

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 37/38 (1901)
Heft: 21

Artikel: Das Hennebique-System und seine Anwendungen
Autor: M.R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-22712>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.01.2025

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

Das Hennebique-System und seine Anwendungen.¹⁾

Die Entstehung der unter dem Namen System Hennebique bekannten Art von armiertem Beton fällt in das Jahr 1878. Damals erhielt Architekt Hennebique in Belgien den Auftrag, eine feuersichere Villa zu erstellen. Er entwarf zuerst einen Bau, dessen Decken aus I-Trägern mit dazwischen gespannten Backsteingewölben gebildet waren. Noch bevor es aber zu dessen Ausführung kam, wurde ein sechsstöckiges Fabriksgebäude, das in dieser angeblich feuersicheren Bauart erstellt war, durch eine Feuersbrunst bis auf den Grund zerstört und es verlangte nun der Bauherr der Villa von Hennebique einen sichereren Gewähr bietenden Vorschlag. Dieser entwarf zunächst den Plan, mittels eines Betongusses die ganze Balkenlage zu umhüllen, das Eigengewicht der Decke wäre dadurch aber so gross geworden, dass sich der Bedarf an Eisenträgern verdoppelt hätte. Um diesem Misstand abzuhelfen änderte Hennebique seine Disposition dahin ab, dass er die I-Träger *einzel*n mit Beton umgab und eine dünnere Betonplatte *darüber* in der Absicht anordnete, sie als tragendes Element mit zu verwenden, indem sie auf Druck beansprucht würde, während die Eisenträger lediglich die Zugspannungen aufzunehmen hätten. Um auf das Zusammenwirken beider Teile rechnen zu können wurde die Betonplatte mit den Eisenträgern durch Ankerschrauben verbunden.

In dieser Weise ist der Bau ausgeführt worden. Die Bauart erwies sich als ökonomisch und tragfähig; Hennebique verfolgte darum die Sache weiter und kam schliesslich dazu, die I-Träger durch Rundeisen und die Ankerschrauben durch gebogene Flacheisen zu ersetzen.

Diese Anordnung wurde ihm 1890 patentiert und gelangte — dank einer Anzahl gelungener Ausführungen und einer vorzüglichen Geschäftsorganisation — bald zur allgemeinen Kenntnis. Die jährlich rapid zunehmende Zahl der Ausführungen ist nicht zum mindesten auch die Folge davon, dass die Ausführungen nicht bloss auf Träger beschränkt blieben, sondern dass — gestützt auf die gleichen Prinzipien — Platten, Wände, Pfeiler, Rammpfähle u. s. w. hergestellt wurden, was dem armierten Beton ermöglichte, fast auf allen Gebieten des Bauwesens mit Eisen und Stein in Wettbewerb zu treten. Am längsten sträubte man sich, den Wert der Armaturen in Gewölben zuzugeben, wo im allgemeinen Zugspannungen nicht auftreten; aber ausgeführte Bauten zeigen, dass auch auf diesem Gebiete der armierte Beton eigenartige und billige Lösungen bietet.

Der Vortragende wollte auf statische Berechnungen als ihm fernerliegend nicht eintreten — umsoweniger, als diese Frage schon von schweizerischen Technikern erörtert worden sei. Insbesondere ist dies geschehen in den Abhandlungen von Prof. Dr. W. Ritter: „Die Bauweise Hennebique“²⁾, Ing. Rosshändler: „Anwendung und Theorie der

Beton-Eisenkonstruktionen“¹⁾, Prof. Schüle: „De l'encastrement des poutres et dalles en béton armé“²⁾, welche der Vortragende nun kurz besprach.

Bezüglich der Abhandlung von Prof. Ritter wiederholte er seine schon früher geäusserten Bemerkungen³⁾ und fügte bei, dass auch neuere Untersuchungen das absolut rostfreie Verhalten des Eisens im Beton dargethan haben. Es zeigte sich stets, dass auch nach jahrelanger Einwirkung von Feuchtigkeit nicht die geringste Spur von Rost zu finden war. Daraus muss gefolgert werden, dass die Cementumhüllung die Rostbildung nicht etwa nur verlangsamt, sondern sie *dauernd* ausschliesst.

