

Die Hetzerbauweise, entwickelt anfangs unseres Jahrhunderts, eröffnete eine neue Ära im Holzbau. Otto Hetzer (1846–1911) erfand das Brett-schichtholz. Der Autor berichtet über die Entwicklung der Hetzerbauweise und zeigt Beispiele ihrer Anwendung.

**Innovation in timber engineering.** *The Hetzer method developed at the beginning of our century opened up a new era in timber construction. Otto Hetzer (1846–1911) found out the use of glued laminated timber structures. The author reports on the development of Hetzer' glulam and points out examples of its application.*

## 1 Einführung

Die Hetzerbauweise, zu Beginn unseres Jahrhunderts erfunden, revolutionierte den Holzbau und eröffnete eine neue Ära des Bauens mit Holz. Die Herstellung weitgespannter Holzbauten bis vierzig Meter war damit gegenüber den traditionellen Zimmermannskonstruktionen wirtschaftlich machbar. Der harte Wettbewerb zwischen dem über Jahrhunderte bewährten Holzbau und den neuen aus künstlichen Baustoffen wie Stahl und Beton bestehenden Bauweisen, dem Stahl- und Stahlbetonbau, hatte im Zeitraum zwischen 1850 und 1900 den Holzbau fast vollständig aus dem Brücken- und Hallenbau verdrängt. geblieben waren noch Anwendungsbe-reiche im Wohnbau bei Decken und Dächern und bei Hallen und Brückenbauten mit kleinen Spannweiten.

Das folgende Zitat aus dem Jahre 1913 kennzeichnet die Situation des Holzbaus zu Beginn des 20. Jahrhunderts wie folgt:

„... Die Bauarten mit Zement wurden in fleißigster, oft wohl überstürzter Weise in der Anwendung verallgemeinert und überall gefördert, wogegen sich die Bauweisen in Holz des allgemeinen Fortschritts nicht bemächtigten; sie sind allermeist auf Althergebrachtem stehen geblieben und wurden daher auch vielfach dort zurückgedrängt, wo sie ihre vielhundert-

jährige Wesensberechtigung erwiesen hatten ...“ [2].

Dem Weimarer Hofzimmermeister *Otto Hetzer* gelang Anfang unseres Jahrhunderts erstmals die dauerhafte industrielle Verklebung von Holzlagen zu ganzen Tragwerken. Die damit gewonnene Unabhängigkeit der Tragwerksgestaltung von den gewachsenen Dimensionen des Holzes sowie die Erzeugung praktisch beliebiger Krümmungen und statisch günstiger Querschnitte verbesserte die Leistungsfähigkeit des Holzbaus entscheidend (s. auch [1]).

Nachfolgend soll der Entwicklungsweg dieser wegweisenden Innovation behandelt werden. Dabei soll zunächst die Etappe bis 1925 untersucht werden. In einem zweiten Teil wird zu einem späteren Zeitpunkt versucht, die weitere Entwicklung zu skizzieren.

## 2 Entwicklungsweg von Otto Hetzer

Bisher sind nur wenige Daten aus dem Lebensweg von *Otto Hetzer* bekannt. Daher läßt sich sein Wirken eher aus der Entwicklung seines Betriebes und seiner Erfindungen darstellen.

*Otto Karl Friedrich Hetzer* wurde in Kleinobringen nahe bei Weimar am 16.02.1846 geboren. Im Jahre 1872 ließ sich *Otto Hetzer* mit einem Dämpfsägewerk und Zimmereigenschaft in Weimar nieder. Beide Betriebe entwickelten sich zu einem der bedeutendsten Betriebe der in Weimar zu dieser Zeit aufblühenden Baustoffindustrie. *Hetzer* beschäftigte im Jahr 1880 etwa 80 Arbeitskräfte. 1883 wurde der Betrieb vergrößert und in „Weimarische Bau- und Parkettfußbodenfabrik“ umbenannt. 1895 verlegte er den Betrieb an den Rand der Stadt.

Die schnelle Entwicklung des um 1900 zweitgrößten Betriebes in Weimar führte zu einer starken Überschuldung, weshalb das Un-

ternehmen am 26. Dezember 1901 in eine Aktiengesellschaft überführt wurde. Hauptaktionäre waren neben *Hetzer* ein preußischer Staatsminister, ein nordthüringischer Waldbesitzer und ein Jenaer Medizinprofessor. 1910 schied *Otto Hetzer* aus der Firma aus. Er starb am 18.11.1911 in Weimar.

Die weitere Entwicklung der Firma oder das Wirken seiner drei Söhne *Karl Paul Hetzer*, *Walter Ernst Hetzer* und *Otto Alfred Hetzer* für den Holzbau kann zur Zeit aufgrund fehlender Erkenntnisse nicht nachvollzogen werden und ist auch für die nachfolgende Untersuchung der Pionierleistung *Otto Hetzers* nicht weiter wesentlich.

## 3 Entwicklung der Hetzerbauweise bis 1925

*Otto Hetzer* widmete sein ganzes berufliches Wirken der Verbesserung der Holzverwendung. Eine solche Verbesserung sah er vorrangig in der Erschließung neuer Anwendungsmöglichkeiten und in der Erhöhung der Dauerhaftigkeit von Holzkonstruktionen. Davon zeugen seine Patente und Gebrauchsmuster.

