

DIE EISERNEN BRÜCKEN - EINIGE ASPEKTE IHRER ENTWICKLUNG -

Ernst Werner

Bedenkt man, daß es Eisen schließlich nicht erst seit dem 19. Jh. gibt, so verwundert es auf den ersten Blick, warum das Eisen in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts auf einmal so eine wichtige Rolle auch im Bauwesen zu spielen begann. Es lassen sich aber genügend Fakten zusammentragen, die diese Entwicklung verständlich werden lassen.

Zunächst einmal waren die Mengen des täglich erzeugten Eisens in früheren Jahrhunderten ganz einfach zu gering. Ohne hier auf allzu viele Daten einzugehen, sei lediglich angeführt, daß in der Steiermark die tägliche Ausbringung einer Eisen erzeugenden Anlage noch am größten war und in etwa folgende Größenordnung eingenommen hatte:

Im 15. Jahrhundert	1.200 - 1.300 kg/Tag
Im 16. Jahrhundert	1.700 - 1.800 kg/Tag
Im 17. Jahrhundert	1.800 - 2.100 kg/Tag

Das sind wahrlich kleine Mengen, und die bedingten dann eben auch die relative Kostbarkeit dieses Materials. Es war auf jeden Fall zu kostbar, um beispielsweise in Bauten verwendet zu werden, so lange dort 1. noch genügend andere und gewohnte Baustoffe zur Verfügung standen, 2. ein Bedürfnis oder Verlangen für neue Bauformen nicht bestand.

Solange Holzkohle für die Eisenverhüttung eingesetzt wurde, war eine Steigerung der Leistungsfähigkeit der Eisenöfen aus verfahrenstechnischen Gründen nicht möglich. Aber auch durch eine Vermehrung der Eisenöfen war dann im 17. Jh. über eine gewisse Grenze die Eisenerzeugung nicht zu steigern, weil nunmehr auch in einigen Landstrichen schon gar nicht mehr genügend Holzkohle beschafft werden konnte. Zu stark war der Waldbestand durch die Eisenhütten, aber auch durch andere Nutzungen in Anspruch genommen, wie eine Ansicht von der Umgehung der Sayner-Hütte zeigt.

Erst in der Mitte des 18. Jh. gelang es dann nach langen und entmutigenden Versuchen, den inzwischen schon bekannten Kohlenkoks auch zur Verhüttung des Eisens einzusetzen. Damit war dann auch wieder eine Expansion der Eisenerzeugung möglich. Noch im gleichen Jahrhundert wurde dann in England die erste eiserne Brücke der Welt gebaut, nämlich die 1779 fertiggestellte Brücke von Coalbrookdale. Die Brücke wurde in der Nähe desjenigen Hüttenwerks erbaut, wo die entscheidenden Versuche zur Verhüttung von Eisenerz mit Steinkohlenkoks gelangen. Das Gesamtgewicht dieser rd. 30 m weit gespannten Brücke beträgt ungefähr 380 t. Das soll die Jahresproduktion des Hüttenwerks von Coalbrookdale gewesen sein. Die Brücke steht bekanntlich noch heute. Der Bau der ersten eisernen Brücken war ein Faszinosum besonderer Art: Zum ersten Mal nach vielen Jahrhunderten hat ein bis dahin unbeachtet gebliebener Baustoff Eingang in das Bauwesen gefunden. Das reizte auf der einen Seite zur Nachahmung, auf der anderen Seite war mit der Kenntnis vom Bau der ersten eisernen Brücken noch bei weitem nicht die Erkenntnis um die technologischen Implikationen einhergegangen. Es dauerte noch ungefähr anderthalb Jahrzehnt, bis dieser Erkenntnisprozess andernorts vollzogen war, und erst dann konnten die von der ersten eisernen Brücke ausgehenden Anregungen technisch für tatsächlichen Verkehrsnutzen verwertet werden.