Gegenüber den Ausführungen des Ing. Rosshändler hielt der Vortragende daran fest, dass Hennebique selbständig zu seiner Erfindung gelangt sei, indem die Erfindung von Monier zwar schon im Jahre 1868 erfolgte, aber erst 1880 bekannt und im grossen ausgenutzt wurde. Bei der eingehenden Beschreibung der verschiedenen Systeme des armierten Betons vermisst der Vortragende in der Abhandlung von Rosshändler eine Klassifikation nach den Hauptmerkmalen; er ist der Ansicht, dass sich folgende drei Klassen unterscheiden lassen:

1. Klasse: Die Armaturen befinden sich nur auf der Zugseite und sind mit der Druckseite des Querschnittes durch keine Eisenteile verbunden (Systeme Monier, Möller und ähnliche).

2. Klasse: Armaturen nur auf der Zugseite, aber mit dem gedrückten Teil des Querschnittes durch Eisenteile verbunden, welche die Scherkräfte aufzunehmen berufen sind (System Hennebique und ähnliche).

3. Klasse: Armaturen auf der Zug- und Druckseite (symmetrische Armaturen), die ebenfalls durch Eisen mit-

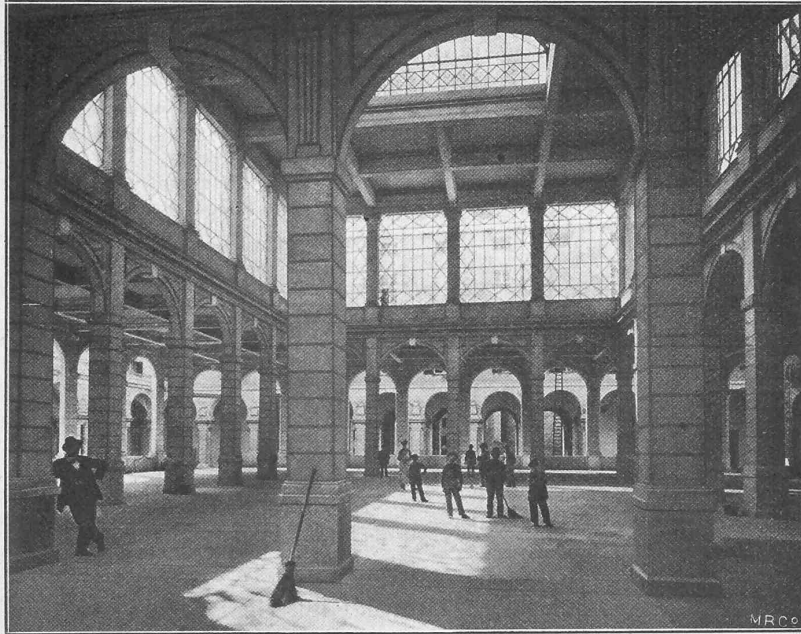


Fig. 4. Markthalle in Genua.

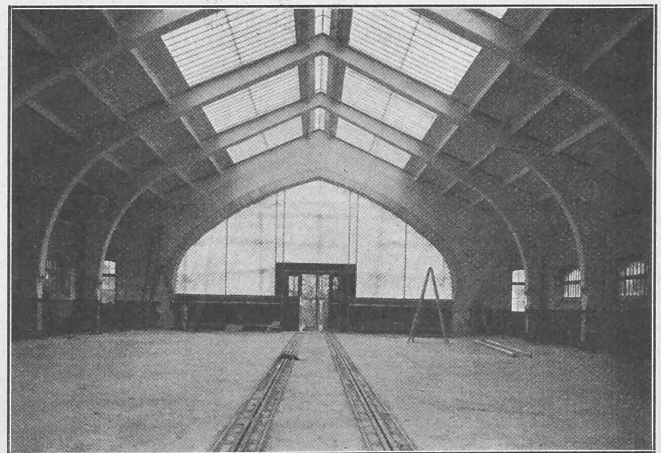


Fig. 3. Buchdruckerei Oberthur in Rennes.

einander verbunden sind (Systeme Crèche, Coignet und ähnliche).