So ließ er sich im Jahre 1890 eine Fußbodenkonstruktion patentieren, die besonders bei feuchten Bauten dem Entstehen von Schwindfugen und dem Schwammbefall durch eine gezielte Be- und Entlüftung vorbeugt (s. Bild 1).

Gleichzeitig ging es ihm darum, bisher kaum verwendetes Rotbuchenholz einzusetzen. Er entzog diesem Holz durch geeignete Behandlung die Proteinstoffe und verhinderte somit das gefürchtete Verwerfen der Hölzer. Der Fußboden bewies hohe Dauerbeständigkeit bei zahlreichen Postgebäuden und anderen öffentlichen Bauten.

Durch Gebrauchsmuster geschützt wurde ein sogenannter Klammerdübel, der bei Fachwerkkonstruktionen als zusätzliches



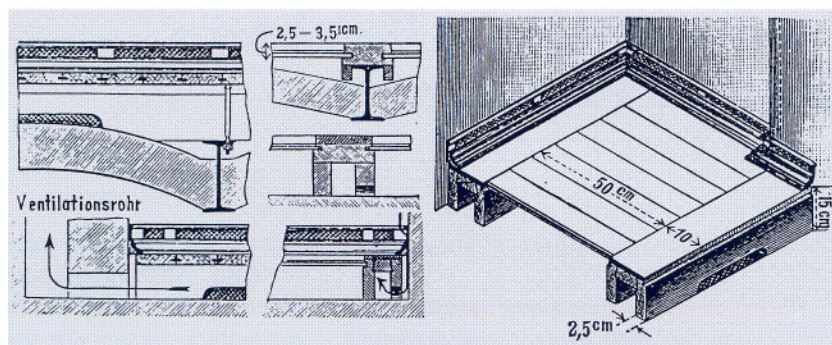


Bild 1. Deutscher Fußboden  
Fig. 1. „German“ floor structure

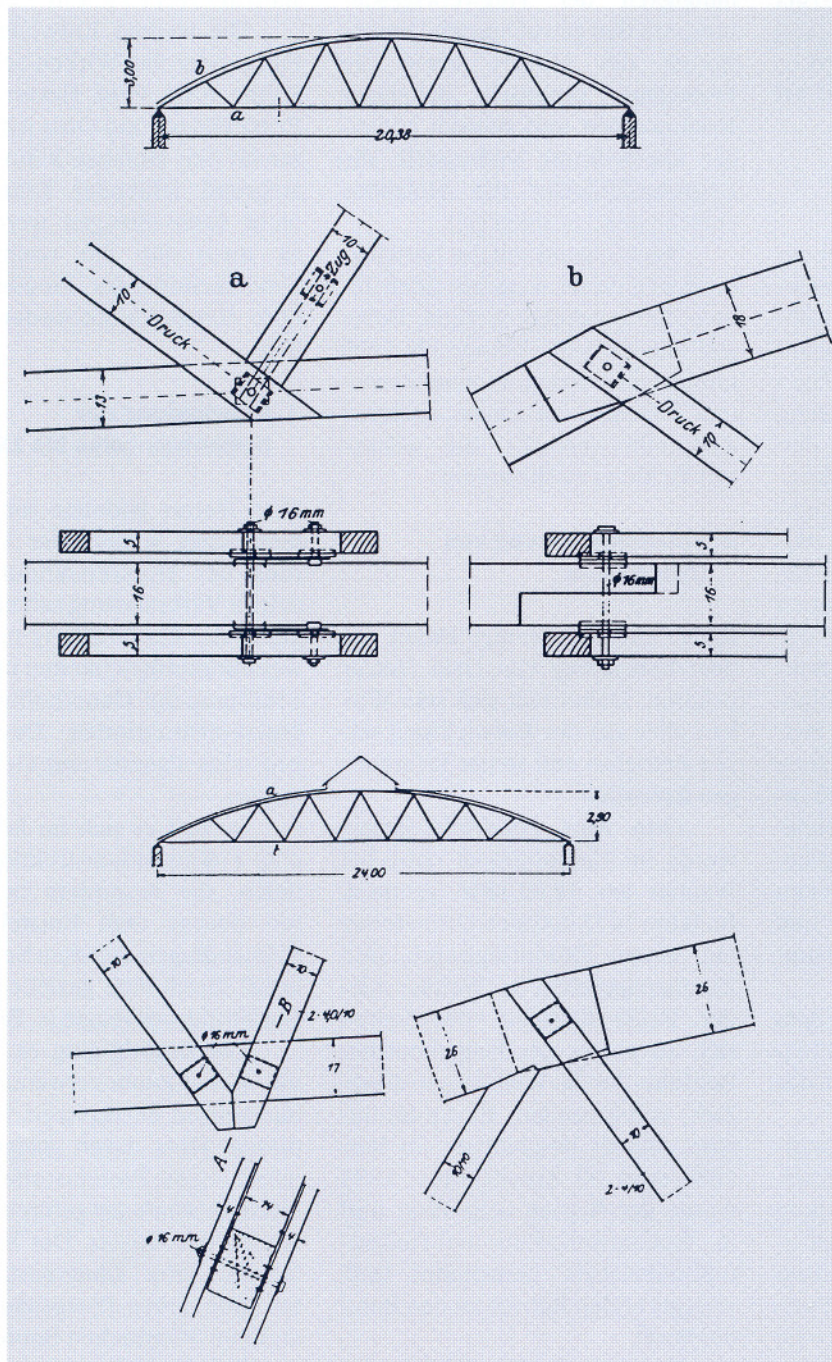


Bild 2. Fachwerkkonstruktionen unter Verwendung der Hetzerschen Klammerdübel  
Fig. 2. Latticed work structures with dowels

Verbindungsmittel eingesetzt wurde und die Biegemomente der durchgehenden Bolzen begrenzte (s. Bild 2).