Vorher jedoch hat es gelungene Versuche gegeben, diese technische Novität aufzugreifen, und zwar weniger in einem Akt technischer Verwertung, als mehr in einem Akt der Zurschaustellung einer noch wenig be-

kannten Rarität. Zahlreich sind die Beispiele von Brücken in Parkanlagen, die dort in maßstäblicher Verkleinerung und lediglich für Fußgänger gedacht, irgendwelchen spektakulären Vorbildern folgen. So hat auch die Brücke von Coalbrookdale solche Nachahmungen "en miniature". Z.B. wurde 1791 im Schloßpark zu Wörlitz eine solche Parkbrücke gebaut, und 1782-1786 entstand im Park zu Zarskoe Selo die Brücke von Quarenghi. Die Ähnlichkeit mit der Brücke von Coalbrookdale ist frappierend. Man beachte, daß mit dem Bau dieser Parkbrücke bereits drei Jahre nach Fertigstellung der Brücke von Coalbrookdale begonnen wurde.

Die erste, allgemeinem Verkehr dienende eiserne Brücke Deutschlands - ebenfalls eine Bogenbrücke - wurde 1796, also fünf Jahre nach der Parkbrücke in Wörlitz - über das Striegauer Wasser bei Laasan in Niederschlesien erbaut. Ob sie heute noch existiert, konnte ich nicht feststellen. Sie wird auf jeden Fall als existierend in einem 1930 erschienenen Artikel in einer Fachzeitschrift erwähnt. Erst nach 1820 folgen dann in Deutschland weitere Brücken in Eisen.

Das Erzeugen von Eisen in größeren Hochöfen mit dem preiswerteren Koks gegenüber der Erzeugung in kleinen Öfen mit der teuer gewordenen Holzkohle, verbilligte das Eisen. Die Brennstoffarmut hat diesen Übergang erzwungen. Allerdings entstand nun bei der Verhüttung nicht mehr wie früher die schmiedbare Luppe, sondern es entstand Gußeisen. Das war nun ein Werkstoff, der so keineswegs ungeteilte Sympathie fand, und zwar deswegen nicht, weil er nicht auf die gewohnte Art behandelt werden konnte: Gußeisen ist nicht schmiedbar. Hinzu kommt, daß Gußeisen so wie Stein eine beachtliche Festigkeit gegen Druckbeanspruchung hat, aber keine nennenswerte gegen Zug. Demzufolge konnte Gußeisen als Werkstoff im Bauwesen nur bei solchen Tragwerken zur Anwendung gelangen, wo ein solches Tragwerk von seinem statischen System her in seinen Querschnitten nur Druckspannungen erzeugt, und das ist eben das Bogentragwerk! So nimmt es dann auch nicht wunder, wenn die ersten eisernen Brücken - weil noch aus Gußeisen - den zudem gewohnten Formen steinerner Brücken in ihren Umrisslinien folgten. Wegen der größeren Festigkeit des Eisens gegenüber der des Steins konnte aber der zur Lastabtragung herangezogene Querschnitt auf wenige Linien konzentriert werden und brauchte nicht wie bei steinernen Brücken die ganze Querschnittsfläche in Anspruch nehmen.

Erst 1784 wurde durch das sogenannte Puddle-Verfahren ein Frischprozess bekannt, mit dessen Hilfe aus dem Gußeisen in technisch brauchbaren Mengen Schmiedeeisen gewonnen werden konnte. Damit hatte man dann das gewohnte schmiedbare Eisen wieder. Man beachte, daß folgerichtig die erste nachweisbare eiserne Hängebrücke, also ein Tragwerk, das bevorzugt auf Zug beansprucht ist, in den letzten Jahren des 18. Jhs., also etwa 15 bis 20 Jahre nach der Einführung des Puddle-Verfahrens erbaut wurde.

Sehr wesentlich für den Bau eiserner Brücken, wie für den Brückenbau allgemein, ist das Aufkommen der Eisenbahn. Nachdem James Watt die Dampfmaschine zwar nicht erfunden, doch dem ganzen, über Jahrhunderte wirkenden Entwicklungsstrom die Krone technischer Reife aufsetzte, setzten auch die Bemühungen ein, die Dampfmaschine auch zum Antrieb von Verkehrsmitteln zu nutzen. Verschiedene Versuche, Dampfwagen auf Straßen zu betreiben, scheiterten, wohingegen die Nutzung der Dampfenergie im Schiffsbau sich vergleichsweise früh durchsetzen konnte. Erst die zwangsweise Führung von Wagen auf besonders dafür hergerichteten Spuren war für die Dampfenergie die rechte Kombination, um daraus dampfbetriebene Landfahrzeuge, also die dampfbetriebene Eisenbahn, werden zu lassen. Die erste Dampflokomotive, die auf Eisenschienen,

