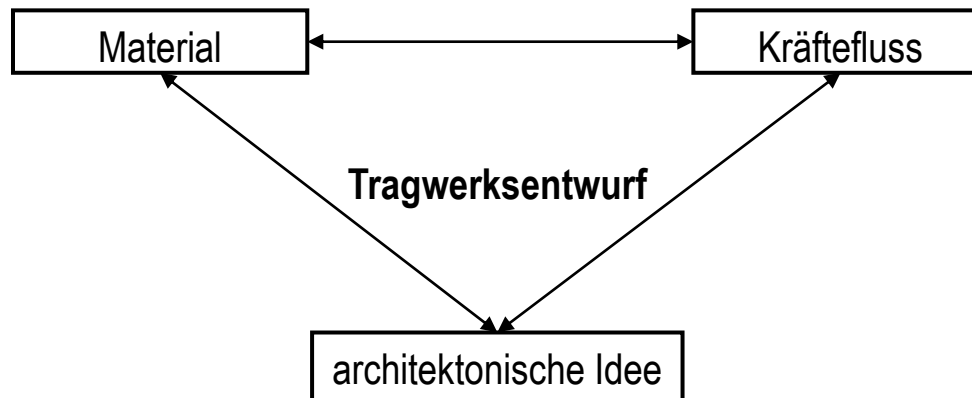
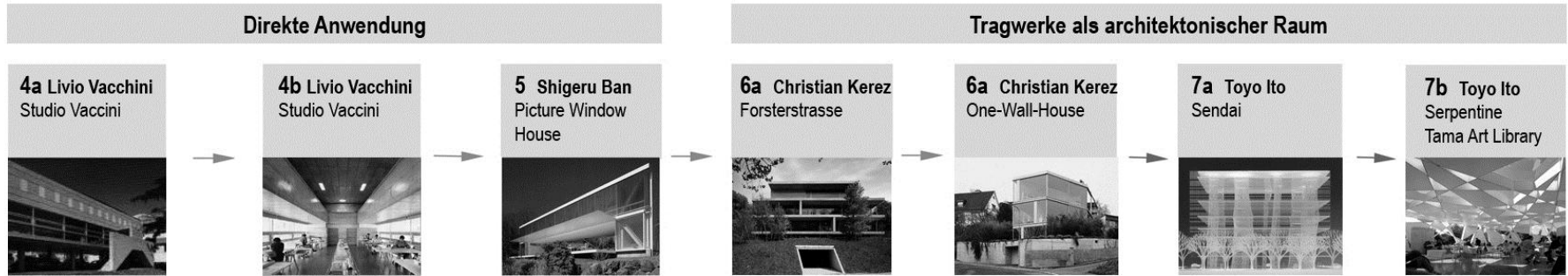
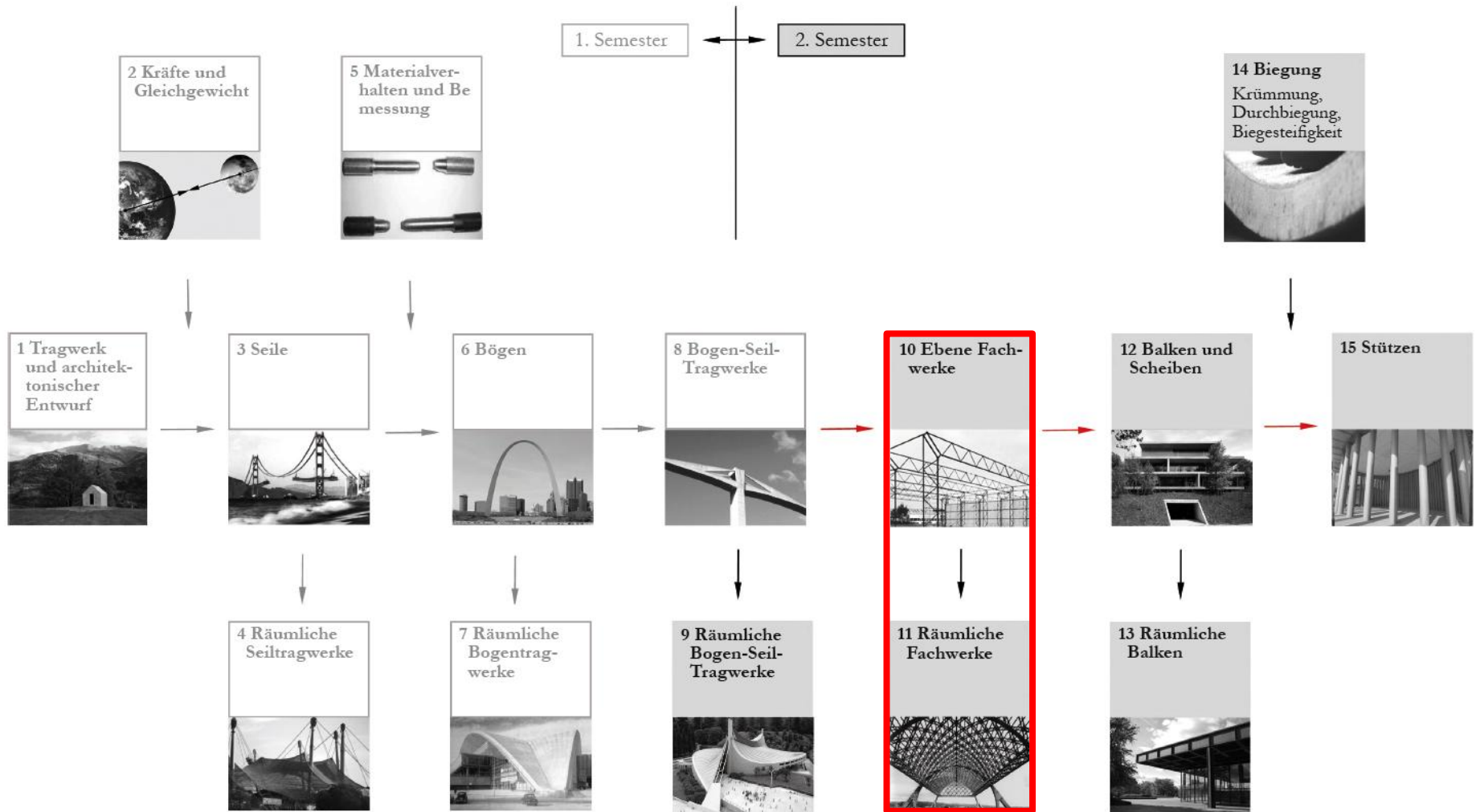