Ein zentraler Punkt seiner innovativen Überlegungen war die gezielte Festigkeitssortierung des Holzes und beanspruchungsgerechte Anordnung des Holzes nach der Festigkeit.

In Analogie zum Eisenbeton stellte er verschiedene Verbundbalken her, bei denen er das festere Material, z. B. das druckfestere Buchenholz in der Druck- und das zugfestere Fichtenholz in der Zugzone anordnete. Zunächst erprobte er etwa ab 1890 Balken mit rechteckigem Querschnitt mit parabolisch gekrümmten Einlagen aus Holz hoher Festigkeit (s. Bild 3). Diese Balken wiesen eine höhere Festigkeit und Tragfähigkeit als normale Vollholzbalken auf.

Am 22. Juni 1906 erhielt Otto Hetzer dann ein Patent für eine Erfindung, die die Geburtsstunde der modernen Brettschichtbauweise markiert.

Patentiert wurde der Grundgedanke, ein gebogenes Holzbauteil in beliebiger Form aus mehreren Langholzstäben herzustellen (s. Bild 4). Die einzelnen Stäbe sollten über ein in Feuchtigkeit nicht lösbares Bindemittel miteinander verbunden sein. Bei der Herstellung des Bauteils werden die einzelnen Elemente durch Druck zusammengefügt. Nach dem Trocknen des Bindemittels entsteht dann ein „untrennbar“ verbundener Querschnitt.

1907 berichtet die Fachwelt über das erste Bauwerk, bei dem die Dachkonstruktion nach dem Patent ausgeführt wurde und die Deckenbalken aus Verbundbalken mit parabolischer Brettlage bestanden. Eingeleitet wird der Beitrag durch die Bemerkung: „Soeben ist in Altenburg, Sachsen-Anhalt“ (heute Land Thüringen – d.A.) eine bemerkenswerte Holzkonstruktion fertiggestellt worden, die von verschiedenen Gesichtspunkten aus besonderes Interesse in Anspruch nehmen kann, nicht nur als einzelnes Bauwerk an sich, sondern als Ausführungsform einer neuen Bauweise in Holz, die voraussichtlich bestimmt ist, der Jahrhunderte al-



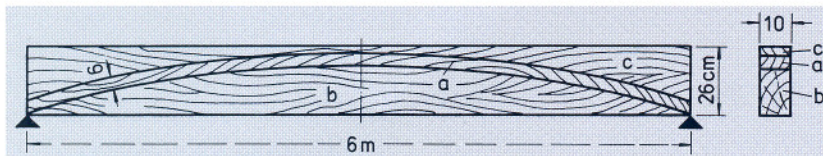


Bild 3. Verbundbalken mit parabolisch gekrümmter Brettlage  
Fig. 3. Glued laminated beam with a curved board

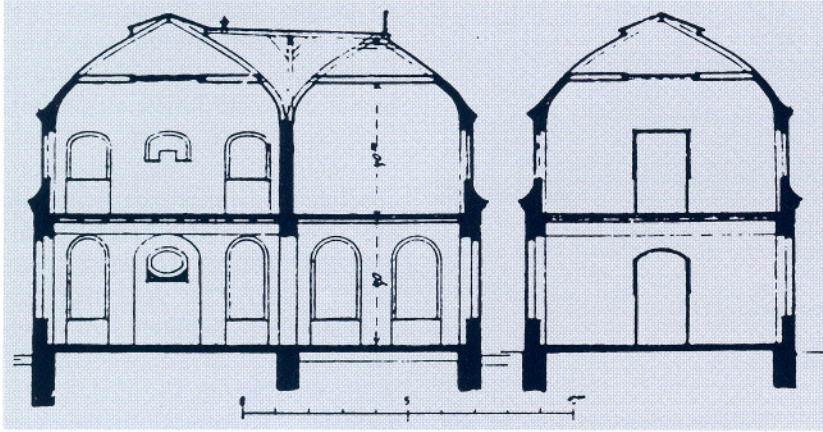


Bild 5. Museum Altenburg  
Fig. 5. Museum of Altenburg

ten Baumethode in Holz neues und frisches Leben einzuflößen“ [5] (s. Bild 5).

Ausdrücklich hervorgehoben werden die wirtschaftlichen Vorteile der neuen Holzbauweise, die die Wettbewerbsfähigkeit des Holzbaus insgesamt wesentlich verbesserten.

Bereits bis zum Jahre 1910 hatte Otto Hetzer ungefähr 65 Dachkonstruktionen in Brett-schichtbauweise mit Spannweiten bis 45 m ausgeführt.