den Eisenbahnen, fuhr, war eine von Richard Trevithick im Jahre 1804 erbaute Maschine. George Stephenson gelang es Anfang des 19. Jhs., die Eisenbahn aus ihrer reinen Zweckbindung an die Grubenbetriebe zu lösen und zu eigenständigen Verkehrsmitteln zu machen. 1825 wurde die erste öffentliche Eisenbahnstrecke, nämlich die von Stockton nach Darlington, eröffnet, und als Stephenson's "Rocket" bei den Wettfahrten in der Nähe von Rainhill auf der Strecke von Liverpool nach Manchester 1829 den ersten Preis errang, setzte die auch für unseren heutigen Begriff schnelle Ausbreitung der Eisenbahn ein. Die Impulse, die von dem Eisenbahnwesen auf die entstehende Eisenindustrie ausgingen, waren außerordentlich.

Die sich sprunghaft ausbreitende Eisenbahn - in den ersten 15 Jahren nach 1835 wurden in Deutschland beispielsweise jährlich rd. 500 km neue Strecken in Betrieb genommen - erforderte den schnellen Bau stark belastbarer Brücken. Ob Brücken für Eisenbahnen oder solche für Straßen, in beiden Fällen bediente man sich bald des Eisens, ohne die gewohnten Materialien Holz und Stein zu vergessen. In Amerika und anderen holzreichen Ländern wurden großartige Holzbrücken auch dann noch gebaut, als der Bau der eisernen Brücken schon einen hohen Stand erreicht hatte; so wie in Deutschland noch das Göltzschtal-Viadukt gebaut wurde, als Stephenson in England bereits seine Röhrenbrücke baute. 1850 trafen die deutschen Eisenbahnverwaltungen eine Vereinbarung, Holzbrücken auf Hauptstrecken nicht mehr zu bauen.

Während Straßen und Wege sich dem Gelände noch weitgehend anpassen konnten, mußten Eisenbahnlinien den technischen Möglichkeiten des Betriebs angepaßt werden. Trassen und Gradienten sind nur in engem Bereich variabel. Dadurch müssen in größerem Umfange Täler und Einschnitte überbrückt werden, als das bei Straßen der Fall ist. Während zudem viele Straßen an Flußufern endigten und der Verkehr zum anderen Ufer entweder durch Furten oder Fähren weiter betrieben wurde, war eine sinnvolle Nutzung der Eisenbahn bald nicht mehr möglich, wenn man sie an jedem zu groß erscheinenden Hindernis endigen ließ. Der Eisenbahnbetrieb erfordert statt dessen den zügigen Betrieb durchgehend über große Strecken.

Man kann dem Wort von Schadendorf wohl beistimmen, das da meint: "Aller Brückenbau vor 1828-29 war Präludium, und erst die Eisenbahn trieb die Entwicklung mit Macht voran".

Es hat den Anschein, als wären die ersten eisernen Brücken für Eisenbahnen in Baden entstanden. Eine davon wird heute noch als Straßenbrücke in der Stadt Staufen benutzt und überspannt dort das Fließchen Neumagen. Diese Brücke ist sehr wahrscheinlich im Jahre 1845 erbaut worden. Sie gehörte zu der badischen Rheintallinie von Frankfurt nach Basel. Auch diese Brücke ist wie viele andere auf dieser Strecke in Gußeisen erbaut worden. Abgesehen davon, daß ihr Tragverhalten sehr undurchsichtig ist, so war nach dem damaligen Stand der Technik eine quantitative Erfassung der Beanspruchungen mit genügender Annäherung an das tatsächliche Verhalten ohnedies nicht möglich. In den Jahren der Erbauung dieser Brücke wurde die mangelnde Geeignetheit von Gußeisen für Eisenbahnbrücken durch eine große Zahl folgenschwerer Einstürze in weiten Kreisen bewußt. Gußeisen ist wegen seiner mangelnden Elastizität für die stoßweise Belastung durch den Eisenbahnbetrieb ungeeignet. Auch so berühmte Fachleute wie Stephenson Vater und Sohn blieben von solchen Einstürzen nicht verschont. Man hat auf jeden Fall diese Brücke aus der Eisenbahnlinie ausgebaut und Teile davon dann später als Straßenbrücke in Staufen wiederverwendet. Sehr wahrscheinlich ist diese Brücke die einzige noch in Deutschland existierende und

benutzte Brücke mit Gußeisen als alleinigem Werkstoff für die Haupttragwerke.

