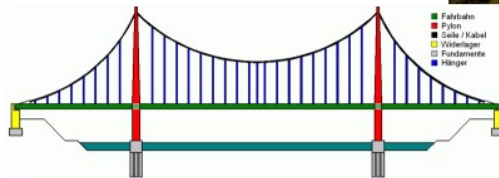


# Verschiedene Brückentypen



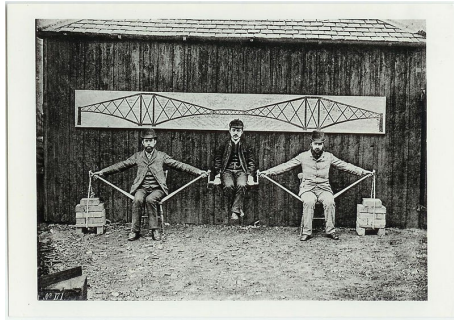
Vorstellung einiger ausgewählter Brückentypen

**\* Übersicht der Vorträge vom 20.11.2009 \***

- Gruppe 1: AUSLEGERBRÜCKEN
- Gruppe 2: BALKENBRÜCKEN
- Gruppe 3: BOGENBRÜCKEN
- Gruppe 4: SEILVERSPANNTE BRÜCKEN

# 1 Auslegerbrücken

## 1.1 Geschichte



**Abb. 1:** Die Brückenkonstruktion von Heinrich Gerber

Heinrich Gerber gilt als Erfinder der Auslegerbrücke, da er die in Abb. 1 dargestellte Trägerkonstruktion entwickelt hat. Dieses Prinzip, das Gerber 1866 als Patent anmeldete, gilt als Weiterentwicklung der Balkenbrücke, da sich durch dieses Prinzip die Brückenlänge vergrößern lässt. Da Auslegerbrücken vorwiegend aus Stahl gefertigt wurden, haben sie außerdem den Vorteil, dass die verwendeten Bauteile in einer Fabrik vorgefertigt werden konnten. Dennoch werden heute praktisch keine Auslegerbrücken mehr gebaut, da diese einen großen Wartungsaufwand benötigen. Des

Weiteren erlauben heutige Balkenbrücken aus Spannbeton eine ähnliche Brückenlänge wie es das Prinzip der Auslegerbrücke ermöglicht.

## 1.2 Konstruktion

Die Idee hinter der Auslegerbrücke besteht darin, dass die Hauptlast in der Mitte der Brücke durch Druck- und Zugkräfte auf die Pfeiler und Fundamente der Brücke umzuleiten. Daher kommen als Baumaterialien für solch eine Brücke nur Holz oder Stahl in Frage, da Stein oder Beton kaum Zugkräften standhalten können. Da Holz eine geringe Lebensdauer (wegen starker Verwitterung) besitzt, wurde sehr bald auf Stahl als Werkstoff zurück gegriffen. Im Ausgehenden 19. Jahrhundert wurden durch dieses Prinzip einige bemerkenswerte Brücken gebaut, die wesentlich stabiler und länger waren, als es die Konstruktion von Balkenbrücken ermöglicht hätte.

## 1.3 Beispiele von Auslegerbrücken

### 1.3.1 Blaues Wunder

Diese Auslegerbrücke wurde von 1891-1893 als fünfte feste Elbüberquerung in Dresden gebaut. Dabei wurden die benötigten Stahlträger bei Zwickau in der Königin-Marienhütte gefertigt und nach Dresden transportiert.

Mit Fundamenten und Pfeilern wiegt die Brücke 3500t bei einer Länge von 280m sowie einer Breite von 12m. Die Baukosten betrugen sich auf 2,5 Millionen Goldmark, was ca. 18 Millionen Euro entspricht. Da dies zur damaligen Zeit eine starke Belastung des Haushaltes darstellte, wurde eine Gebühr zur Nutzung der Brücke eingezogen.