Mit der Hetzerbauweise war man in der Form, in der Länge bzw. dem Bauteilquerschnitt nicht mehr an die durch die Natur vorgegebenen Stammdurchmesser gebunden. Schwächere Hölzer konnten in der nach statischen und gestalterischen Gesichtspunkten gewünschten Form zu weitgespannten Tragwerken gefertigt werden. Otto Hetzer hat konsequent diese Vorteile ausgenutzt. Die Tragwerke wurden entsprechend der statischen Beanspruchung dimensioniert, hatten fast immer der statischen Beanspruchung entsprechende Trägerhöhen bei i.a. gleichbleibenden Gurtquerschnitten. Der Querschnitt war stets ein I-Querschnitt (s. auch Bild 6). Bemerkenswert waren die zur damaligen Zeit

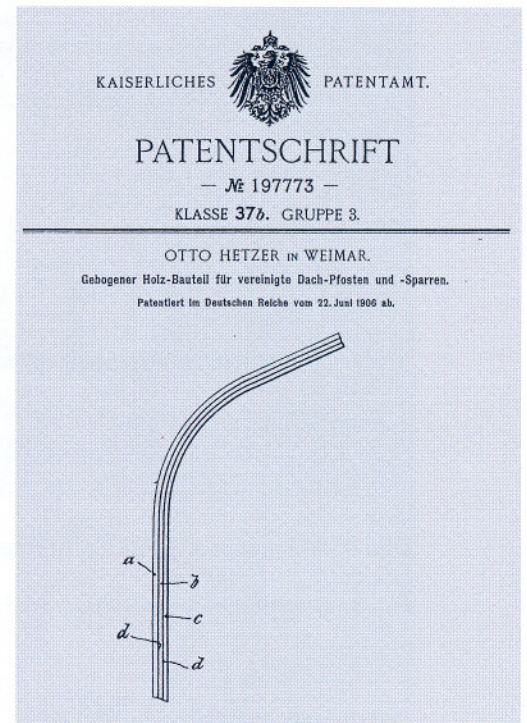


Bild 4. Patent Hetzerbauweise  
Fig. 4. Patent for Hetzer's construction

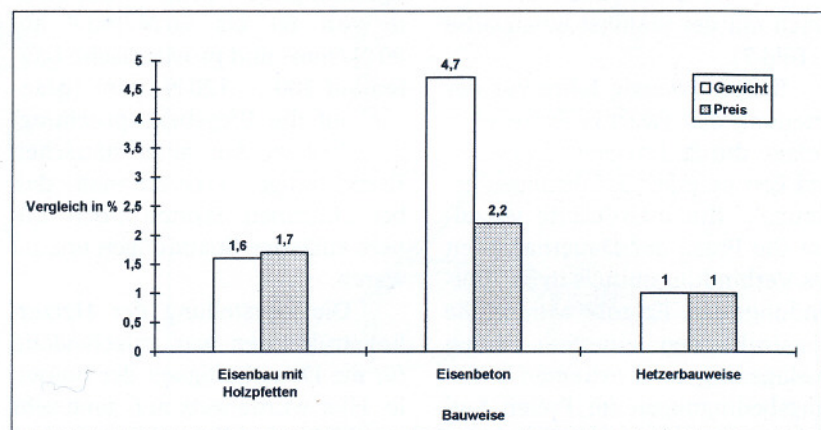


Bild 6. Vergleich verschiedener Bauweisen beim Postmuseum Trier, 1909  
Fig. 6. Comparison of different constructions at the Post museum in Trier (Germany)

| Tabelle: Gebräuchliche Brettstärken bei der Herstellung von Hetzerkonstruktionen |            |    |             |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|----|-------------|-----------|
|                                                                                  | Dicke (mm) |    | Breite (mm) | Länge (m) |
|                                                                                  | d1         | d2 |             |           |
|                                                                                  | 80         | 60 | 160<br>200  | 8...12    |
|                                                                                  | 100        |    |             |           |
|                                                                                  | 120        |    |             |           |

Bild 7. Gebräuchliche Dimensionierung der Querschnitte von Hetzertragwerken  
Fig. 7. Usual dimensioning of cross sections of Hetzer structures



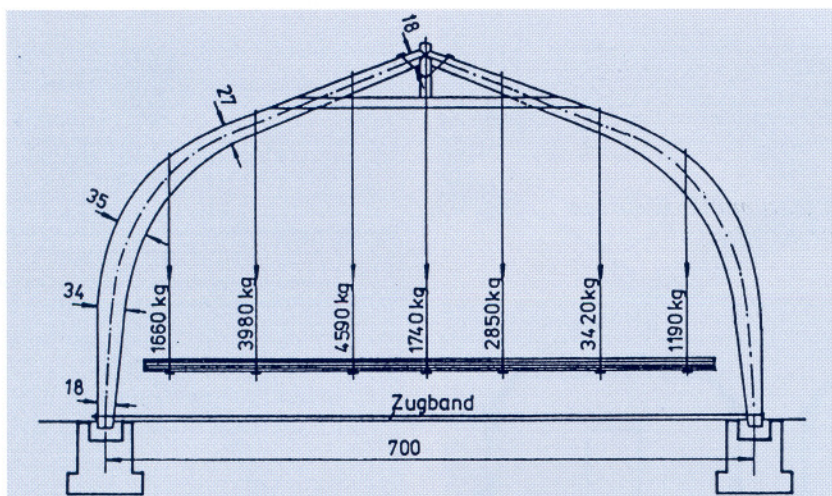


Bild 8. Versuchsvorrichtung für Bruchversuche durchgeführt 1913 in der Schweiz

Fig. 8. Equipment for failure tests (Switzerland 1913)

erzielbaren Preisvorteile der Bauweise, war sie doch – wie Beispiele belegten – bis zu 50 % billiger im Vergleich mit anderen Bauweisen, vor allem auch im Vergleich mit der Stahlbetonbauweise (s. Bild 7).

