

Lydia Hahmann

» David Gillys Bohlenbinder Schwierigkeiten der Tragwerksoptimierung zwischen Empirie und Theorie

David Gilly leistete in seinen um 1800 veröffentlichten Schriften einen wesentlichen Beitrag zur Propagierung und Verbreitung der Bohlenbinderbauweise in Deutschland. Die Grundidee der Bauweise klang einfach und vielversprechend: Man verbinde mehrere Lagen kurzer Holzbohlen zu langen bogenförmigen Tragelementen. Dies ermögliche die Verwendung minderwertiger Holzreste bei gleichzeitiger Schonung hochwertiger Bauholzbestände sowie die Verwirklichung großer Spannweiten durch eine Optimierung der Tragwerksform. Die auf Grundlage dieser Idee durch Gilly propagierten Bohlentragwerke unterschieden sich deutlich von klassischen Holztragwerken des 18. Jahrhunderts, die große Spannweiten meist durch Überlagerung mehrerer, in ihrem Tragverhalten bekannter Tragwerke erzielten, wofür in der Regel große Mengen an Holz notwendig wurden.¹

Aufgrund der Vielzahl mittels Eisen- und Holznägeln verbundener Einzelelemente verhalten sich die zusammengesetzten Binder weicher als Vollholzquerschnitte. Zudem wirken sie im Vergleich dazu filigran und in ihren Holzquerschnitten optimiert.

Eine realitätsnahe Tragfähigkeitseinschätzung der Bohlenbinder stellt noch heute trotz der wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten 200 Jahre keine leichte Aufgabe dar.

Daher stellen sich die folgenden Fragen:

1. Welche Grundlagen gaben David Gilly im ausgehenden 18. Jahrhundert die Gewissheit über

die Tragfähigkeit der propagierten, auch für ihn neuen Bauweise?

2. Wie lässt sich sein Kenntnisstand im Kreis der Bauenden seiner Zeit positionieren?

Diese Fragen gerade an David Gilly zu richten, ist unter folgenden Gesichtspunkten besonders interessant:

1. Gilly kam aus der Baupraxis und blieb ihr auch während seiner bauaufsichtlichen Funktion im Preußischen Oberbaudepartement zeitlebens eng verbunden.²

2. Gilly kannte zudem den damaligen Stand der Technik und Wissenschaften gut. Er informierte sich über die Ländergrenzen hinweg über Neuerungen im Bauwesen. Als einer der wenigen seiner Zeit hielt er eine umfangreiche Bibliothek³ vor und gab seine Informationen als Mitherausgeber der ersten Berliner Bauzeitschrift von 1796 bis 1806 an einen breiten Leserkreis weiter.

3. Gilly hatte ferner den Anspruch, einzuführenden Innovationen eine wissenschaftliche Basis zu geben. So setzte er sich zusammen mit seinen Kollegen Johann Albert Eytelwein (1764-1848) und Heinrich August Riedel (1748-1810) bei der Gründung der Berliner Bauakademie das Ziel, Baumeister auszubilden, deren Schaffen sich auf ein wissenschaftliches Fundament stützte und die sich gerade dadurch von den Empirikern – den Bauhandwerkern, die nachmachten, was andersorts schon errichtet wurde – unterschieden.⁴

Die Verbindung von Praxisnähe, Hintergrundwissen und aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnis-



Abb. 1: Konstruktion der Bohlenbinder

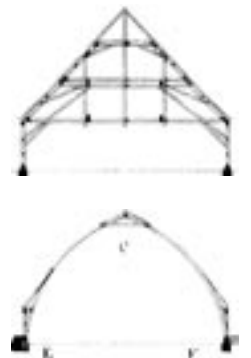
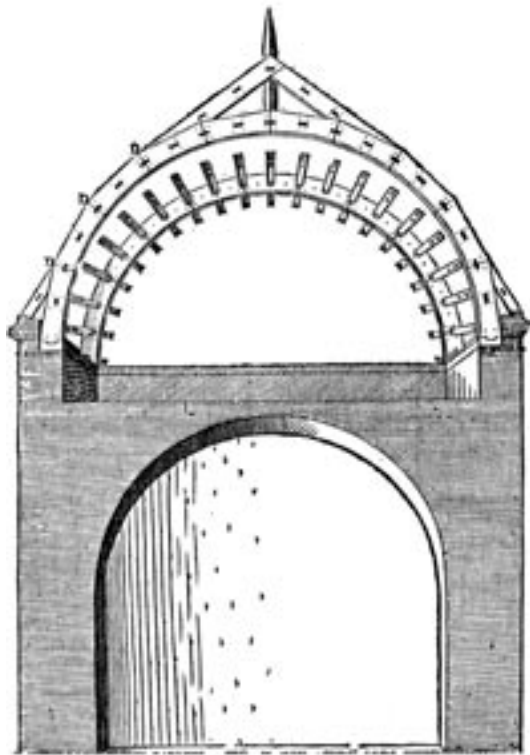


Abb. 2: Vergleich des Holzverbrauchs eines gewöhnlichen Daches gegenüber einem Bohlendach

Abb. 3: Bohlenbinder-
entwurf von de l'Orme



sen spiegelte sich in seinen Texten über die Bohlenbinder wider. Doch zeigen die zwischen 1797 und 1805 erschienenen Publikationen⁵ auch die Schwierigkeiten auf, die mit einer Tragwerksoptimierung um 1800 verbunden waren.

Theoretische und praktische Grundlagen Gillys bis 1797

1797 erschien Gillys erste und auch umfangreichste Publikation über die Bohlenbinderbauweise.⁶ In erster Linie handelte es sich hierbei um eine Übertragung der 1561 erschienenen Bohlenbinderschrift⁷ des Architekturtheoretikers und Hofarchitekten Heinrichs II., Philibert de l'Orme (1514-1577). Gilly hatte Jaques-Germain Soufflots (1713-1780) Ausgabe de l'Ormes erhalten, übersetzte sie und reicherte sie mit eigenen Ansichten und zeitgenössischen Beispielen an.

Welche Konstruktionsidee vertrat de l'Orme 200 Jahre vor Gilly?