- 2 Pfennig wurden für Fußgänger, Straßenbahnfahrgäste, Rad- und Kraftfahrer fällig.
- 10 Pfennig mussten Gespanne mit Zugtieren bezahlen.
- 20 Pfennig kostete die Überquerung mit dem Kraftfahrzeug.

Der offizielle Name der Brücke lautet "Loschwitzer Brücke", wobei dieser im Volksmund kaum Bedeutung hat. Dort wird die Brücke als "Blaues Wunder" bezeichnet, da es das erste Bauwerk war, dass eine Elbüberquerung ohne Strompfeiler im Fluss ermöglichte. Diese Meisterleistung der Ingenieurskunst wurde damals tatsächlich als "Wunder" angesehen. Den Namenszusatz erhielt die Brücke nun durch ihren blauen Anstrich.



### 1.3.2 Pont de Québec

Die "Pont de Québec" überquert den Sankt-Lorenz-Strom in Kanada und verbindet die Städte Québec und Lévis. Als Eisenbahnbrücke konzipiert wurde der Bau von der National Transcontinental Railway in Auftrag gegeben. Das ehrgeizige Projekt sollte dabei die längste Auslegerbrücke der Welt werden. Doch war das Projekt durch einen knappen Etat zu schwach ausgelegt, was 1907, nach bereits 3 Jahren Bauzeit, zu einer folgeschweren Katastrophe führte, bei der das komplette Bauwerk einstürzte und 75 Menschen unter sich begrub. Erst nach einer kompletten Neuplanung konnte der Bau fortgesetzt werden, mit nun um Faktor 2,5 verstärkten Bauteilen. Doch auch dieser Entwurf blieb nicht vor einem Unglück verschont. So stürzte 1916 der Mittelteil kurz vor der Fertigstellung der Brücke in den Sankt-Lorenz-Strom. Als Ursache konnte eine fehlerhafte Montage ausgemacht werden, was eine erneute Umplanung der Brücke überflüssig machte. So konnte 1919 schließlich fertiggestellt und in Betrieb genommen werden. Die Brücke hat eine Spannweite von 576m bei einer Gesamtlänge von 987m und ihre Baukosten beliefen sich auf 25 Millionen US-Dollar.



## 2 Balkenbrücken

### 2.1 Geschichte

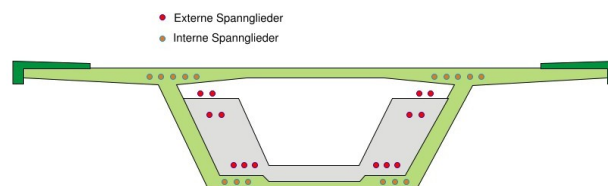


**Abb. 2:** Steinzeitliche Brücke in Neuguinea

Die Balkenbrücke kann als einfachste und älteste Brücke zugleich gesehen werden. So besteht sie in ihrer einfachsten Form aus einem einfachen Baumstamm, der über ein Hindernis (z.B. Fluss) gelegt wird. Das Prinzip dieser Brücken ist der Natur entliehen, da oft umgefallene Bäume einen bequemen Übergang über einen Fluss ermöglichen. Diese einfache Konstruktion hat allerdings den Nachteil, dass die maximale Brückenlänge durch die Länge des Balkens bestimmt wird. Dieses Problem wurde mit der Entwicklung des Stahl- und Spannbetons entschärft, dennoch benötigen Balkenbrücken vergleichsweise viele Pfeiler als Stützpunkte. Dennoch gehört die Balkenbrücke heute zu einer beliebten Konstruktion, wenn es darum geht eine Brücke zu bauen.

### 2.2 Konstruktion

Wie bereits erwähnt, bestehen Balkenbrücken, wie der Name schon sagt, aus einfachen Balken, die über ein Hindernis gelegt werden. Wo früher Holz zum Einsatz kam, werden heute Hohlkästen aus Spannbeton verwendet.