Schon zwanzig Jahre vor der Erteilung des Patentes hatte Otto Hetzer durch intensive Versuche und Erprobungen Erfahrungen gesammelt. Ihn interessierte vor allem die Frage der Dauerhaftigkeit des Verbindungsmittels in der Verbindungsfuge. Erprobt wurden die Konstruktionen einesteils durch Auslagerung unter extremen Witterungsbedingungen im Freien und andererseits bei verschiedenen Bauten. So wurden Verbundbalken mit 10 m Länge 1890 für mehrere Säle des Reichstagsgebäudes, für einen provisorischen Bahnhof in Dresden oder bei verschiedenen Kasernenbauten eingesetzt.

In amtlichen Materialprüfanstalten in Berlin und Dresden und im Zusammenhang mit dem Bau einer Lokomotivhalle in der Schweiz wurden 1903, 1904, 1908 und 1913 eingehende Untersuchungen zur Dauerbeständigkeit und der Tragfähigkeit der Verbundbalken durchgeführt (s. Bild 8). Die Versuche bewiesen eine ausreichende Festigkeit der Verbindung selbst nach monatelanger Lagerung im Freien und Beanspruchungen unter extremem Witterungsverhalten.

Die Festigkeit der Balken war höher als die vergleichbarer Vollholzbalken, weshalb der Vorschlag unterbreitet wurde, die zulässigen Spannungen für Bauteile aus Fichte von 60 bis 70 N/mm<sup>2</sup> auf 80 N/mm<sup>2</sup> und provisorische Bauten auf 100 ... 120 N/mm<sup>2</sup> (bezogen auf die Biegebeanspruchung) zu erhöhen. Aus alten statischen Berechnungen erkennt man, daß bei einzelnen Bauten noch höhere zulässige Spannungen erlaubt waren.

Die Herstellung der Hetzerkonstruktionen war entscheidend für die Dauerhaftigkeit der Bauteile. Hier wurde stets auf „eine sehr sorgfältige fachliche Arbeitsweise“ geachtet. Die sorgfältig gehobelten

Holzlamellen bestrich man mit dem maschinell hergestellten Klebstoff, legte sie übereinander und verpreßte die Querschnitte mittels Spindelpresse. Bei normaler Temperatur dauerte die Aushärtung des Klebstoffs 24 Stunden.

Da stets ein I-Querschnitt ausgeführt wurde, achtete man auf eine ausgewogene Proportion zwischen Steg und Gurten (s. Bild 6). Die äußeren Gurtlamellen wurden immer in ganzer Länge aufgeleimt. Größere Binder stellte man aus mehreren Teilen her, die man anschließend im Stegbereich über Holz- und im Gurtbereich über Stahlteillamellen biegefest verband. Die Dicke der einzelnen Holzlamellen richtete sich nach der angestrebten Tragwerkskrümmung und betrug 15–45 mm. Der kleinste Krümmungshalbmesser betrug 2 m. Verwendet wurde hauptsächlich völlig luftgetrocknetes Fichtenholz (Rottanne) wegen der besseren Haftfestigkeit des angewendeten Klebstoffes. Die Verwendung harzreicherer Hölzer wurde jedoch wegen ihrer besseren Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse besonders bei Bauteilen im Freien empfohlen.

Bereits 1913 hatten zahlreiche Firmen in Österreich, der Schweiz, Italien und auch in Deutschland die Patentrechte erworben (s. Tabelle 1) und sich zu einem Interessen- bzw. Schutzverband mit dem Ziel gemeinsamer Marketingaufgaben zusammengeschlossen. Sehr intensiv wurde die Verbreitung der

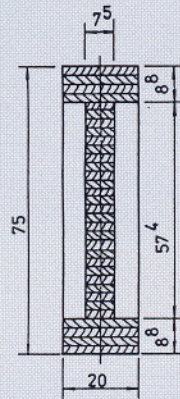
Tabelle 1. Lizenznehmer der Hetzerpatente 1913

Table 1. Licencees of Hetzer's patents in 1913

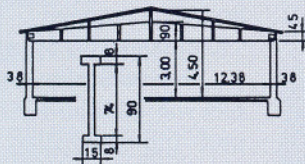
| Land        |                                                                                                                                                          |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deutschland | Carl Gotthelf Häbler, Großschönau<br>Zimmermeister Bruno Voigt, Görlitz<br>Zimmermeister E. Gehhardt, Kassel<br>Zimmermeister Wilhelm Möller, Kiel u. a. |
| Österreich  | Zimmermeister Johann Lerchbauer, Klagenfurt<br>Stadtzimmermeister Georg Other + Sohn, Graz                                                               |
| Schweiz     | Terner + Chopard<br>Schweizer Aktiengesellschaft für Hetzerbauweise, Zürich                                                                              |
| Italien     | Ingenieur Burkhard, Mailand                                                                                                                              |