Die Einstürze gußeiserner Brücken haben die Verbreitung der Eisenbrücken nachhaltig verzögert. Noch 1846 wurde in Deutschland vor dem Bau eiserner Brücken gewarnt, weil die bisherigen Erfahrungen zu gering seien. Wahrscheinlich spielten in dieser allgemeinen Warnung vor eisernen Brücken die Einstürze speziell aus Gußeisen erbauter Brücken eine wesentliche Rolle. Es darf aber auch nicht verkannt werden, daß natürlich die Konstruktionsweise in Eisen insofern einer Gefährdung ausgesetzt war, als sie ja tradierte Querschnittsmaße verließ und dabei sich auch auf neue, bis dahin unbekannte Bauformen erweiterte, ohne daß es möglich gewesen wäre, die hier aussetzende Erfahrung durch ein anderes, den Entwurf strukturierendes Prinzip zu ersetzen. Es fehlte eben das, was wir heute Baustatik nennen.

Hier an dieser Stelle wäre festzuhalten, daß sich die historischen Tragwerksformen aus Holz, Stein und seilähnlichen Stoffen nach rein handwerklichen Traditionen, wenn auch unter Verwertung von Naturbeobachtung, entwickelt hatten. Es hat da keineswegs eine mathematisch-mechanische Durchdringung und demzufolge auch keinen technisch-wissenschaftlichen Theorienbildungsprozess gegeben und daher auch kein Theoriengefüge, das bei dem Bau solcher Tragwerke hätte verwendet werden können. Es ist also in der Tat nicht so, daß es zunächst eine Theorie gegeben hätte, aus der sich abstrakt Tragwerke hätten entwickeln lassen, die man dann konkret in die Praxis umgesetzt hätte. Vielmehr ist es so, daß sich an den in einem Jahrhundert währenden Entwicklungsprozess ausgeformten und kunstvollen Tragwerken erst nachträglich der mathematisch-physikalische Verstand entzündete mit dem Ziel, das Spiel der Kräfte nicht nur qualitativ zu empfinden, sondern dieses auch quantitativ zu erkennen und zu verwerten.

Auf der anderen Seite reichen die Grundlagen unserer heutigen Baustatik weit zurück. Schon Archimedes und vermutlich vor ihm schon Aristoteles befaßten sich mit dem Phänomen des Hebels und definierten und deuteten Ursache und Wirkung. Damit gehen die Anfänge der Mechanik bis auf das 3. und 4. vorchristliche Jahrhundert zurück. Diese mechanischen Grunderfahrungen waren also durchaus geläufig. Auch das Zusammenwirken der Kräfte, das Kräftegleichgewicht bei mehreren an einem Punkt angreifenden Kräften war früh bekannt. Aber alle Bauten entstanden aus einem tiefen Empfinden für Harmonie, ein Empfinden, welches auch die Harmonie der Kräfte, also das Kräftegleichgewicht, mit einschließt. Wahrscheinlich ist auf der einen Seite diese mehr emotionale Hinwendung zum Bauen wie auf der anderen Seite der hohe Anspruch von Wissenschaft, diese nämlich vom profanen Verwertungsdenken frei zu halten, ursächlich dafür, daß wissenschaftliche Erkenntnis spät erst Eingang in das Bauwesen fand.

Mathematik und Geometrie fanden bis zum Mittelalter nur insofern Eingang in das Bauwesen, als mit ihrer Hilfe Kompositionsregeln und erprobte Bauwerksabmessungen in einfache Zusammenhänge gebracht wurden. Dies entweder mit Hilfe der Zahl oder mit Hilfe der Geometrie. Keinesfalls aber wurden die umfangreichen Kenntnisse der Mechanik genutzt, um baustatische Berechnung vorzunehmen - also von der Belastung und der Materialgüte her bestimmbare Querschnittsabmessungen zu ermitteln. Daß die Baumeister dieser Zeit treffsicher zu konstruieren vermochten, das zeigen die auf uns Überkommenen Werke. In der Tat waren diejenigen, die die wissenschaftlichen Grundlagen der Baustatik und Festigkeitslehre gelegt haben, mehr um die exakte Theorie als um die praktische Anwendung bemüht. Von wenigen Ausnahmen abgesehen hat kaum einer von ihnen an der praktischen Durchführung von Bauaufgaben mitgewirkt. Die uns bekannt gewordenen großen Beispiele der Baukunst wurden von Baumeistern

errichtet, die zwar Zeitgenossen von auch für das Bauwesen bedeutenden wissenschaftlichen Entdeckungen sind, diese aber für ihre Zwecke nicht nutzten.