**Abb. 3:** Querschnitt durch einen Hohlkastenträger aus Spannbeton

Diese Hohlkästen werden durch Lager auf den Pfeilern befestigt, um eine Längenausdehnung im Sommer auffangen zu können. Auch wenn dieses Prinzip das Aufstellen vieler Pfeiler (im Vergleich zu Bogen- oder Auslegerbrücke) erfordert, ist es eine kostengünstige und belastbare Bauweise um Täler zu überqueren. Nachteile ergeben sich jedoch bei der Überquerung von Gewässern, da hier das Aufstellen der Pfeiler sehr viel Aufwand bedeuten. Hier werden meist anderen Brückenarten bevorzugt.

### 2.3 Bau einer Balkenbrücke

Bei einer Balkenbrücke müssen zunächst alle nötigen Pfeiler errichtet werden. Dazu werden die maximalen Balkenlängen berechnet und daraus die Lage der Fundamente bestimmt. Während im 19. Jahrhundert die Pfeiler noch aus Stein oder Holz gebaut waren, kommt heute Stahlbeton zum Einsatz. Diese werden in Abschnitten gegossen, da

der Beton erst aushärten muss, um tragfähig zu sein. Sind die Pfeiler fertiggestellt, so gibt es zwei Möglichkeiten die Balken zu fertigen:

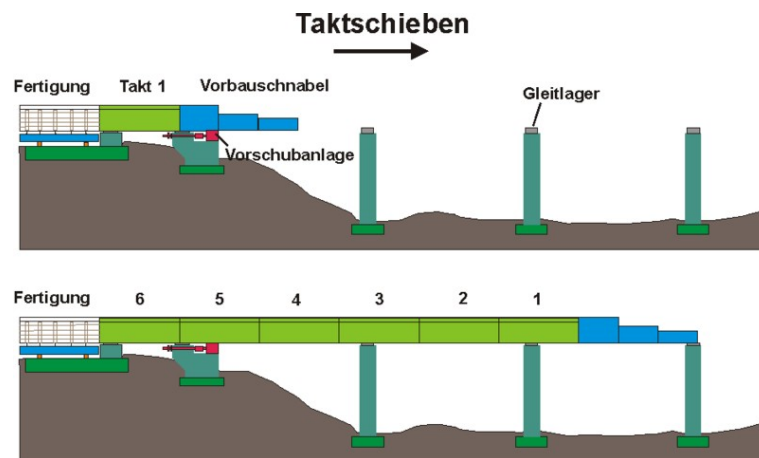
### 2.3.1 Freivorbauverfahren



Bei diesem Verfahren werden die Betonsegmente direkt vor Ort gegossen. Ein Lehrgerüst wie bei einer Bogenbrücke ist dafür nicht notwendig. Außerdem ist es möglich die bereits fertigen Segmente der Brücke für den Materialtransport zu verwenden, was die Konstruktion bei sehr hohen Brücken vereinfacht.

### 2.3.2 Taktschiebeverfahren:

In diesem Fall werden die Fahrbahnsegmente in einem Betonwerk vorgefertigt und mit Schwerlasttransporten zur Baustelle gebracht. Mittels einer hydraulischen Vorschubanlage werden diese Elemente taktweise angehoben und dann in Richtung der Pfeiler geschoben. Dieses relativ neu entwickelte Verfahren hat allerdings seine Grenzen, da die Hydraulik nur bis zu einer maximalen Last funktioniert.



Welche der beiden Methoden angewandt wird, entscheiden meist die äußeren Umstände wie z.B. die Erreichbarkeit der Baustelle durch Schwerlasttransporter.

## 3 Bogenbrücken

### 3.1 Geschichte



Abb. 4: Ein altes römisches Aquädukt

Schon die Römer bauten um ca. 400 v. Chr. Bogenbrücken für ihre Aquädukte. Die Idee stammte dabei von Türen, Fenstern und Grabeingängen. Doch trotz diesem Alter von fast 2500 Jahren sind Bogenbrücken auch heute noch in Gebrauch und es werden auch immer noch Bogenbrücken entworfen und gebaut.