Tragwerksentwurf III





Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines einfachen Balkens

Rahmen

Scheiben

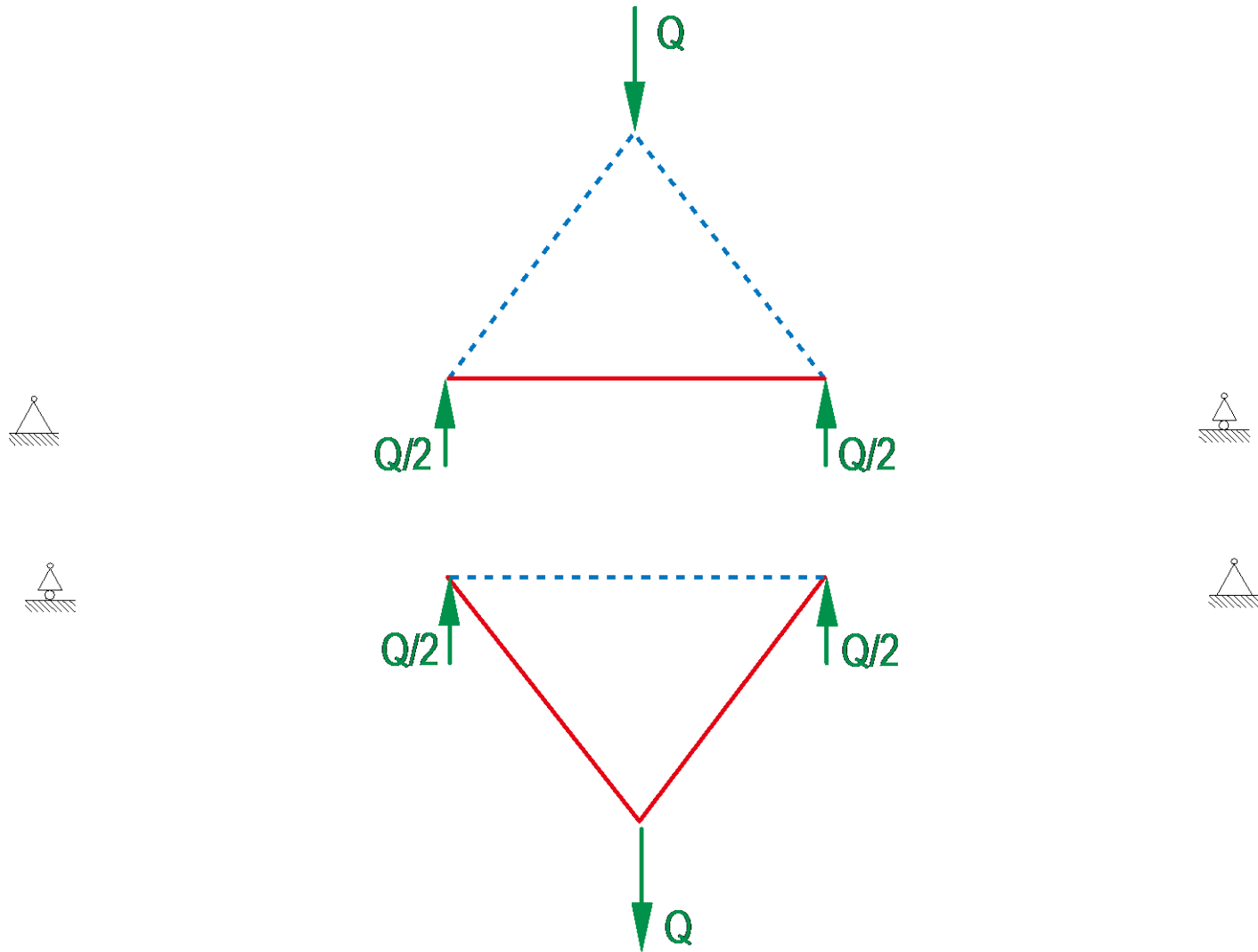
Balkenroste

Platten

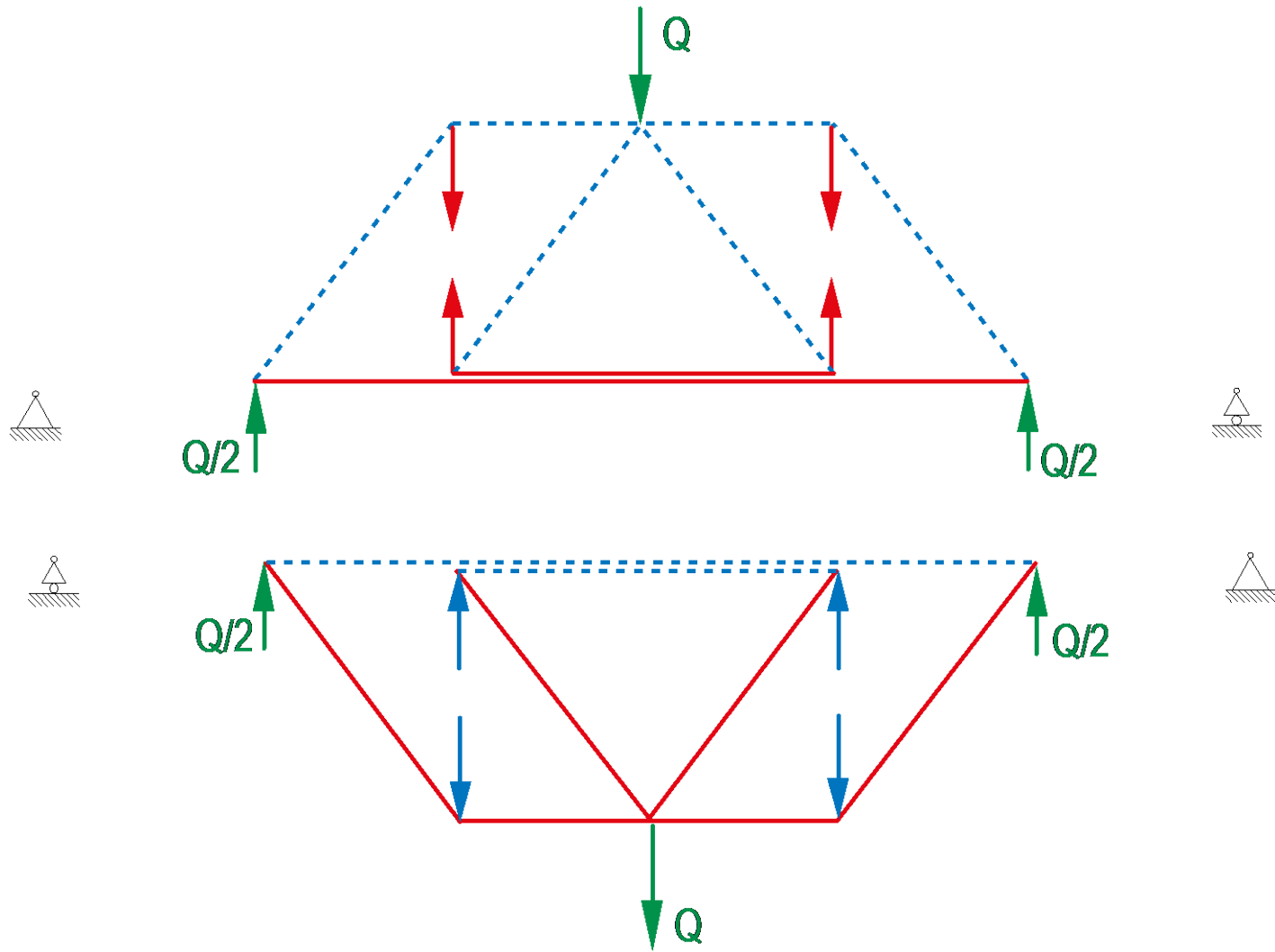
Steuerungsfaktoren