De l'Orme war eigentlich Meister im Bauen mit Stein, in Steinschnitttechniken und in Gewölbe-konstruktionen. So verglich er dann auch seine Untersuchungen über hölzerne Gewölbe mit seinem Wissen über die steinernen; er unterstellte dabei, dass die hölzernen Gewölbe weniger Schub als die steinernen Gewölbe ausübten.⁸ De l'Orme ging von der Herstellung halbkreisförmiger Gewölbe aus, die weniger konstruktiv als ästhetisch begründet waren.⁹ Als Abstandhalter zwischen den Bindern fügte er an jedem Bohlenstoß hölzerne Riegel ein.¹⁰ Er schlug zudem vor, möglichst kurze Bohlenstücke zu verwenden, diese dann aber fest zu verbinden.¹¹ In Bezug auf die Spannweite der Binder machte er Angaben zu den notwendigen Bohlenbreiten und riet, möglichst hohe Bohlenbinder herzustellen.¹²

De l'Orme selbst errichtete nur wenige Bohlenbindertragwerke, dafür propagierte er die Bauweise jedoch europaweit. In Frankreich wurde sie **nur wenig angewandt**. Erst 1782-83 mit dem Bau der Bohlenbinder der *Halle au Blé* in Paris rief die Bauweise über Ländergrenzen hinweg Interesse bei den Bauenden hervor.

Welche praktischen Erfahrungen konnte Gilly in die Ergänzungen der Übersetzung de l'Ormes einbringen?

Zunächst einmal Erfahrung aus seiner Funktion als Geheimer Oberbaurat¹³: 1789/90 errichtete einer seiner Kollegen, der aus Schlesien stammende Carl Gotthard Langhans (1732-1808), die erste größere, noch heute erhaltene Bohlenbinderkuppel mit einer lichten Spannweite von 13,18m¹⁴. Gilly beschrieb den Bau und die Konstruktionsmethoden von Langhans in seiner Publikation von 1797. Langhans selbst hatte nur vage Informationen zu den Vorgängerbauten in



Abb. 4: Sicherung der Holznägel durch Gegenkeile

Frankreich. So wusste er von der *Halle au Blé* in Paris, doch war der Informationsfluss über die konkrete Ausführung der dortigen Kuppel spärlich.¹⁵ Die Informationsnot zwang ihn, eine eigene Form der Bohlenbinderbauweise zu entwickeln. Er näherte sich der Bauweise von der praktischen Seite. Anhand zweier Kleinbauten im Charlottenburger Schlosspark¹⁶ erprobte er deren prinzipielle Anwendbarkeit und spielte zugleich mit den der Bauweise eigenen Möglichkeiten freier Formwahl. Seine Bohlenbinderbauweise zeichnete sich u. a. durch den Verzicht auf die in Frankreich typischen Riegel zwischen den Bindern aus. Für lang gestreckte Dächer führte Langhans stattdessen eine Firstbohle ein, in der die Bohlensparren über einen Versatz ihr Auflager fanden. Zusätzliche Gegenkeile verstärkten die Holznagelverbindungen seiner Binder.

Über seinem eigenen Wohnhaus ließ Langhans ein pultförmiges Bohlenbinderdach errichten. Anhand einer Meßlatte beobachtete er hier das Langzeitverhalten der Sparren, wobei er innerhalb der 5-jährigen Kontrolle keinerlei Bewegungen derselben feststellen konnte.¹⁷ Die praktischen Erprobungen von Langhans zeugen von Interesse, ja von Neugier auf das Tragwerksverhalten der Bohlenbinder. Durch die Verwendung großer Holzquerschnitte, durch Prohebauten und Bauteilmonitoring schuf er sich in erster Annäherung Sicherheiten über das Tragverhalten seiner Bauten.

Gillys eigener praktischer Zugang zur Bohlenbinderbauweise entstand aus seinen Forschungen für holzsparende Bauweisen. Als die Kuppel des Anatomiegebäudes errichtet wurde, war er auf der Suche nach Ersatzbaustoffen, 1787 hatte er sich für die Lehmwellerbauweise und 1790 für die Lehmsteinbauweise eingesetzt.¹⁸ Darüber hinaus befasste er sich aber auch direkt mit dem Holz als Baustoff. Er entwarf holzsparende Typenbauten und erhielt dafür jährlich zwischen 1790 und

1794 eine Prämie für sein Engagement im „Lehmpatzen-Bau“ und „zur Beförderung Holzsparender Bauten“¹⁹. Die Schonung der Forste und die Förderung solider, preiswerter Massivbauweisen zählten zu den Zielen des 1770 gegründeten Oberbaudepartements, dem die Kontrolle der preußischen Staatsbauverwaltung oblag.²⁰ So waren auch die ersten Direktoren des Oberbaudepartements keine Baufachleute sondern Verwaltungsbeamte, die zugleich eng mit dem Forstwesen verbunden waren.²¹ Auch für die Ausbildung des Nachwuchses war neben mathematisch-mechanischer Schulung das Lehrfach „Forstwissenschaften“ vorgesehen.²² Gerade Gilly oblag in seiner Tätigkeit als Landbaumeister in Pommern 1770-1788 die Direktion der Forstvermessung, so dass er sich in seinem Verantwortungsbereich ein eigenes Bild vom Zustand des Forstes machen konnte²³. Durch sein Engagement für das holzsparende Bauen stand Gilly in Kontakt mit dem französischen Architekten und Lehrer der Landbaukunst François Cointereaux (1740-1830)²⁴. Cointereaux, der 1790 eine Schule der Landbaukunst in Paris gegründet hatte, engagierte sich ebenfalls für holzsparende Bauweisen, wobei er neben Beschreibungen der Lehmbauweisen 1796²⁵ auch Beispiele zur Bohlenbinderbauweise veröffentlichte.²⁶ Und hier, im Wirken für die Holzeinsparung, fand Gilly sein Interesse an dieser Bauweise. Daher war eine Querschnittsminimierung der Hölzer und die damit verbundene Tragwerksoptimierung der Bohlenbinder primäres Ziel Gillys. Dies stellte ihm zugleich eine Aufgabe, die ingenieure Strategien erforderte.