### 3.2 Konstruktion

Die Konstruktion der Bogenbrücke ist so ausgeführt, dass keine Zugkräfte sondern nur Druckkräfte auftreten. Dies war historisch gesehen wichtig, da die ersten Bogenbrücken aus Stein gebaut wurden und dieser kaum Zugkräften standhält.

Nebenstehend ist die Kräfteverteilung bei einer Bogenbrücke in einer Skizze dargestellt. Dabei sieht man, wie die Last der Brücke durch Druckkräfte an die Bögen des Fundaments weiter gegeben werden. Allerdings wirken hier auch Schubkräfte auf die Fundamente. Besteht die Brücke aus mehreren Bögen, so heben sich die Schubkräfte zwischen den Bögen genau auf, an der Brückengründung müssen diese Kräfte jedoch vom Fundament aufgenommen werden. Beeinflussen lassen sich die Schubkräfte durch die Geometrie des Bogens, so führt ein flacher Bogen zu größeren Schubkräften. Doch hat ein Flachbogen auch Vorteile, so lassen sich damit bis zu 60m überbrücken, während die maximale Brückenlänge bei einem Halbkreisbogen 40m beträgt. Im Laufe der Zeit wurden außer der traditionellen Brücke (vgl. Abb. 4) auch andere Formen der Bogenbrücke entwickelt, die nicht nur Stein, sondern auch Stahlkonstruktionen und Seile verwenden.

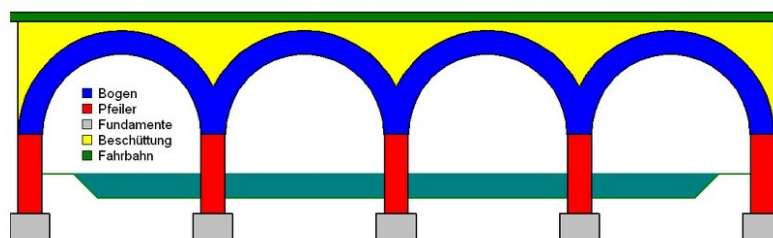
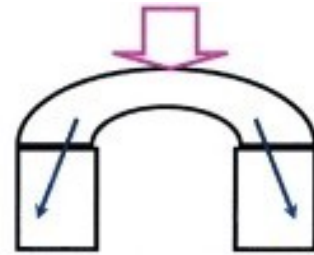
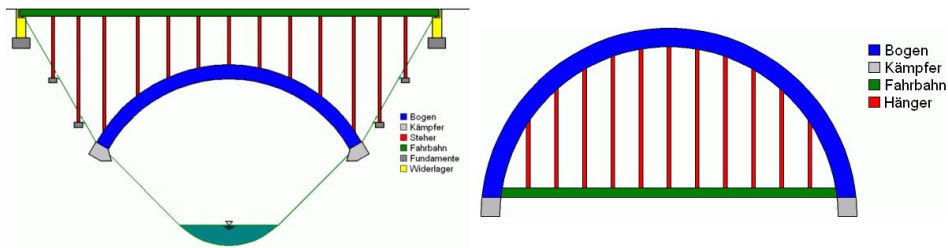


Abb. 5: Typische Bauweise einer Bogenbrücke aus Stein.