Für viele Jahrhunderte - etwa bis zur Mitte des 18. Jhs. - war das Bauen von einer theoretischen Durchdringung, die auf das Erkennen und Erfassen von Kräften gerichtet gewesen wäre, ausgeschlossen. Dies währte solange und reichte soweit, wie die Ausstrahlung griechischer Kultur und damit deren Auffassung von zweckfrei zu betreibender Wissenschaft wirksam blieb. Und derart zweckfreie, von Verwertungsaspekten unbelastete Wissenschaft wurde ja getrieben. Bezogen auf die Entwicklung der Baustatik und dort konzentriert auf das Biegeproblem, seien dazu nur einige Stationen genannt:

- So hat sich bereits Leonardo da Vinci mit dem Biegeproblem befaßt und kommt zu einer vergleichenden Betrachtung über die Tragfähigkeit bei wechselnder Stützweite und wechselndem Querschnitt.

- Galilei hat als erster versucht, die bis dahin bekannten Gesetze der Mechanik anzusetzen, um die Widerstandsfähigkeit fester Körper zu untersuchen. Bei dem nach ihm benannten statischen Problem untersucht er einen in einer Mauer eingespannten Balken, der an seinem freien Ende belastet ist und versucht zu einer Aussage über die Spannungen an der Einspannstelle zu kommen. Wenn auch sein Ansatz nicht richtig ist, so liegt das Verdienst darin, zum ersten Mal die äußere Belastung mit inneren Spannungen in Beziehung gebracht zu haben.

- Der Engländer Hooke veröffentlicht 1675 das nach ihm benannte Gesetz, wonach die Dehnungen den Spannungen proportional seien.

- Mariotte und Leibniz verbessern die Untersuchungen am eingespannten Balken. Leibniz gebührt dabei das große Verdienst, die Infinitesimalrechnung für solche Untersuchungen eingeführt zu haben.

- Jakob Bernoulli stellt 1694 die Abhängigkeit von Krümmungsradius und Biegemoment fest und handelt sich den Vorwurf des Holländers Huygens ein, der zu den Arbeiten Bernoullis meinte, sie seien zwar ein schöner und scharfsinniger Zeitvertreib, im übrigen aber ohne Nutzen, und zu so etwas käme man, wenn man nicht wüßte, worauf man die Mathematik nutzbringender anwenden kann.

Gegen Ende 18. Jh. waren die Arbeiten am Biegeproblem so weit gediehen, daß das Problem als gelöst betrachtet werden konnte. Diese Arbeiten standen aber unter einem rein mathematischen Erkenntnisziel und fanden keinen Eingang in die Baupraxis. Inzwischen wurden in Frankreich die ersten technischen Ausbildungsstätten eingerichtet, nämlich 1747 die Ecole des Ponts et Chaussées und 1794 die Ecole Polytechnique. Damit wurden wesentliche Impulse initiiert, die darauf gerichtet waren, für die pragmatischen Belange der Technik adäquate technisch-wissenschaftliche Theorienbildung auszulösen. Es ist demzufolge fast konsequent, wenn der an diesen Schulen lehrende Navier die zahlreichen vorhandenen Arbeiten über das Biegeproblem zusammenfaßt, durch eigene Arbeiten ergänzt, sie auf die praktischen Bauaufgaben anzuwenden versucht und dann im Jahr 1826 als Buch herausgibt. Das wird als das Geburtsjahr der Baustatik bezeichnet.

Damit war zum ersten Mal ein Verfahren in das Bauwesen eingeführt, mit dessen Hilfe die Spannungen in einem Tragwerk in Beziehung gebracht waren zur Belastung, wenn auch nur für ein bestimmtes Tragwerk, nämlich für den auf Biegung beanspruchten Balken. Das hatte dennoch bevorzugte Auswirkungen auf die eisernen Tragwerke, insbesondere im Brückenbau. Soweit es auf Biegung beanspruchte eiserne Balken sind ohnedies, und insofern es sich um Tragwerke handelte, wie den engmaschigen Gitterträger, der aus dem Holzbau stammte, wandte man diese Biegetheorie ersatzweise an. Das ist zwar nicht korrekt, konnte aber unter gewissen Umständen eine einigermaßen brauchbare Annäherung bedeuten. Um die An-

näherung zu optimieren, vernachlässigte man entweder die Maschen zwischen den Gitterstäben, oder reduzierte die Materialstärke der Gitterstäbe auf ein gedachtes durchgehendes Blech, oder vernachlässigte die Gitterstäbe ganz und setzte nur die Gurte in die Rechnung ein.