Kurz vor der Veröffentlichung seiner ersten Bohlenbinderpublikation legte Gilly eigene Bohlenbinderkonstruktionen vor. So war er 1796 als Entwurfsverfasser der vier Erzlagerschuppen des Alaunbergwerkes in Bad Freienwalde (wegen mangelnder Tragfähigkeit nicht erhalten)²⁷ und 1797/98 als konstruktiver Berater am Bau der Kirche in Paretz (erhalten) tätig.²⁸

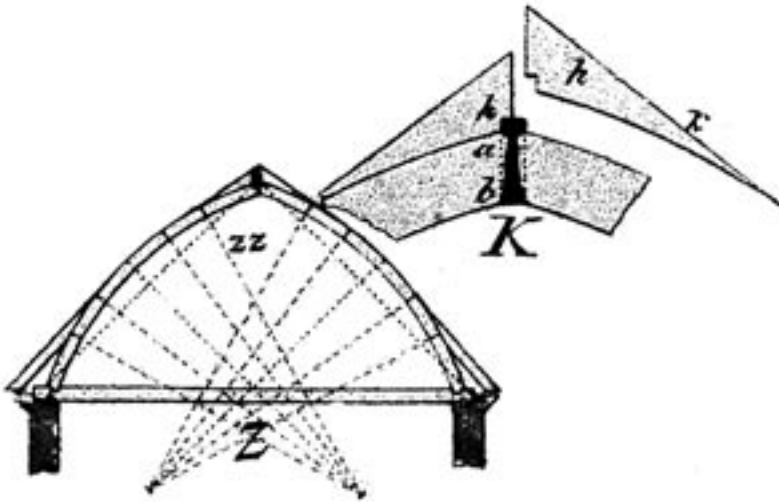


Abb. 5: Konstruktion der Bohlensparrenform und Firstbohle nach Langhans

Standpunkte Gillys 1797

Welchen Erkenntniszuwachs vermitteln Gillys Kommentare gegenüber den damals schon zweihundert Jahre alten Ausführungen de l'Ormes, welche Schlüsse ließen seine Kenntnisse 1797 zu?

Dazu möchte ich die tragfähigkeitsbestimmenden Einflüsse der Bogenform, die Tragfähigkeit der einzelnen Bohlenbinder und die Verbindung der Bohlenbinderbögen untereinander betrachten.

Zur Bogenform:

Gilly wandte sich von der favorisierten halbkreisförmigen Ausbildung der Bohlenbinder de l'Ormes ab und propagierte die Form eines etwas überhöhten gotischen Spitzbogens, deren Abrundung er begrenzte.²⁹ Diese Begrenzung hat mehrere Vorteile. Zum einen ergeben sich weniger Probleme bei der vollflächigen Verlegung der Dachdeckung. Zum anderen führt eine geringere Rundung der Dächer zu geringeren Ausbauchungen der Bögen unter Belastung.

Für die Einschätzung des Tragverhaltens blieb Gilly, wie zuvor de l'Orme, nur der Vergleich mit anderen, aus der Erfahrung bekannten Tragwer-

ken. Im Gegensatz zu de l'Orme verglich Gilly die Bohlenbinder aber nicht mit steinernen Gewölben, sondern mit hölzernen, geraden Sparren. Mit bogenförmigen Bindern verband er einen generell günstigeren Lastabtrag gegenüber einwirkenden Wind- und Eigenlasten. Treten bei den Sparrenfüßen gewöhnlicher Sparrendächer in Abhängigkeit der gewählten Dachneigung Schubkräfte auf, schloss Gilly aufgrund der fast senkrecht stehenden Bohlenbinderfüße irrtümlich eine Schubwirkung dieser fast vollständig aus.³⁰ Auf dieser Grundlage behauptete er, dass die bei gewöhnlichen Dächern auszubildenden Querverbände bei den Bohlendächern entfallen könnten.³¹ Zugleich bemängelte Gilly jedoch den Wissensstand über die Schubwirkung der Bohlenbinder und riet, Untersuchungen zu diesem Problem anzustellen.³²

Auch wenn Gilly keine steinernen, sondern hölzerne Tragwerke für seinen Vergleich mit den Bohlenbindern heranzog, ging er doch von vollkommen steifen, nur Druck abtragenden Bohlenbögen aus und vernachlässigte das elastische Verhalten der hölzernen Binder völlig. Die weicheren Bohlenbinder verformen sich entsprechend ihrer Belastungen stärker als Vollhölzer. Unweigerlich kommt es daher auch im Auflagerbereich der Bohlenbinder zum Auftreten von Schubkräften.

Zur Tragfähigkeit der einzelnen Bohlenbinder:

Gilly stellte die durch de l'Orme propagierte Verwendung ausschließlich kurzer Bohlenstücke in Frage und plädierte für die Verwendung möglichst langer Bohlenstücke.³³ Unklar bleibt, ob er aus Kosten- und Aufwandsgründen für die Verwendung langer Bohlen eintrat oder den drohenden Festigkeitsverlust der Bohlenbinder aufgrund zahlreicher Verbindungselemente und Bohlenstöße erkannte. Gilly hob weiterhin die große Tragfähigkeit hochkant gestellter Hölzer hervor und benannte die Beziehung $b \times h^2$ zur Ermittlung des Widerstandes der Hölzer.³⁴ Doch

konnte er den praktischen Bezug zwischen den vorhandenen Querschnitten und der Festigkeit des Holzes nicht herstellen. Daher gab er 1797 vorerst die Querschnittsangaben de l'Ormes an seine Leser weiter.