**Abb. 6:** Bogenbrücke mit obenliegender (links) bzw. untenliegender (rechts) Fahrbahn.

### 3.3 Bau einer Bogenbrücke

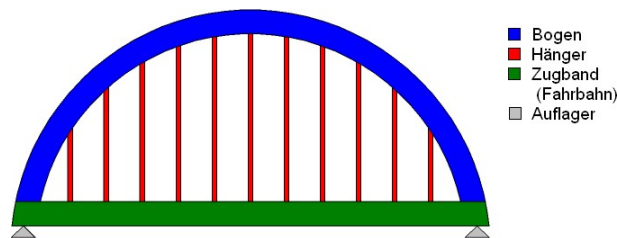


**Abb. 7:** Baustelle einer Bogenbrücke mit Lehrgerüst

Zum Bau einer Bogenbrücke wird zunächst ein Lehrgerüst aus Holz gebaut, auf dem die Konstruktion lagert, bis die Brücke fertig gestellt ist und sich selbst tragen kann. Ist das Lehrgerüst aufgestellt, so beginnt der Bau der Brücke. Bei Steinbrücken werden nun die Steine behauen und auf des Lehrgerüst gesetzt. Wird eine Bogenbrücke aus Beton gebaut, so wird an beiden Enden mit dem Betonieren begonnen. Im Fall einer Steinbrücke markiert das Setzen des Schlusssteins den Bauabschluss, eine Betonbrücke ist tragfähig sobald das letzte Segment gegossen wurde. Auch wenn die Brücke nun tragfähig ist, so kann sie noch nicht in Betrieb genommen werden. Zunächst wird noch das Lehrgerüst entfernt und schließlich folgen die Arbeiten an der Fahrbahn. Erst wenn diese abgeschlossen sind, kann die Brücke eröffnet werden.

### 3.4 Unechte Bogenbrücken

Bei unechten Bogenbrücken werden die Schubkräfte nicht allein durch das Fundament aufgehoben, sondern ein Teil wird von der Fahrbahn aufgenommen. Dazu ist diese mit den Bogenenden verbunden und als Zugband ausgeführt. Dies bedeutet allerdings, dass die Fahrbahn nicht aus Stein erstellt werden kann, da Stein kaum Zugkräften standhält. Daher werden unechte Bogenbrücken meist aus Stahl oder Spannbeton gebaut. Der Vorteil dabei besteht darin, dass die Fundamente nicht so viel Schubkraft standhalten müssen und daher die Lager an den Brückenenden (Widerlager) einfacher zu fertigen sind. Das Konstruktionsprinzip zeigt folgende Abbildung:

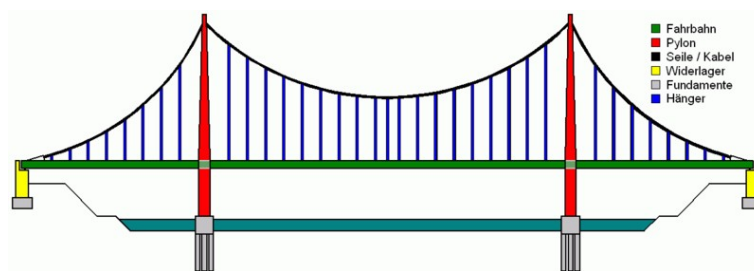


## 4 Seilverspannte Brücken

Den Brückentyp der seilverspannten Brücken kann man in zwei Bereiche unterteilen. So gibt es die Hängebrücken, die in einfacher Form schon sehr alt sind. Aber auch moderne Schrägseilkonstruktionen zählen zu den seilverspannten Brücken. Gemein haben diese beiden Konstruktionen die Eigenschaft weite Strecken von mehreren Kilometern überspannen zu können. Des Weiteren sind seilverspannte Brücken je nach Ausführung für verschiedene Bereiche einsetzbar. Grund genug sich diese beiden Brückentypen genauer anzuschauen.

### 4.1 Hängebrücken

Bei einer Hängebrücke wird die Fahrbahn oder der Überweg an eine Seilkonstruktion "gehängt".