Der Baustoff Eisen war noch ein sehr kostbares Material, und es mußte mit ihm früher so wie heute sehr ökonomisch umgegangen werden. Das zwang zu möglichst genauer Ermittlung der auftretenden Kräfte und zur sorgfältigen Bemessung der Querschnitte. Andererseits gestattete die gleichmäßige und von äußeren Einflüssen sehr unabhängige Beschaffenheit dieses neuen Baustoffes, aber auch im Gegensatz zu den bis dahin bekannten Materialien, die sichere und anschauliche Anwendung der baustatischen Regeln. Die mit großer Sicherheit vorausplanbaren Festigkeitseigenschaften des Eisens bei seiner Herstellung führten schon bald dazu, die zulässigen Beanspruchungen sehr hoch anzusetzen. Das war natürlich nur möglich, wenn man das baustatische Instrumentarium weiter verfeinerte, um die verbleibende Sicherheit nicht leichtfertig aufs Spiel zu setzen. Mit der Biegetheorie war dazu ein Instrument geschaffen!

Es ist nun schwer zu sagen, ob das Eisen die Entwicklung der Biegetheorie herausgefordert hat, oder ob die Biegetheorie die Anwendung des Eisens beim Bau von Brücken beförderte. Soweit es sich um Balkenbrücken handelte, waren diese von diesem Zeitpunkt an von den Zufälligkeiten der hier eigentlich nicht mehr verwertbaren Erfahrung befreit. Bei anderen Tragwerken, bei denen ein solches im technischen Sinne genügend exaktes Verfahren nicht zur Verfügung stand, half man sich bei der Dimensionierung auf eine vergleichsweise schlichte Weise: Man lehnte sich an tradierte Bauformen an und reduzierte für Eisenbauten dann lediglich die Querschnittsfläche im Verhältnis der Festigkeit des Eisens zu der des Steins, so z.B. bei Bogenbrücken. Für Balkenbrücken allerdings fehlte ein solcher oder ähnlicher Bezug aber völlig. Man sieht also allein daraus, auf welchem ungesichertem Grund die ersten eisernen Brücken standen, soweit es Balkenbrücken waren. Man braucht sich also nicht zu wundern, wenn die Jugendjahre des Eisenbrückenbaus von vielen Einstürzen getrübt waren und das Renommee dieses neuen Werkstoffes arg beeinträchtigen. Insofern hat diese theoretische Grundlegung für die weitere Entwicklung im Eisenbrückenbau eine erhebliche Rolle gespielt.

Noch eine andere Entwicklung hin zu einer Theoriefindung sei kurz dargestellt. Ich meine die Fachwerktheorie. Ausgehend von den Grundformen des Hängewerks und des Sprengwerks hatten sich im Bau hölzerner Brücken die vielfältigsten Tragsysteme entwickelt. Mit wachsender Spannweite wurden immer mehr der Grundformen miteinander superponiert. Als dann insbesondere in Amerika weit gespannte Holzbrücken auch für Eisenbahnzwecke gebaut wurden, also nunmehr auch deutlich höhere Lasten zu vertragen hatten, da nahm die Vielzahl der superponierten Einzeltragwerke geradezu irritierende Ausmaße an. Dennoch stürzten zahlreiche dieser Brücken trotz hohen Materialaufwandes ein. Das war die Situation, als in den Jahren 1849 und 1850 im Auftrag seiner Regierung der bayrische Baubeamte Culmann (1821-1881) eine Reise durch Nordamerika unternahm. Über den Bau der hölzernen Brücken, die er dort in reicher Vielfalt vorfand, erstattete er einen 1851 veröffentlichten Bericht, in welchem er eine Theorie der Fachwerkträger entwickelt. Im gleichen Jahr hat auch Schwedler eine solche Theorie bekannt gemacht. Culmann fand zu dieser Theorie durch eine scharfsinnige Analyse des Tragverhaltens der von ihm vorgefundenen Brücken, deren Systeme ohne Kenntnis über ihr eigentliches Tragverhalten zusammgebaut wurden.