Bei der *ersten* Klasse befürchtet der Vortragende ein

¹⁾ Nach einem von Ing. S. de Mollins im Zürcher Ingenieur- und Architektenverein am 30. Januar 1901 gehaltenen Vortrag.

²⁾ Schweiz. Bauztg. Bd. XXXIII S. 41, 49 und 59.

¹⁾ Schweiz. Bauztg. Bd. XXXVI S. 93, 101, 109 und 129.

²⁾ Bulletin technique de la Suisse romande, juillet 1900.

³⁾ Schweiz. Bauztg. Bd. XXXIII S. 109.

plötzliches Einstürzen durch Ueberwindung der Scherfestigkeit, indem die Schubspannungen allein vom Beton, der hierfür nicht die genügende Sicherheit bietet, aufgenommen werden. Bei der zweiten Klasse hat der Beton ausschliesslich Druckspannungen aufzunehmen; demnach

Das Hennebique-System und seine Anwendungen.

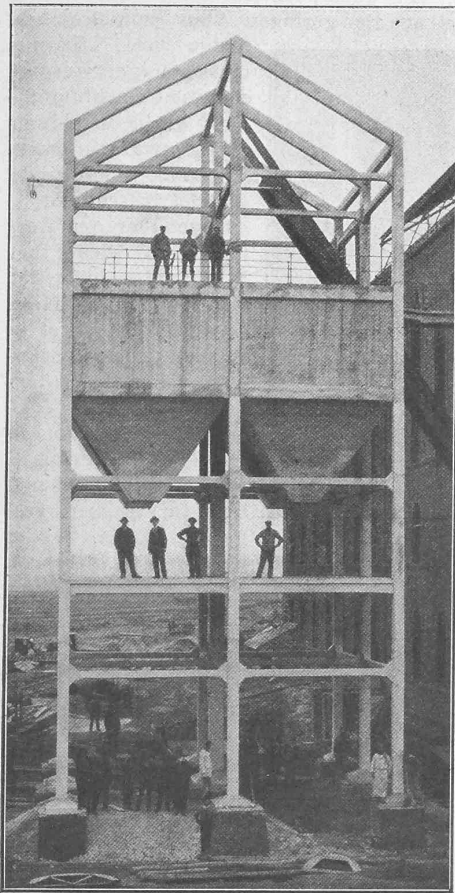


Fig. 6. Kohlen-Silos in Aniche.

legt sind. Wenn Rosshändler ferner findet, die Hourdis nach System Hennebique seien zu dünn, so sollte er sich in erster Linie gegen Systeme wenden, die in dieser Beziehung noch viel weiter gehen.

Die Arbeit von Prof. Schüle handelt hauptsächlich von der Möglichkeit einer vollständigen Einspannung von Trägern und Balken. Er gelangt zu dem Schluss, dass auf eine vollständige Einspannung nicht gerechnet werden darf.

Wenn also Platten nach der Formel $M = \frac{p \cdot l^2}{24}$ berechnet werden, wie es beim System Koenen üblich ist, so kann dies nicht gebilligt werden.

Im Anschluss an seine Ausführungen brachte der Vortragende in einer grossen Anzahl von Projektionsbildern nach System Hennebique hergestellte Bauwerke zur Darstellung, deren Mannigfaltigkeit und Kühnheit die Leistungen Hennebique's in das beste Licht zu setzen geeignet waren und allgemein den Eindruck bekräftigten, dass der „Grand prix“, den er an der letztjährigen Weltausstellung erhielt, ein wohlverdienter war.

