereits ein Jahr später leitete er die Brückenbauwerkstätte in Nürnberg. Von 1860 – 62 führte Gerber mit der Mainzer Rheinbrücke die größte Pauli-Trägerbrücke aus. Sie wies vier Öffnungen mit je 105,2 Metern Stützweite auf und war zu ihrer Zeit eine der meist beachteten Eisenbahnbrücken Deutschlands. Fast alle Brücken nach dem Paulischen System, das nach 1870 jedoch immer mehr an Bedeutung verlor, wurden von Gerber ausgeführt. Mit einem 1865 veröffentlichten Aufsatz leistete Gerber im Übrigen auch den wichtigsten theoretischen Beitrag zur Berechnung von Paulis Konstruktionssystem [9]. Pauli, der als Vertreter der ersten Generation von Eisenbrückenkonstruktoren nicht über das gleiche Maß an theoretischer Bildung wie Culmann, Gerber und Schwedler verfügte, hat zu dem nach ihm benannten Konstruktionssystem selbst keine Beiträge veröffentlicht.

Friedrich August von Pauli starb am 26. Juni 1883. Mit seinen Brückenbauten und dem von ihm entwickelten Konstruktionssystem hat er dem Bauingenieurwesen des 19. Jahrhunderts wichtige Impulse gegeben, wofür er 1847 in den persönlichen Adelsstand erhoben wurde. Dabei ist nicht zuletzt an seine Schüler Karl Culmann und Heinrich Gerber zu denken, die durch Paulis Förderung zur Entwicklung eigenständiger Theorien und Konstruktionssysteme angeregt wurden. Doch machen ihn auch seine organisatorischen Leistungen beim süddeutschen Eisenbahnbau zu einem der bemerkenswertesten Vertreter des Bauwesens seiner Zeit. *H. H.*

Literaturhinweise:

- [1] B. Ucker, Endstation 1920, München 1972, S. 26
- [2] C. M. v. Bauernfeind, Friedrich August von Pauli, in: Zeitschrift für Baukunde 7 (1884), Sp. 379 ff.
- [3] C. Ghega, Über nordamerikanischen Brückenbau und Berechnung des Tragungsvermögens der Howe'schen Brücken, Wien 1845, S. 1
- [4] Bayerisches Hauptstaatsarchiv, MKr Generalstab 393
- [5] MAN-Archiv Augsburg, 313 I Nr. 39
- [6] B. Maurer, Karl Culmann und die graphische Statik, Berlin u. a. 1998, S. 27 ff.
- [7] Bayerisches Hauptstaatsarchiv, Verkehrsarchiv 6823, 30.04.1853
- [8] M. Trautz, Eiserne Brücken in Deutschland im 19. Jahrhundert, Düsseldorf 1991, S. 95; H. Hiltz, Eisenbrückenbau und Unternehmertätigkeit in Süddeutschland, Stuttgart 1993, S. 38 f.
- [9] H. Gerber, Ueber Berechnung der Brückenträger nach System Pauli, in: Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 9 (1865), Sp. 463-486

**6 Die Großhesseloher Brücke – ein Gemeinschaftsprojekt der Ingenieure Gerber, Pauli und Werder – ist die erste große Brücke, deren Träger nach dem Paulischen System ausgeführt wurden**