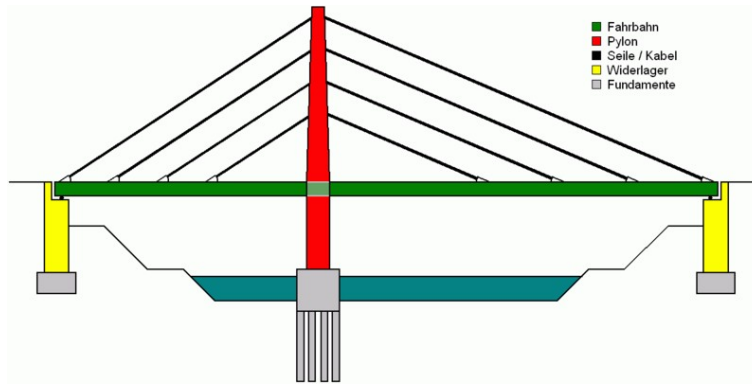
Wie man in der Abbildung sehen kann, besteht die Seilkonstruktion aus einem Trageseil (Schwarz gezeichnet) das sowohl an den Pylonen als auch an der Gründung (Gelb dargestellt) befestigt sind. An dieses Hauptseil werden Hängeseile (Blau gezeichnet) befestigt, die die Fahrbahn halten. Statisch ähnelt die Hängebrücke damit der Bogenbrücke mit unterliegender Fahrbahn (vgl. Abb. 6).

Mit ihr lassen sich weite Strecken überwinden wobei nur zwei Pfeiler notwendig werden. Somit eignet sich diese Konstruktion vorwiegend um beschiffte Gewässer zu überbrücken. Allerdings sind diese Brücken bedingt durch die Seilkonstruktion anfällig auf Seitenwinde und neigt zu Schwingungen. Daher ist dieser Brückentyp nicht als Eisenbahnbrücke geeignet.

### 4.2 Schrägseilbrücken

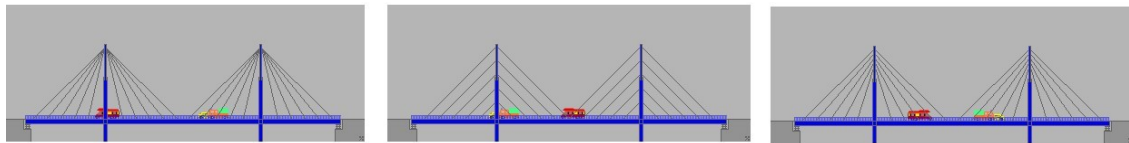
Schrägseilbrücken ähneln vom Aufbau her der Balkenbrücke. So kommen auch hier Hohlkastenträger zum Einsatz, die durch Schrägseile an einen oder mehrere Pylonen gehängt werden.





Wie in obiger Abbildung zu sehen, besteht diese Konstruktion aus einem zentralen Pylon, an dem die Trageseile befestigt sind. Die wirkenden Kräfte werden nun durch die Seile an den Pylon übertragen und an das Fundament weiter gegeben. Somit lässt sich die Brückenweite von Balkenbrücken verlängern, ohne zusätzliche Pfeiler errichten zu müssen. Durch Hohlkastenträger aus Spannbeton werden diese Brücken sehr steif und können daher auch als Eisenbahnbrücken eingesetzt werden.

Als Seilanordnung kann das Bündel-, Harfen-, oder Fächersystem gewählt werden. So werden beim Bündelsystem alle Seile am obersten Punkt des Pylons verankert, er muss dadurch nur senkrechten Kräften standhalten. Dagegen wählt man beim Harfensystem eine parallele Anordnung der Seile, weshalb diese an verschiedenen Punkten des Pylons befestigt werden. Dabei sind die Abstände der Befestigungen am Pylon gleich groß. Das Fächersystem schließlich ist eine Kombination von Bündel- und Harfensystem. So werden die Befestigungen der Seile auf den oberen Bereich des Masten verteilt. Den Unterschied dieser Systeme zeigt folgende Abbildung:



**Abb. 8:** Verschiedene Seilanordnungen einer Schrägseilbrücke: Bündelsystem (links), Harfensystem (mitte), Fächersystem (rechts)