Die Textfiguren zeigen einige dieser Ausführungen nach System Hennebique und sind den verschiedenen Anwendungsgebieten des armierten Betons entnommen. Fig. 1 ist charakteristisch für die Innenansicht eines Gebäudes aus armiertem Beton: Alles Sichtbare ist ausschliesslich Beton; dabei macht das Ganze einen mit Rücksicht auf dieses Baumaterial ungewöhnlich leichten Eindruck. Fig. 2 zeigt einen Shedbau; Dächer dieser Art sind wegen des geringen Wärmeleitungsvermögens des Betons sehr beliebt. Die weitgespannten Dachbinder in Fig. 3 be-

weist diese Klasse grössere Sicherheit und hat ausserdem den Vorteil, dass bei grosser Ueberlastung der Bruch nicht plötzlich erfolgt. Die dritte Klasse ergibt ebenfalls günstige Resultate, die Armatur in der Druckzone hat aber keinen grossen Wert und es kommen daher die Bauten dieser Klasse bei gleicher Festigkeit teurer zu stehen als die der zweiten Klasse.

In der Abhandlung von Rosshändler wird der Nachweis versucht, dass die armierten Beton-Unterzüge unzuverlässlich, bzw. dass sie im allgemeinen zu schwach seien. Diese Aussetzungen stützen sich aber auf Hypothesen, die durch die Praxis wider-

weisen, dass auch für derartige Konstruktionen der armierte Beton dem Eisen mit Erfolg Konkurrenz machen kann. Die neuen Markthallen von Genua sind in Fig. 4 dargestellt: Mauern, Pfeiler und Dächer bestehen ausschliesslich aus armiertem Beton; dass die Temperatur in diesem Gebäude bedeutend gleichmässiger ist, als in solchen aus Eisen, wird allgemein anerkannt. Wie der armierte Beton nicht nur bei reinen Nutzbauten Anwendung findet, zeigt Fig. 5. Einen eigentümlichen Eindruck werden die in Fig. 6 dargestellten Kohlen-Silos auf jeden machen, der mit dem Wesen des armierten Betons nicht vertraut ist. Die vier Behälter von je $90 m^3$ Inhalt sitzen auf einer sehr gewagt aussehenden Tragkonstruktion; obwohl keine Streben vorhanden sind, hält das über $20 m$ hohe Bauwerk allen Einflüssen stand, ohne auch nur nennenswerte Schwankungen aufzuweisen. Das in Fig. 7 dargestellte elegant konstruierte Reservoir von $80 m^3$ Inhalt steht auf dem Dach eines Spinnereigebäudes. Fig. 8 zeigt die Brücke von Chatellerault¹⁾, das bedeutendste Ingenieur-Bauwerk, das bisher aus armiertem Beton erstellt worden ist; sowohl die Fundamente und Pfeiler, als auch die 40 und $50 m$ weit gespannten Gewölbe bestehen aus armiertem Beton. Die Gewölbe setzen sich aus vier Rippen zusammen, die oben durch eine Platte verbunden sind. Auf derselben stehen leichte Pfeiler, welche die Fahrbahn tragen. Die Brücke hat ein gefälliges Aussehen und es ist bei den Belastungsproben mit der doppelten vorgesehenen Last ihre Festigkeit glänzend bestätigt worden. Dabei sind ihre Herstellungskosten erheblich niedriger als diejenigen für eine Eisen- oder Steinbrücke gleicher Abmessungen. R. M.

Elektrische Eisenbahn Freiburg-Murten.

Die Eisenbahn zwischen den Städten Freiburg und Murten, welche die beiden Hauptbahnen Olten-Bern-Lausanne und Olten-Solothurn-Lausanne mit einander verbindet und die bis jetzt mit Dampfkraft betrieben wurde, wird gegenwärtig für elektrischen Betrieb umgebaut. Gleichzeitig wird sie bis zur Station Anet der

„Direkten Bern-Neuchâtel“ verlängert, sodass sie fertig ausgebaut eine totale Länge von etwa $33.9 km$ erhalten wird, wovon auf die

Hauptstrecke Freiburg-Anet rund $32.4 km$ und auf eine Abzweigung von Freiburg nach Perolles — ausschliesslich für Gütertransport bestimmt — $1.5 km$ entfallen.

Die Steigungsverhältnisse sind für elektrischen Betrieb ziemlich ungünstig. Die Bahn steigt von Anet bis Freiburg um zusammen

$195 m$; diese Höhendifferenz wird aber nicht in einer gleichmässigen Steigung überwunden, sondern es wechseln Steigungen mit Gegengefällen ab, wobei die Steigungen untereinander sehr verschieden sind.