Auch hierfür regte er weiterführende Untersuchungen an: *„Außer der Bestimmung der Kraft, womit die durch eine Ziegelabdeckung usw. belasteten Bögen, nach den verschiedenen Umständen, auf eine Unterlagsschwelle, ohne durchgehende Balkenlage, und gegen die Widerlags-Mauer derselben wirken, würde eine eigentlich theoretische Untersuchung sich bey diesen Dächern wohl vorzüglich mit dem Widerstande zu beschäftigen haben, welche die belasteten Bögen in sich leisten müssen. Wenn die beyden Endpunkte derselben auf die Balkenlage unwandelbar fest gestellt sind, so würde, nach der vorgesetzten Gestalt und Belastung, anzugeben seyn, in welchem Punkt sie am mehrsten gedrückt, oder in welchem Punkt sie, bey überwältigender Last, brechen würden. Vielleicht würde man durch Verdopplung der Bögen in diesen Punkten bey großen Gebäuden eine sehr zweckmäßige Verstärkung anbringen.“*³⁵

Wie stand es um das Materialwissen zu Gillys Zeit? Gilly selbst verwies auf die hohe Längstragfähigkeit des Holzes, die Schiffsbaudirektor Quantin 1789 in Berlin ermittelt hatte.³⁶ Er konnte die Ergebnisse aber weder zahlenmäßig benennen, noch hätte er sie auf seine druck- und biegebeanspruchten Bohlenbinder anwenden können, da Quantin Zugversuche an Hölzern durchgeführt hatte.³⁷ Gilly wies darauf hin, dass Quantins Prüfmaschine nach dem Prinzip des Niederländers Petrus von Musschenbroek (1692-1761), Physikprofessor an den Universitäten Leiden und Utrecht, erbaut worden war.³⁸ Sowohl Gilly als auch 1808 sein Kollege Eytelwein bemängelten, dass Quantins Ergebnisse nicht sauber dokumentiert worden waren.³⁹ Doch gab es im Wissenschaftsbereich durchaus weitere gut dokumentierte und publizierte Festigkeitsunter-

suchungen an Hölzern. So waren durch den von Gilly angesprochenen Musschenbroek bereits 1729 Zug-, Biege- und Knickversuche an kleinen Holzproben durchgeführt und in seinem Buch *„Physicae experimentales et geometricae“* veröffentlicht worden. Von Musschenbroek waren zudem Regeln zur Beurteilung der notwendigen Stärke von Hölzern aufgestellt worden, die auch Leonhard Euler (1707-1783) später bestätigt hatte.⁴⁰ Ebenfalls 1729 waren durch den französischen Professor der Artillerieschule Bélidor (1697-1761) in seinem Werk *„Science des Ingenieurs“* Ergebnisse von Biegeversuchen an Holz veröffentlicht worden.⁴¹ Ab 1735 war der Einfluss des Flößens auf Eichenholz von Duhamel du Monceau (1700-1782) untersucht worden, wobei bei seinen Biegeprüfungen auch die Durchbiegungen gemessen worden waren.⁴² Auch der Gilly durch den Bau der *Pont de Neuilly* (1768-1774) bekannte französische Ingenieur Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794) hatte bereits 1746 kleine Holzproben untersucht.⁴³

Schwierigkeiten bereitete die Verwertbarkeit der frühen Prüfergebnisse für den Bauprozess. Zwar fand im 18. Jahrhundert eine auf umfangreichen Materialuntersuchungen basierende Qualitätsauswahl bereits auf den Großbaustellen steinerner Gewölbe- und Brückenkonstruktionen statt⁴⁴, doch bis dahin kaum benötigt wurden die Materialprüfungen im Holzbau. Hier war die Holz Auswahl traditionell dem Forst- bzw. Zimmermann vorbehalten, der umfangreiches Materialwissen besaß. Anhand optischer Kriterien bewertete er vor allem die Wuchsmerkmale des Holzes und schloss daraus auf dessen Güte. Für die empirisch errichteten Holztragwerke war das auch vollkommen ausreichend. Anders verhielt es sich bei den Bohlenbindern. Diese in ihrer Tragwirkung unbekannt Bauweise hätte ganz dringend die von Gilly angesprochene Basis der Materialfestigkeitsversuche benötigt. Doch scheinen Gillys diesbezügliche, beiläufig und ohne Dringlichkeit oder

Nachdruck formulierten Hinweise halbherzig. War seine Überzeugung von der Tragfähigkeit der Bohlenbinder so groß? Oder lag es nicht in seiner Macht, solcherart Versuche zu initiieren? In erster Linie scheint Gilly doch stark im traditionellen Materialdenken verankert gewesen zu sein. Noch 1805 fanden sich in seiner Beschreibung der Bauhölzer lediglich Angaben aus Forsthandbüchern, dagegen keine Hinweise auf die veröffentlichten Materialuntersuchungen der neuen Ingenieurwissenschaftler.⁴⁵ Daher konnte Gilly keine eigenen fundierten Angaben zur Tragfähigkeit der Bohlenbinder machen.

Zur Verbindung der Bohlenbinderbögen untereinander:

Gilly vermied, wie vor ihm bereits Langhans, die von de l'Orme propagierten Riegel zwischen den Bohlenbindern. Er begründete dies mit den großen Bauteilschwächungen, die durch das Einbringen der Riegel de l'Ormes verursacht wür-

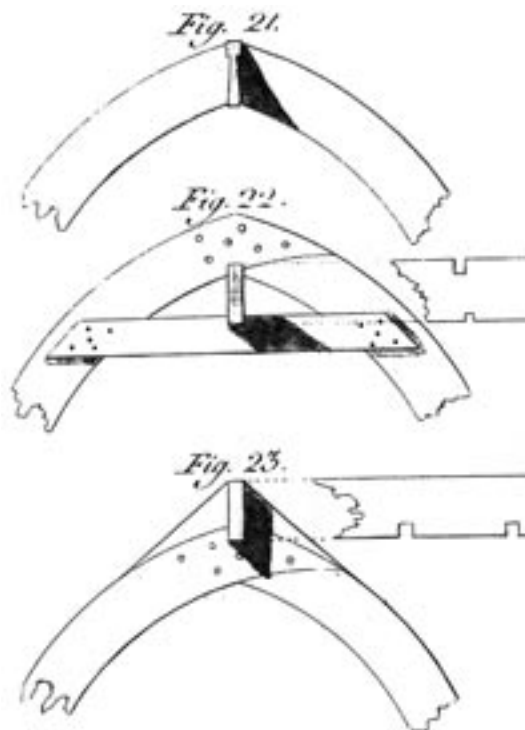
den. Abstandshalter zwischen den Bindern zog Gilly trotzdem in Betracht. So übernahm Gilly die von Langhans eingeführte Firstbohle. Weiterhin schlug er vor, Hölzer ohne Bauteilschwächungen an den Bohlenstößen zwischen den Bindern einzukeilen.⁴⁶ Dieser Vorschlag ist sehr theoretisch, denn schon allein infolge natürlicher Klimaschwankungen und den damit verbundenen Feuchteänderungen arbeitet das Material Holz, so dass die lediglich eingekeilten Abstandshalter versagen würden. Mit dieser Äußerung zeigt sich jedoch erneut, dass Gilly die hölzernen Binder als vollkommen steif betrachtete, denn nur so wäre ein dauerhaftes Einkeilen der Abstandshölzer möglich.