**Konstruktionsprinzip :**

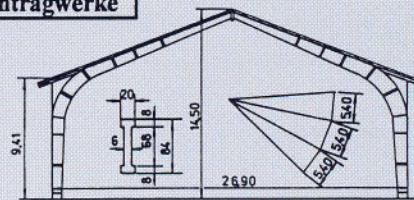


## Satteldachbinder



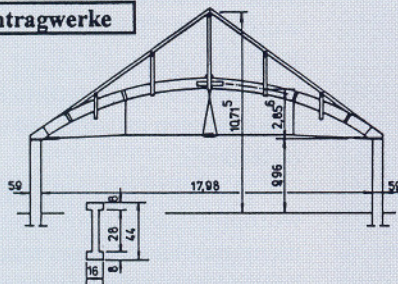
### Fahrzeugschuppen in Gleiwitz , 1912

## Rahmentragwerke

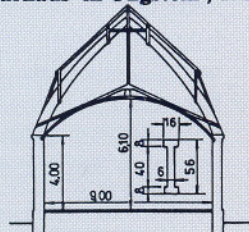


### Ausstellungshalle in Stellingen , 1914

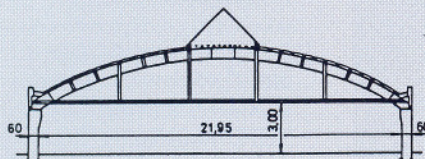
## Bogentragwerke



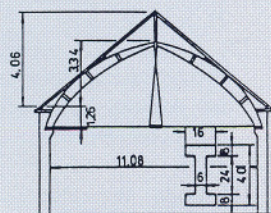
Kulturhaus in Ungstein, 1914



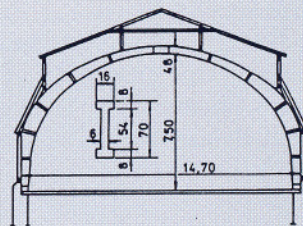
Gemeindesaal in Illovo , 1911



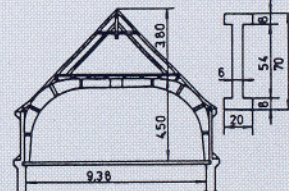
### Sägewerk in Apolda ,1914



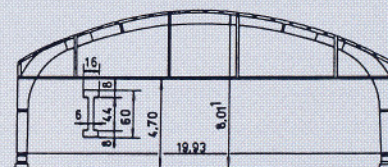
Speisesaal in Sebaldsbrück , 1914



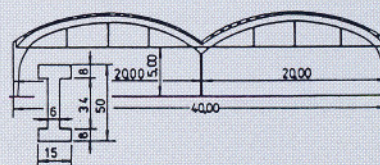
**Saalneubau in Schneeberg, Erzg., 1914**



**Schlafsaal in Burg ( b. Magdb. ) , 1912**



Flugzeughalle in Lübeck - Travemünde , 1917



### Lagergebäude in Halle/Saale , 1911

Bild 9. Dach- und Hallenkonstruktionen in Hetzerbauweise  
Fig. 9. Roof and hall structures according to Hetzer



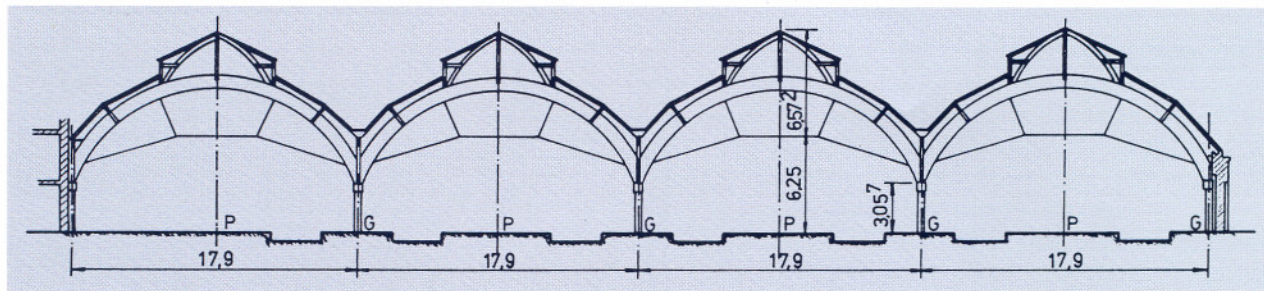


Bild 10. Bahnhof in Malmö

Fig. 10. Railway station in Malmö (Sweden)

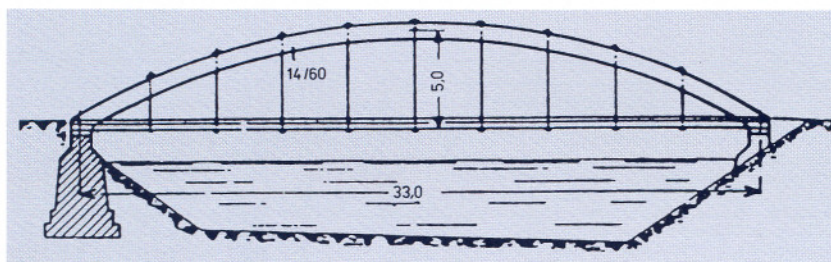


Bild 11. Brücke über die Wies bei Basel

Fig. 11. Bridge across the Wies river near Basel (Switzerland)

Hetzerbauweise in der Schweiz betrieben, wo innerhalb von nur knapp 10 Jahren nach Übernahme der Lizenz über 200 Bauten entstanden. Nach 1920 brach diese intensive Entwicklung ab. Die gemeinsamen Interessen zur Verbreitung dieser Bauweise wurden nicht mehr so intensiv vertreten. Auch wird es bei einer derartig überhitzten Entwicklung zu Qualitätsmängeln in der Ausführung solcher Bauten gekommen sein (s. Gehri in [10]).