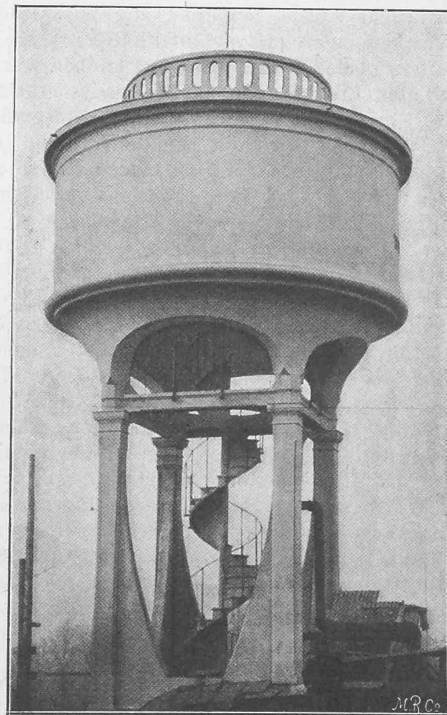


Fig. 7. Reservoir in Scafati.

¹⁾ Schweiz. Bauztg. Bd. XXXVI S. 156.

Die maximale Steigung erreicht 30 ‰ und die mittlere Steigung beträgt für Strecken von 3,3 bis 3,7 km bis zu 20 ‰. (Die Figur auf Seite 228 zeigt das schematische Längen-Profil der Bahn mit Angabe der mittleren Steigungen.)

Das Hennebique-System und seine Anwendungen.



Fig. 5. Säulen und Deckendekoration in Genua.

Diese Verhältnisse sind naturgemäss von entscheidendem Einfluss auf die Wahl des Stromsystems gewesen. Als Betriebskraft stand hochgespannter Dreiphasenstrom von 8000 Volt verk. Spannung aus den staatlichen Elektrizitätswerken der „Administration des eaux et forêts“ des Kantons Freiburg zur Verfügung. Die direkte Benützung dieses Stromsystems unter Vermittlung von Transformatoren hätte indessen bei den sehr schwankenden Belastungen hohe Betriebskosten ergeben und es wurde daher schon im Programm die Anwendung des Gleichstrom-Systems vorgesehen.

Es war verlangt, die Bahn solle imstande sein in einer 18-stündigen Betriebszeit zehn Züge von 70 t Totalgewicht in jeder Richtung zu befördern. Bei der Aufstellung des Fahrtenplans war darauf Rücksicht zu nehmen, möglichst guten Anschluss an die Züge in Freiburg, Murten und Anet zu erhalten und gleichzeitig den Energieverbrauch in der für die Unterstationen vorteilhaftesten Weise zu verteilen.

Auf Grund der eingereichten Projekte wurde die Ausführung der Anlagen der *Maschinenfabrik Oerlikon* übertragen, nach deren Vorschlägen die Bahn nun in der weiter unten beschriebenen Weise ausgeführt wird.

Die Zuggeschwindigkeit soll auf der maximalen Steigung von 30 ‰ noch 23 km per Stunde betragen; infolge der Eigenschaften der Gleichstrom-Motoren mit Seriewicklung wächst dieselbe von selbst bei kleineren Steigungen und wird auf horizontaler Bahn rund 35 km per Stunde erreichen; im Gefälle ist eine noch etwas höhere Geschwindigkeit bis auf 45 km zugelassen. Hieraus berechnet sich unter Berücksichtigung des Bahnprofils die Fahrzeit zu ungefähr 66 Minuten in der Richtung Freiburg-Anet und zu ungefähr 80 Minuten in der Richtung Anet-Freiburg, die

Aufenthalte auf den Stationen inbegriffen. Diese Fahrgeschwindigkeiten entsprechen ungefähr jenen, die bei Dampftrieb gegenwärtig zur Anwendung kommen.