Die Aussteifung seiner Bohlendächer gegenüber einwirkenden Windlasten wies Gilly den Walmen zu bzw. den mindestens 2 Fuß dicken, mit Pfeilern verstärkten Giebelwänden, den Dachlaten und den unter den Sparren anzubringenden Windrispen.⁴⁷

Korrekturen und Ergänzungen Gillys zwischen 1797 und 1801

Schon 1798 musste Gilly den Riegeln de l'Ormes zwischen den Bindern größere Bedeutung einräumen. So wies er darauf hin, dass diese ein „Wanken“ der Binder verhinderten und in Frankreich immer ausgeführt würden.⁴⁸ 1800 traf er die nächste Einschränkung. Es waren Schäden an der von Langhans entwickelten Firstverbindung aufgetreten. Gilly empfahl nun, die Firstverbindung in Zukunft in Form einer Überblattung der Bohlenbindersparren auszuführen und eine die Bohlen verbindende Firstbohle aufzukämmen.⁴⁹ Zugleich konnte Gilly 1800 aber ebenfalls auch auf einen Versuch an einem 60 Fuß langen, aus zweizölligen Bohlen doppelt zusammengesetzten und 7 Fuß überhöhten Kreissegmentbogen hinweisen. Genauer über Versuchsaufbau, Widerlagerausbildung und Belastung beschrieb er

Abb. 6: Firstbohle von Langhans und Korrekturen Gillys am First



nicht. Der Versuch verlief nach Gillys Angaben erfolgreich. Er schlussfolgerte, dass die schwerste Last einer Eindeckung die Binder nicht einzudrücken vermochte. Schwierig war seinerzeit jedoch die realitätsnahe Simulation der auf einen solchen Bohlenbinder einwirkenden Lasten. Probelastungen wurden häufig allein anhand der aufgetragenen Maximalbelastungen gemessen. So wurde die Tragfähigkeit von Brücken anhand der maximalen Personen- und Wagenanzahl bewertet, die zeitgleich die Brücke querten, ohne allzu große Verformungen der Brücke zu bewirken. Häufig fanden diese Prüfungen am Tag der Brückeneröffnung unter Beisein vieler, nicht selten kritischer Schaulustiger statt.⁵⁰ Der wesentliche Einfluss der Belastungsverteilung auf das Ergebnis der Probelastung war bei Brücken noch leicht durchzuführen, wurde bei der Prüfung von Decken und Dächern jedoch meist vernachlässigt. Auch der von Gilly beschriebene Versuch lässt aufgrund der erwähnten schweren Eindeckung nur auf eine symmetrische Belastungsverteilung schließen. Hinsichtlich symmetrischer Lasten verhalten sich Bögen im Allgemeinen auch sehr tragfähig, problematischer erweisen sich jedoch die aus Schnee und Wind resultierenden unsymmetrischen Lasten, die Gilly in seinem Versuch offensichtlich nicht miteinbezogen hatte. Der durchgeführte Versuch Gillys stieß auf das Interesse des Königs Friedrich Wilhelm III., der befahl, eine komplette Brücke mit einer Länge von 60 Fuß und einer Breite von 20 Fuß aus 5 Bohlenbindern zu testen.⁵¹

Zwischen 1798 und 1801 war Gilly auch an praktischen Ausführungen der Bohlenbinderbauweise beteiligt. So wirkte er u. a. an mehreren Reithallen, frühindustriellen Gebäuden und einem Schauspielhaus mit.⁵²

1801 veröffentlichte Gilly die zweite, umfangreichere Publikation über Bohlenbinder.⁵³ Im Vorwort verwies er darauf, dass seine Erstschrift viele Ausführende nicht erreicht hätte und es

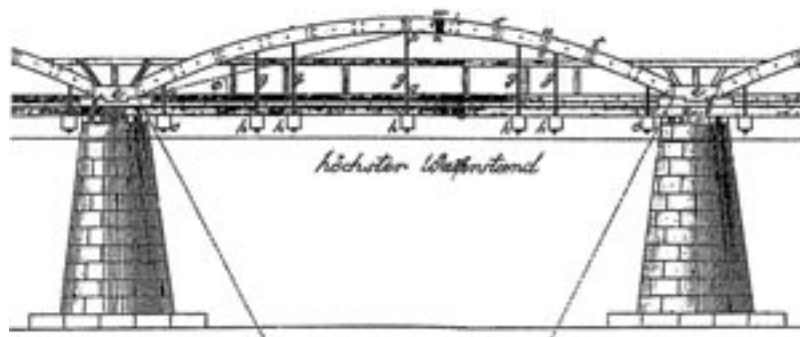


Abb. 7: Bunte Brücke, errichtet 1800 von Funk

deshalb bereits zur Schäden durch falsche Dachausführungen gekommen wäre.⁵⁴ Die Erfahrung lehre, dass die Bohlenbinderstöße nie so exakt hergestellt werden könnten, dass die Binder vollkommen steif werden würden.⁵⁵ Infolge der Bohlenbinderverformungen war eine Schubwirkung im Bohlenbinderauflager auf das angrenzende Mauerwerk festgestellt worden. Gilly riet infolgedessen, die Mauern sehr stark auszubilden, durch Pfeiler zu verstärken, oder durchgehende Zugbalken, ähnlich den Deckenbalken der Sparrendächer, einzufügen.⁵⁶

Hinsichtlich der Bohlenbindertragfähigkeit äußerte er sich insgesamt positiv:

„Die Erfahrung hat auch gelehrt, dass daher, nach Art der Bohlensparren construierte ziemlich lange Balken, schwere darüber geführte Lasten trugen, so dass man dergleichen bey Brücken anwenden konnte.“⁵⁷

Aus seiner Anmerkung geht nicht hervor, ob er sich auf den zuvor erwähnten Brückenversuch im Auftrag des Königs bezog oder auf darüber hinaus errichtete Bohlenbrücken. Verwiesen sei etwa auf die 1800 durch den Wasserbauingenieur Franz Ernst Theodor Funk (1768-1820) im Auftrag der preußischen Regierung errichtete Bunte Brücke, eine 6-feldrige Bohlenbrücke über die Weser, die nach Angaben Funks noch 1812 in sehr gutem Zustand war.⁵⁸

Stellungnahmen anderer Baufachleute um 1800

Wie äußerten sich Gillys Fachkollegen zu der propagierten Bohlenbinderbauweise?