Seitz weist deshalb auch 1925 darauf hin (s. [8]), daß bei gelemten Konstruktionen eine besondere Sorgfalt zur Vermeidung von Fertigungsmängeln unerlässlich ist und daher gelemte Konstruktionen nur dann angewendet werden sollten: ... „wenn eine unmittelbare Durchfeuchtung nicht zu befürchten ist und die Ausführung mit erfahrener Personal in hierzu eingerichteten Betrieben unter dauernder sachverständiger Aufsicht vorgenommen wird“ [8].

Um das Jahr 1925 bis 1926 verschwand die Firma Hetzer vom Markt und mußte wahrscheinlich durch die Abwanderung qualifizierten Zimmererpersonals ins Ausland (die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland war geprägt von der Inflation) Konkurs anmelden.

#### 4 Ausgeführte Bauwerke

Hergestellt wurden hauptsächlich Tragwerke ohne große Schub- oder Querkraftbeanspruchungen, wie Dreigelenkbogen oder Rahmentragwerke. Bild 9 zeigt eine Reihe von ausgeführten Hallenbauten, die zwischen 1911 und 1917 errichtet wurden. Die Spannweiten lagen zwischen 9 und 22 m

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts setzte sich bei den europäischen Eisenbahnverwaltungen die Erkenntnis durch, daß Eisenkonstruktionen für Bahnbauten gegenüber den Rauchgasen der Lokomotiven sehr korrosionsanfällig sind, und man empfahl, verstärkt Holzkonstruktionen aufgrund der hohen Resistenz des Holzes einzusetzen. In der Folgezeit wurden vielfach Holzkonstruktionen für Bahnsteigdächer, Bahnhofshallen oder Lok- und Wagenhallen eingesetzt.

Die deutsche Eisenbahnhalle auf der Weltausstellung in Brüssel 1910 hatte eine Spannweite von immerhin 43 m, und der Holzquerschnitt war durch eine Spannung von 136 N/mm<sup>2</sup> beansprucht.

Beachtenswerte Bahnbauten entstanden in der Schweiz, wie z.B. die vierschiffige Lokhalle (Spannweite 20 ... 21 m) in Bern, 1910 oder in Schweden die Bahn-

hofshallen von Malmö (s. Bild 10), 1923 (Spannweite 17,90 m) und Stockholm, 1925 (Spannweite 40 m), bzw. in Deutschland die Lokomotivschuppen in Weimar (Spannweite bis 35 m).

Ein weiteres Anwendungsgebiet war der Bau von Ausstellungs- und Industriehallen, die alle in ähnlicher Tragwerksform mit Spannweiten zwischen 15 und 35 m realisiert wurden. Erprobt wurde die Bauweise auch bei Brückenbauten, so in der Schweiz bei zwei Fußgängerbrücken mit Spannweiten zwischen 20 und 35 m (s. Bild 11).

Ab Mitte der zwanziger Jahre wurden größere Spannweiten nicht mehr mit Hetzertragwerken überbrückt. Inzwischen hatte eine einsetzende Renaissance des Holzbaus nach dem ersten Weltkrieg weitere neuere leistungsfähige Holzbauweisen hervorgebracht, die zunehmend an zahlreichen weitgespannten Bauten erprobt wurden (s. auch [1]).

#### Literatur

- [1] Rug, W. und Böttger, J. C.: Holzbau-Tradition mit Trend – von der Zimmerei zum Ingenieurholzbau Teil 1: Bauzeitung, Berlin 45 (1991) H. 2, S. 115–117, Teil 2: Bauzeitung, Berlin 45 (1991) H. 3, S. 201–204.
- [2] Urban, K. A.: Denkschrift über Hetzer's neue Holzbauweise verfaßt im Auftrag des „Schutzverbandes für neue Holzbauweise“, Weimar 1913.
- [3] Vogt, W.: Die Bedeutung und das Werk des Weimarer Zimmermeisters Otto Hetzer. Mitteilung Nr. 1/84 des Fachausschusses Ingenieurholzbau und des Instituts für Industriebau der Bauakademie der DDR vom III. Holzbauseminar in Weimar, Berlin 1984.



- [4] *Chopard, Ch.*: Bruchversuche mit Hetzerbindern. Schweizerische Bauzeitung 31. Mai 1913.
- [5] Bauten der Kaliindustrie (System Hetzer). Zeitschrift für Gewinnung, Verarbeitung und Verwertung der Kalisalze, 1912.
- [7] Patent Nr. 197773, Kaiserliches Patentamt, 1908.

- [8] *Seitz, H.*: Grundlagen des Ingenieurholzbaus. Berlin 1925.
- [9] *Schöne, W.*: Historische Quellen und Geschichte des Holzleimbau. In: Beiträge zur Geschichte von Technik und technische Bildung Heft 8, Leipzig 1990.
- [10] Entwicklung des ingenieurmäßigen Holzbaus seit Grubenmann,

Teil II: 20. Jahrhundert und künftige Möglichkeiten. Schweizer Ingenieur und Architekt (1983) 33/34, S. 808–815.