Culmann versuchte, das Tragverhalten der komplexen Brückentragwerke zu erfassen, indem er zunächst die in der Praxis vorkommenden Fälle hölzerner Brücken mit ihren zum Teil undurchschaubaren Systemen auf typische Grundformen reduzierte. Eine solche Grundform ist das parallelgurtige Fachwerk. Der Ausdruck Fachwerk wird von Culmann erstmals für das stabförmige Gebilde, bestehend aus Obergurt und Untergurt und mit einem System von Füllstäben, die so angeordnet sind, daß alle Stäbe immer Dreiecke bilden, gebraucht. Er traf ferner die außerordentlich vereinfachende, aber auch zulässige Annahme, alle Stäbe seien in den Knoten gelenkig gelagert. Amerikanische und englische Ingenieure haben zudem lange Jahrzehnte die Annahme gelenkiger Lagerung der Stäbe in den Knotenpunkten tatsächlich in die Praxis umgesetzt und echte Bolzengelenke in die Fachwerkknoten eingebaut. Auf dem europäischen Kontinent ging man in der Regel soweit nicht, sorgte aber auch hier dafür, daß die Stabachsen sich im Knotenpunkt möglichst in einem Punkt schneiden. Damit ist mit genügender Genauigkeit der Annahme gelenkiger Knoten Rechnung getragen. Damit ist aber auch die geometrische Exaktheit der Dreiecke in theoretischer Annahme und im praktischen Vollzug vorgegeben. Die nunmehr gebauten Fachwerkträger wurden dadurch insgesamt auch in ihrer Gestalt klarer und in ihrem Tragverhalten durchschaubarer.

Einerseits wurden diese so vereinfachten Fachwerke erstmals berechenbar, andererseits hatte dieses einfache Strukturprinzip erkennbare Rückwirkungen auf die Ausformung der überkommenen Fachwerksysteme, die sich nunmehr immer mehr und immer konsequenter als aus Dreiecken aufgebaute Tragwerke darstellten. Man betrachte zum Vergleich die hier gezeigten Beispiele aus der Zeit vor Bekanntwerden der Fachwerktheorie. In beiden Fällen handelt es sich um sogenannte unterspannte Träger. Deren Gestaltungsmächtigkeit wurde bis zum Exzess durchgespielt, so wie davor die Formenvielfalt der Hänge- und der Sprengwerke im Holzbau.

Die Verdeutlichung des Tragverhaltens von Fachwerkträgern hatte dann auch zur Folge, daß die sogenannten Gitterträger durch das weitmaschige Fachwerk abgelöst wurden. Bis dahin jedoch sind spektakuläre Brücken in dieser Bauweise erstanden. So z.B. die erste eiserne Brücke über den Rhein in Köln, die der Volksmund "Muusfall" nannte. Diese Gitterträger waren im übrigen das kontinental europäische Pendant zu den englischen Röhrenbrücken (Britanniabrücke). Im übrigen erschlossen sich die Gitterträger weder der Biegetheorie noch der Fachwerktheorie.

Der Übergang vom Gußeisen auf das Schmiedeeisen, insbesondere aber der auf dem europäischen Kontinent schon früh einsetzende Trend, die Knotenpunkte nicht exakt gelenkig zu lagern, bescherte uns dann auch die Knotenbleche. Was damit eingehandelt wurde, war in vielen Fällen für das empfindliche Auge alles andere als zu ertragen. Diese vielfach ungestalteten Knotenbleche haben dann entscheidend dazu beigetragen, die an sich klare Lineatur der Fachwerke wieder aufzuheben, oder doch empfindlich zu stören. So nimmt es denn auch nicht wunder, wenn solcherart gestaltloser Konstruktionen zum Sinnbild des Ahumanen und der künstlerisch gestalteten Kritik an der Technik wurden.

Aus dem komplexen Bedingungsgeflecht um die Entwicklung eiserner Brücken konnte gemäß dem hier gesetzten Rahmen nur das eine und andere schlaglichtartig herausgegriffen werden. Es hat mehr ungenannt bleiben müssen, als möglicherweise der Sache nach gut ist. Dennoch mag es einige Anregungen gegeben haben.