1803 bezog Gillys Kollege Eytelwein Stellung zu den Bohlenbindern, wobei er sich insgesamt lobend über die Bauweise äußerte. Eytelwein war Mitbegründer der Berliner Bauakademie und Lehrender der Fächer Mechanik fester Körper, Hydraulik und Maschinenlehre⁵⁹. Eytelwein ging in seiner Publikation⁶⁰ detaillierter auf Einzelfragen der Aussteifung und der Bogenform ein. Für Spannweiten der Bohlenbinder über 50 Fuß riet er, zusätzliche Kehlbalcken in der mittleren Höhe der Bohlenbinder einzufügen.

Die hergestellten Bohlenbinderbögen waren aufgrund ihrer Rundung nur schwer mit einer Ziegeldachdeckung mangelfrei zu überdecken. Daher suchte Eytelwein nach der bestmöglichen geometrischen Bogenform, die der bei geraden Sparren üblichen Dachneigung entsprach und zugleich eine geschlossene Ziegeldachdeckung ermöglichte.⁶¹ Als Gilly 1803 nach Paris⁶² reiste, traf er dort Jacques-Guillaume Legrand (1743-1807), einen der Architekten der Kuppel der *Halle au Blé*, die ein Jahr zuvor einem Brand zum Opfer gefallen war. Gilly besichtigte ein Modell der Kuppel und bemerkte, dass die Kuppel recht robust erbaut worden war, wobei er Bezug auf die erforderlichen Querschnittsangaben nach Rechnung Jean-Baptiste Rondelets (1734-1829) für eine Neuerrichtung der Kuppel in Bohlenbauweise nahm.⁶³ Rondelet hatte gerade eine Schrift zum Wiederaufbau der abgebrannten Kuppel der *Halle au Blé* in Paris vorgelegt⁶⁴, in der er einen Vorschlag für eine Ausführung als Steinkonstruktion dargelegt und die Vorteile einer Variante aus Stein gegenüber Tragwerken aus Holz und Eisen herausgestellt hatte. In diesem Zusammenhang äußerte er sich skeptisch zur Ausführung derart weit gespannter Kuppeln aus Materialien wie Holz und Eisen, deren Dehnungsverhalten infolge von

Temperatur- und Klimaeinflüssen nachteilige Auswirkungen auf die Festigkeit hätten.⁶⁵ Rondelet hatte sich beim Bau der Kuppel des Panthéons in Paris sehr intensiv mit dem Bau steinerne Kuppeln beschäftigt. Neben Fragen der optimalen Kuppelform⁶⁶, hatte er auch detailliert die Festigkeiten der Materialien untersucht, wobei er die Festigkeitsprüfgeräte Perronets weiterentwickelt hatte.⁶⁷ Sicherlich hatte sein Wunsch, die Kuppel der *Halle au Blé* in Stein wiederzuerichten, vor diesem Erfahrungshintergrund auch Einfluss auf seine negativen Äußerungen bezüglich der hölzernen Kuppeln:

*„Ich werde mich in keine Untersuchung der Methode des Philibert Delorme einlassen; es wird hinlänglich seyn zu bemerken, dass dies Mittel bey gewöhnlichen kleinen Gewölben mit einigen Abänderungen, Anwendung findet, bey großen Wölbungen aber eine ganz verschiedene Behandlung erfordert.“*⁶⁸

Seine Bemerkungen über hölzerne Kuppeln stützten sich auf eigene Erfahrungen. So hatte Rondelet während einer Italienreise zwischen 1783-1784 die dortigen hölzernen Kuppeln studiert.⁶⁹ Zudem hatte er sich neben den Materialuntersuchungen an Steinen mit Bruch- und Knickversuchen an quadratischen Holzstäben beschäftigt.⁷⁰ Rondelet bemerkte auf Grundlage seiner Erfahrungen, dass Bögen aus Brettern völlig ungeeignet wären und riet, beim Bau von Holzkuppeln Zimmerholz mit großen Querschnitten zu verwenden. Weiterhin kritisierte er an den Befürwortern der Bohlenbinderbauweise, dass diese nicht berücksichtigt hätten: *„dass die Vereinigung einiger Bretter so gut sie auch seyn mag, nicht mit dem ganzen Holzblock vergleichbar ist.“*⁷¹

Damit war angesprochen, was als Problem der Bohlenbinder dieser Zeit zu erkennen war. Gilly selbst veröffentlichte dies 1805 in der „Sammlung nützlicher Aufsätze, die Baukunst betreffend“. Konsequenzen von Seiten der preußischen Bauverwaltung folgten nicht. Auch nach Gillys

Tod 1808 beschrieben seine Schüler die Bohlenbinderbauweise ohne große Änderungen.⁷² Noch 1808 betrachtete Eytelwein, obwohl er zeitgleich eigene Untersuchungen zur Elastizität und Biegefestigkeit von Holz veröffentlichte⁷³, die hölzernen Verbindungen als vollkommen steif. Erneut wurden die hölzernen Bögen mit steinernen Gewölben verglichen. Entsprechend den Theorien seiner Zeit zu Mauerwerksbögen wollte Eytelwein auch die hölzernen Bögen als Umkehrung der Kettenlinie formen. Um die Kettenlinie exakt nachzubilden, riet er erneut, wie zuvor de l'Orme, nur kurze Bohlenstücke zu verwenden, da sich diese besser der Funktion der Kettenlinie anpassen.⁷⁴

So muss man zusammenfassen, dass die Bemühungen Gillys und Eytelweins zur Etablierung der Bohlenbinderbauweise an den mangelnden Erfahrungen im Umgang mit dem Baustoff Holz und den ungünstig gewählten theoretischen Tragmodellen scheiterten.