#### Autor dieses Beitrages:

Dr.-Ing. Wolfgang Rug, Recontie-Institut für Holzbau und Ökologisches Bauen, Berliner Str. 5, 13127 Berlin

#### BAUTECHNIK aktuell

#### Anker gegen drückendes Grundwasser

Die großflächige Absenkung des Grundwasserspiegels im Zuge der Durchführung größerer Baumaßnahmen ist in Stadtkernen in der Regel nicht mehr gestattet. Die Baugrubenumschließung muß daher wasserdicht ausgeführt werden. Dies kann mit Hilfe von Schlitzwänden, Bohrpfehlwänden oder mit in Dichtwände eingestellten

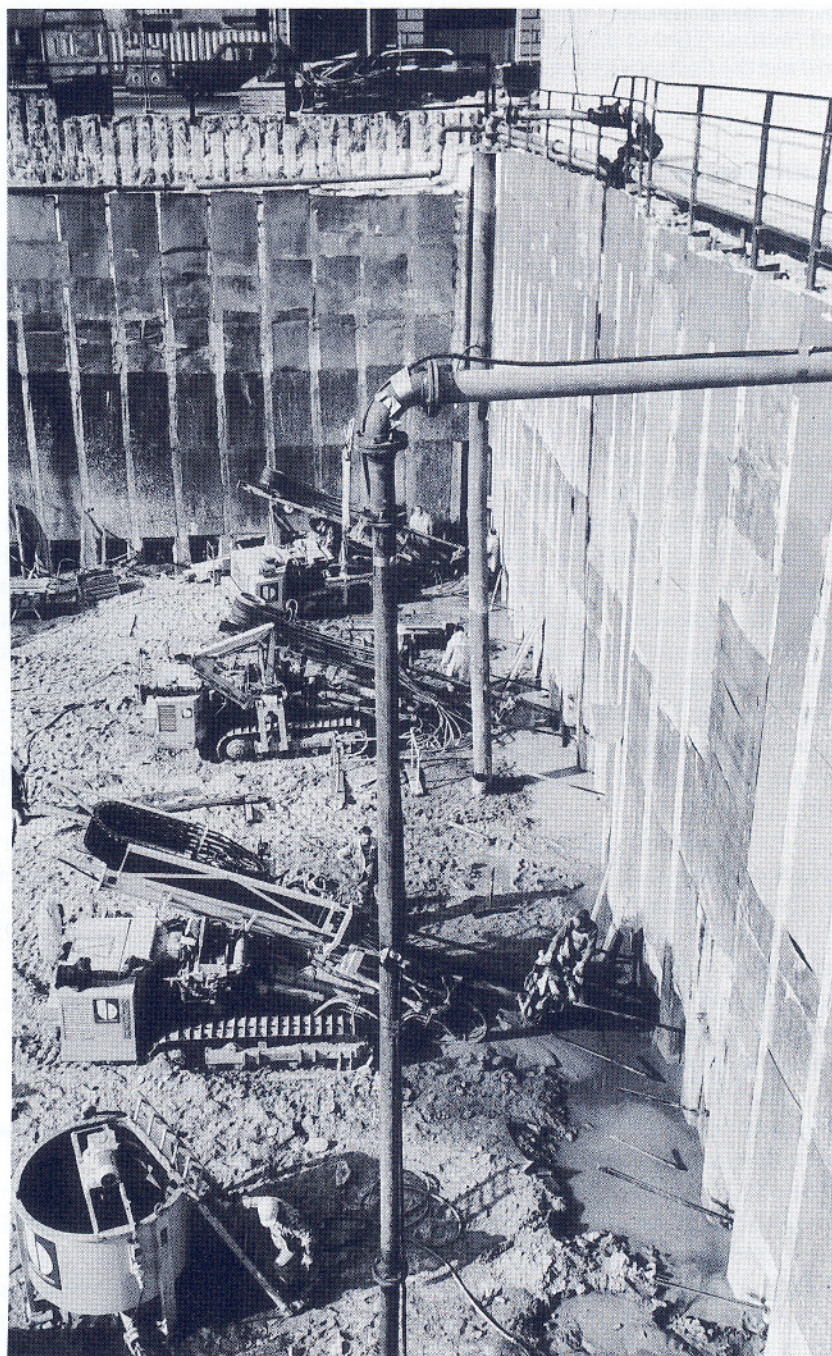
Spundwänden in Verbindung mit einer horizontalen Abdichtung der Baugrubensohle geschehen. Die Rückverankerung solcher Baugrubenumschließungen erfolgt meistens mit Verpreßankern.

Die Baugrube Friedrichstadt-Passagen in Berlin wurde mit einer eingestellten Spundwand wasserdicht umschlossen. Die Randbebauung um die Baugrube besteht aus zwei U-Bahnstrecken aus den Jahren 1900 und 1930 und mehreren fünfstöckigen Bürogebäuden mit einfacher Unterkellerung. Da dieses Umfeld sehr setzungsempfindlich ist, durfte bei der Herstellung der Anker kein Erd- und Wassereintrieb in die Baugrube erfolgen. Der anstehende Feinsand und ein Wasserdruck von bis zu 1,2 bar erschwerten das Vorhaben zusätzlich.

Für die Experten der Bilfinger + Berger Bauaktiengesellschaft stellte diese Aufgabe eine besondere Herausforderung dar: Das seit Jahren eingesetzte und bewährte Ankersystem mußte den neuen strengen Anforderungen entsprechend weiterentwickelt werden.

Die Übergänge zwischen den verschiedenen Arbeitsphasen bei allen 1500 hergestellten Verpreßankern mit einer Gesamtlänge von 30 000 m wurden sicher beherrscht.

In der Nachbarschaft wird dieses Ankersystem erneut angewendet. Als Verbau dient eine von der Bilfinger + Berger Bauaktiengesellschaft erstellte Schlitzwand.



Herstellung der Anker gegen einen Außenwasserstand von bis zu 12 m