Die elektrische Energie wird von zwei an der Linie in Pensier und in Murten errichteten Unterstationen geliefert. Für die Lage der letzteren waren folgende Erwägungen massgebend: Es sollte einerseits der Aufwand an Leitungsmaterial möglichst gering sein, andererseits aber sollten die beiden Stationen nicht zu weit auseinander liegen, um im Notfalle noch als Reserve für einander dienen zu können — zwei Bedingungen, die zu einander gewissermassen in Widerspruch stehen. Die beiden gewählten Orte haben ausserdem den Vorteil, dass eine Hauptleitung der erwähnten Elektrizitätswerke sie schon berührt, sodass keine besonderen Hochspannungsleitungen notwendig werden.

Die Leistungsfähigkeit der Unterstationen entspricht dem Energieverbrauch eines Zuges. Es konnte nämlich der Fahrtenplan so eingerichtet werden, dass alle Zugkreuzungen zwischen den beiden Unterstationen vor sich gehen, sodass eine Station nie durch mehr als *einen* Zug belastet wird. Falls die eine Station ausser Betrieb käme, müsste die Anzahl der Züge vermindert werden.

Die grösste Leistung, die ein Zug beansprucht, erreicht rund 240 P. S. am Radumfang, entsprechend einem Energieverbrauch von etwa 300 P. S. in der Unterstation; die mittlere erforderliche Leistung dagegen beträgt nur ungefähr die Hälfte davon. Dementsprechend erhält jede Unterstation eine Umformergruppe von 150 P. S. Leistung und eine Accumulatoren-Batterie von genügender Kapazität, um die bei grösserem Kraftverbrauch erforderliche Energie abzugeben.

Jede Umformergruppe wird aus einem Synchron-Motor für 8000 Volt und 150 P. S. Leistung und einem direkt damit gekuppelten Gleichstrom-Generator für 800 Volt Spannung gebildet. Auf Verlangen der stromliefernden Centrale wurden Synchron-Motoren gewählt, da deren Anlaufen bei dem Vorhandensein einer Accumulatoren-Batterie keine Schwierigkeit verursacht.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, ist als Stromsystem für die Bahn Gleichstrom von 750 Volt vorgesehen, die höchste Spannung die nach den gegenwärtigen schweizerischen Vorschriften zulässig ist. Die Stromzuführung geschieht durch *eine dritte Schiene* neben dem Geleise, ein System, das schon mehrfach erprobt worden ist und das bei Vollbahnen vor demjenigen mit aufgehängtem Kontaktdraht bedeutende Vorteile besitzt. Es werden, da das Eisen für gleiche Leitungsfähigkeit nur etwa die Hälfte der Kosten für eine Kupferleitung beansprucht, sowohl die Anlage-

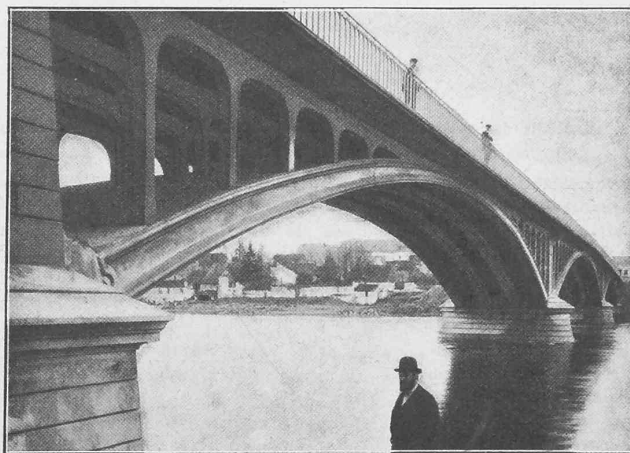


Fig. 8. Brücke über die Vienne bei Chatelleraul.

kosten ermässigt, wie auch zugleich die Betriebssicherheit erhöht und die Montage vereinfacht. Der letztere Umstand spielt bei der in Frage kommenden Bahnanlage eine grosse Rolle, da der Umbau ohne Störungen im gegenwärtigen Betriebe vor sich gehen muss.

Zur dritten Schiene werden gewöhnliche Eisenbahn-