Einen praktischeren Ansatz der Tragwerksoptimierung wählte der deutsche Ingenieur Carl Friedrich von Wiebeking (1762-1842). Wiebeking war mehrfach⁷⁵ an den Aufnahmebedingungen der Preußischen Bauverwaltung, unter anderem aufgrund mangelnder architektonischer Kenntnisse, gescheitert⁷⁶. Eine Zusammenarbeit Gillys und Wiebekings hätte aus heutiger Sicht fruchtbar sein können. Wiebeking errichtete zwischen 1807 und 1809 in bayerischen Diensten hölzerne Bogenbrücken. Seine Brücken setzten sich im Gegensatz zu Gillys Bohlenbindern aus liegenden Bohlen zusammen. Wiebeking hatte fundierte Kenntnisse im Umgang mit dem Baustoff Holz, war vertraut mit der Inhomogenität des Holzes, dem Einfluss der Astlöcher und Harze sowie den Abhängigkeiten der Festigkeiten von der Faserrichtung. Für die Errichtung seiner Brücken führte er umfangreiche Festigkeits- und Biegeversuche durch.

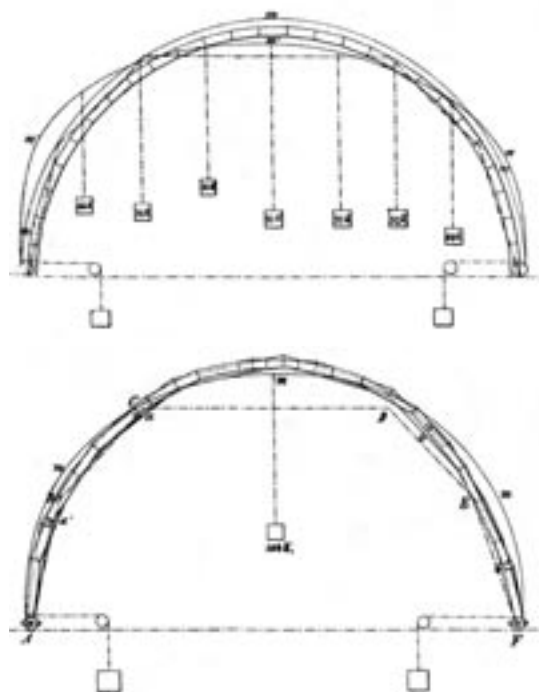


Abb. 8: Probelastungen Ardants

Auf Grundlage seiner praktischen Erfahrungen forderte er, generell nur Versuche und Beobachtungen an großen Konstruktionen durchzuführen. Berechtigt bestritt er die Beweiskraft der damaligen Versuche an Kleinproben in Hinblick auf deren Übertragbarkeit auf reale Tragwerke.⁷⁷ Wiebeking wählte mit den großmaßstäblichen Bauteilversuchen den aufgrund mangelnder theoretischer Grundlagen sichersten Weg des Nachweises und der Optimierung unbekannter Tragwerke.

Gillys Bohlenbinder aus heutiger Sicht

Gilly hatte sich mit dem Ziel einer Holzeinsparung an der so wenig durch verlässliche Erfahrungen bestätigten Konstruktionsweise der Bohlenbinder eine schwere Aufgabe gestellt. Sukzessive musste er die fehlenden Erfahrungen an den neu errichteten Bohlenbinderbauten sammeln. Die-

se Art empirischer Tragwerksoptimierung stellt jedoch einen sehr langwierigen und unsicheren Weg dar, denn die errichteten und auch genutzten Bohlenbindertragwerke wurden damit zu Versuchsbauten. Das machte es Kritikern leicht, der Bauweise mangelnde Tragfähigkeit nachzusagen. Detaillierte Tragfähigkeitsuntersuchungen an Bohlenbindern wurden in Deutschland erst nach Gillys Tod 1808 durch Funk (1812), Zimmermann (1830) und abschließend 1847 durch Paul Joseph Ardant (1800-1858) durchgeführt⁷⁸. Theoretische Grundlagen für eine statische Berechnung der elastischen hölzernen Tragwerke wurden erst ab 1821 durch Claude-Louis-Marie-Henri Navier (1785-1836) geschaffen und 1827 vollständig veröffentlicht. Die Versuche Zimmermann und Ardants bestätigten Rondelets Kritik an der Weichheit der Binder. Verbesserungen an der Konstruktionsweise wurden nur noch vereinzelt vorgenommen. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Bohlenbinder kaum noch errichtet. Für weit gespannte Tragwerke erhielten vorerst die Eisenkonstruktionen den Vorzug.

¹ S. z. B. die Bogenbrücken- und Dachtragwerke Hans Ulrich Grubenmanns (1709-1783).

² Vgl. Lammert 1981, S. IX.

³ Vgl. Philipp 1997, S. 174.

⁴ Vgl. Dobbert, Meyer 1899, S. 34.

⁵ Es erschienen: 1797 „Ueber Erfindung, Construction und Vortheile der Bohlen-Dächer“, 1798 „Von den Bohlendächern überhaupt“, 1800 „Etwas über die Bohlendächer und deren Construction“, 1801 „Etwas über Bohlendächer“, 1801 „Anleitung zur Anwendung der Bohlen-Dächer bey ökonomischen Gebäuden und insbesondere bey den Scheunen“, 1805 „Über die Wiedererbauung der Kuppel der sogenannten Halle-au-bled in Paris“, 1805 „Von den Bohlendächern überhaupt“.

⁶ Vgl. Gilly 1797.

⁷ de l’Orme 1561.

⁸ Gilly 1797, S. 28.

⁹ Ebd., S. 33, Bezüglich des Problems der Herstellung dichter Dachdeckungen plädierte de l’Orme für die Trennung der Tragkonstruktion und der raumabschließenden Funktion durch die Einführung zweier Bögen mit einem weniger gekrümmten Tragbogen und einem innenseitig halbkreisförmig gekrümmten Raumabschluss.

¹⁰ Vgl. Gilly 1797, S. 29.

¹¹ Ebd., S. 32.

¹² Ebd.

¹³ Vgl. Rüschi 1997, S. 226 u. Gilly 1797, S. 47.

¹⁴ Ebd., S. 224.

¹⁵ Ebd., S. 22.

¹⁶ So errichtete Langhans 1788/9 das „Otahitische Korbhaus“ und ein „Gotisches Angelhaus“. Vgl. Rüschi 1997, S. 23.

¹⁷ Vgl. Gilly 1797, S. 36.

¹⁸ Vgl. Günzel 1988, S. 66.

¹⁹ Vgl. Lammert 1981, S. 14 sowie S. 194, Anm. 127.

²⁰ Vgl. Steck 1996, S. 77.

²¹ Z.B. waren die Direktoren Struve und Voß zuvor bei der märkischen Kammer für das Forstwesen zuständig gewesen. Vgl. Steck 2000, S. 29 und Steck 1996, S. 78-79.

²² Vgl. Steck 2000, S. 29.

²³ Vgl. Lammert 1981, S. 7.

²⁴ Vgl. Rüschi 1997, S. 31.

²⁵ Vgl. Gilly 1797, S. 8.

²⁶ Vgl. Rüschi 1997, S. 40.

²⁷ Ebd., S. 152-153.

²⁸ Ebd., S. 188-189.

²⁹ Die Stärke der Ausbauchung sollte demnach höchstens 1/6 betragen. Vgl. Gilly 1797, S. 60.

³⁰ Vgl. Gilly 1797, S. 20.

³¹ „... so ist klar, daß aller Querverband bey diesen Dächern völlig wegfallen kann.“, Gilly 1797, S. 19.

³² Vgl. Gilly 1797, S. 59-60. Unklar bleibt an dieser

Stelle, inwieweit er selbst solche Untersuchungen hätte vornehmen lassen können.

³³ Vgl. Gilly 1797, S. 32.

³⁴ Ebd., S. 19.

³⁵ Gilly 1797, S. 59-60.

³⁶ Vgl. Gilly 1797, S. 30, sowie Leon 1912, S. 47.

³⁷ Vgl. Leon 1912, S. 47-48. Scheinbar führte Quentin keine Druck- und Biegeversuche durch, diese wären nach Gillys vorheriger Bemerkung wesentlich, da er selbst von vornehmlicher Druckbeanspruchung der Bohlenbinder ausging, Vgl. Eytelwein 1808, S. 248.

³⁸ Vgl. Gilly 1797, S. 30.

³⁹ Damit waren sie auch für Eytelweins Versuche 1808 nicht verwertbar. Vgl. Eytelwein 1808, S. 248.

⁴⁰ Vgl. Fulda 1796, S. X-XI.

⁴¹ Vgl. Leon 1912, S. 18.

⁴² Ebd., S. 18.

⁴³ Vgl. Leon 1912, S. 20.

⁴⁴ So z.B. durch Perronet beim Bau der Pont de Neuilly und durch Rondelet beim Bau des Pantheons in Paris.

⁴⁵ Vgl. Gilly 1805c, S. 140-188.

⁴⁶ Vgl. Gilly 1797, S. 59.

⁴⁷ Ebd., S. 19-20.

⁴⁸ Vgl. Gilly 1798, S. 123-124.

⁴⁹ Vgl. Gilly 1800, S. 135.

⁵⁰ S. z.B. die Beschreibungen zur Probelastung von Wiebekings Brücke bei Augsburg über den Lechfluß. Vgl. Wiebeking 1809, S. 28-29.

⁵¹ Vgl. Gilly 1800, S. 136-137.

⁵² Vgl. Rüschi 1997.

⁵³ Gilly 1801a.

⁵⁴ Vgl. Gilly 1801a, S. IV.

⁵⁵ Vgl. Gilly 1801b, S. 134.

⁵⁶ Vgl. Gilly 1801a, S. 1-2.

⁵⁷ Gilly 1801a, S. 23.

⁵⁸ Vgl. Funk 1812.

⁵⁹ Vgl. Kurrer 2002, S. 469.

⁶⁰ Eytelwein 1803.

⁶¹ Vgl. Eytelwein 1803, S. 42-46, Abb. Blatt IV.

⁶² Vgl. Günzel 1988, S. 67.

⁶³ Vgl. Gilly 1805b, S. 86.

⁶⁴ Rondelet, Jean, *Mémoire sur la reconstruction de la coupole de la Halle-au-Bled de Paris*, Paris 1803.

⁶⁵ Vgl. Gilly 1805b, S. 79.

⁶⁶ Ebd., S. 83.

⁶⁷ Vgl. Leon 1912, S. 20.

⁶⁸ Übers. Gilly. Vgl. Gilly 1805b, S. 85.

⁶⁹ So berichtete er ausführlicher über deren Konstruktion. In: Rondelet 1834, S. 157.

⁷⁰ Vgl. Leon 1912, S. 20.

⁷¹ Vgl. Gilly 1805, S. 88.

⁷² Siehe hierzu z.B. Voit ca. 1825, S. 78-79 und Triest 1808, S. 6-8.

⁷³ Vgl. Eytelwein 1808.

⁷⁴ Eytelwein 1808, S. 114-118.

⁷⁵ 1784 an einem Examen in Geometrie, 1786 in der „architektonischen“ Prüfung und zuletzt bei seiner Anfrage 1796. Vgl. Fedorov 2005, S. 19, 23.

⁷⁶ Fedorov 2005, S. 19.

⁷⁷ Vgl. Wiebeking 1809 und Leon 1912, S. 42-43.

⁷⁸ S. Funk 1812, Zimmermann 1830, Ardant 1847.

Abbildungen:

Abb. 1: de l'Orme 1561, S. 286.

Abb. 2: Gilly 1797, Kupferblatt VII.

Abb. 3: de l'Orme 1561, S. 297.

Abb. 4: Gilly 1801, Abb. 20.

Abb. 5: Gilly 1797, Kupfertafel VI.

Abb. 6: Gilly 1801, Abb. 21-23.

Abb. 7: Funk 1812, Abb.1.

Abb. 8: Ardant 1847, Tafel 11, Abb. 23, 24.