Bogen, Seil		Bogen-Seiltragwerk	
Als äusseres Tragwerk	Als inneres Tragwerk	Als äusseres Tragwerk	Als inneres Tragwerk
	<p>Beton, gerissen</p> <p>Beton, gerissen</p>	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> </div>	<p>Holz</p> <p>Beton, vorgespannt</p> <p>Beton, gerissen</p>
<p>Bogen, Seil, Membran, Schale</p>	<p>Membranwirkung</p>	<p>Bogen-Seiltragwerk Fachwerk Raumfachwerk</p>	<p>Balken Balkenroste Platten</p>

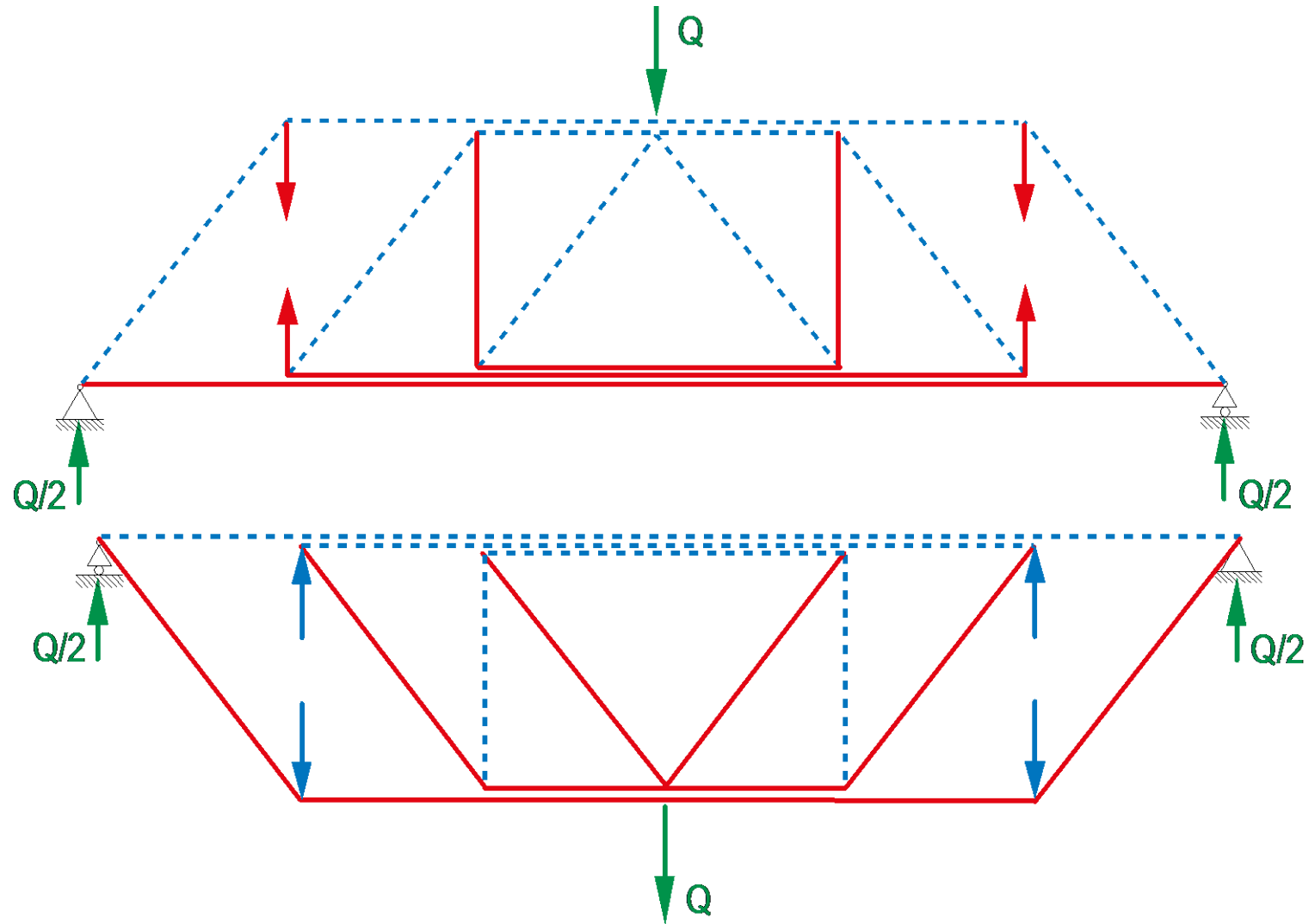
Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken



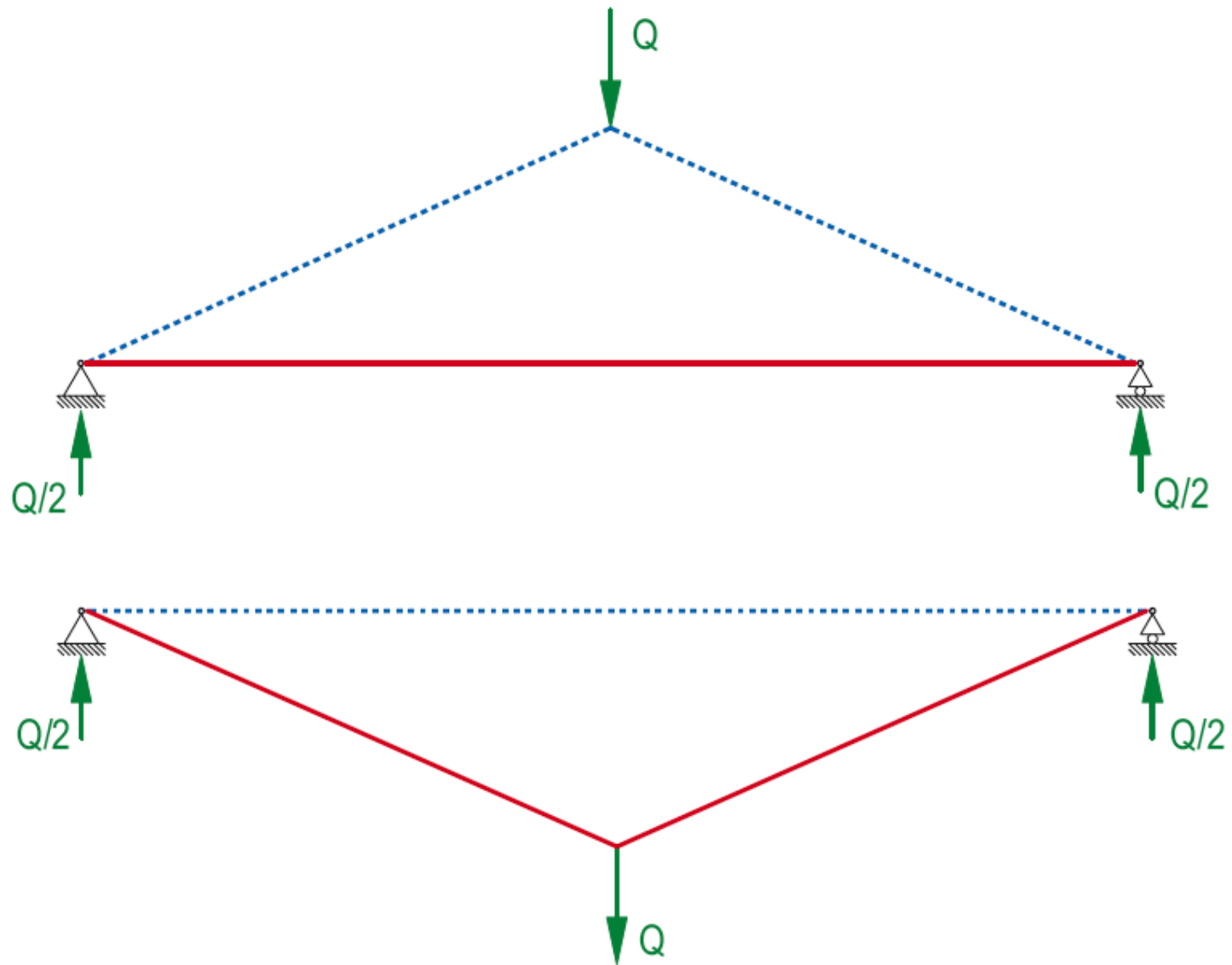
Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken



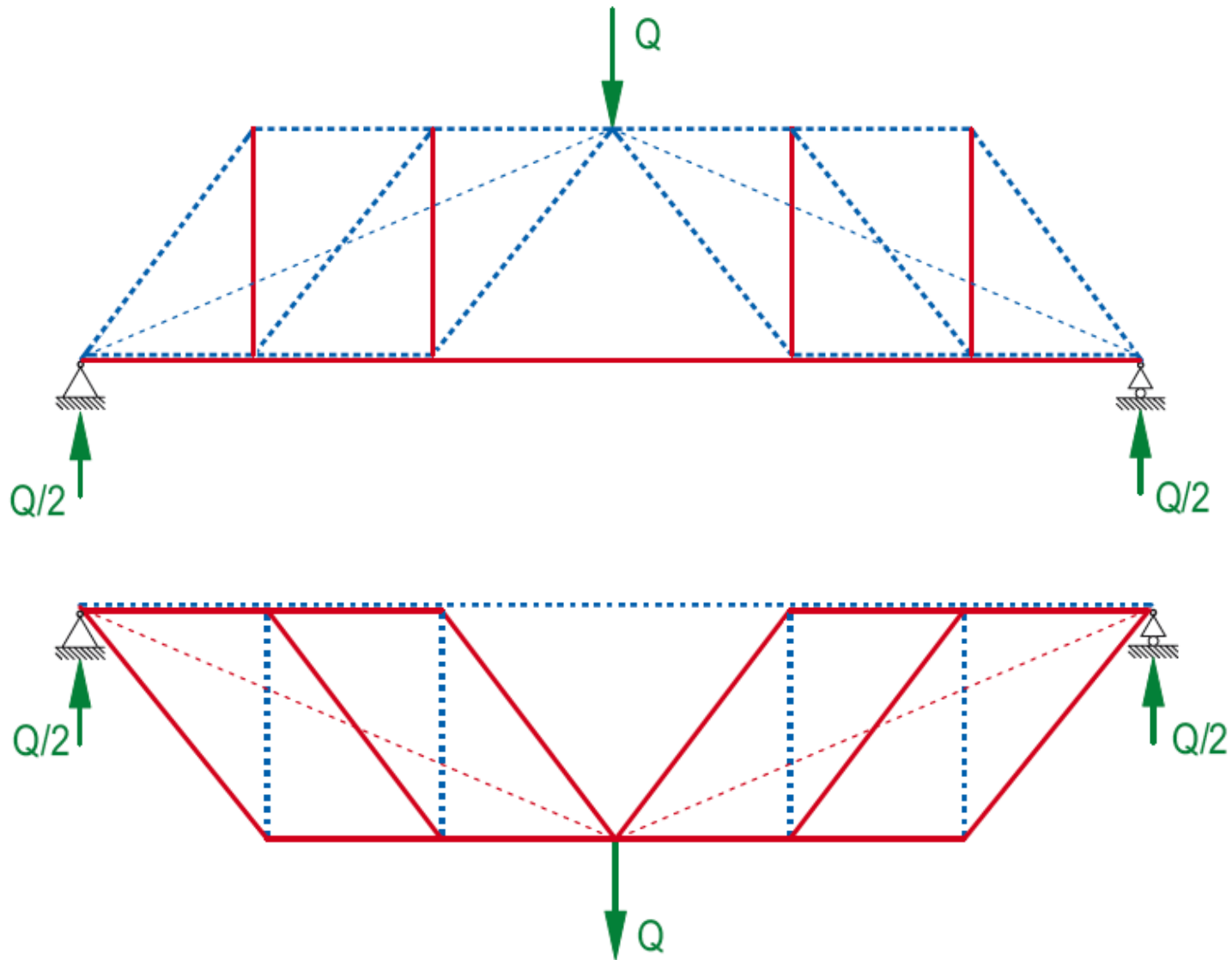
Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken



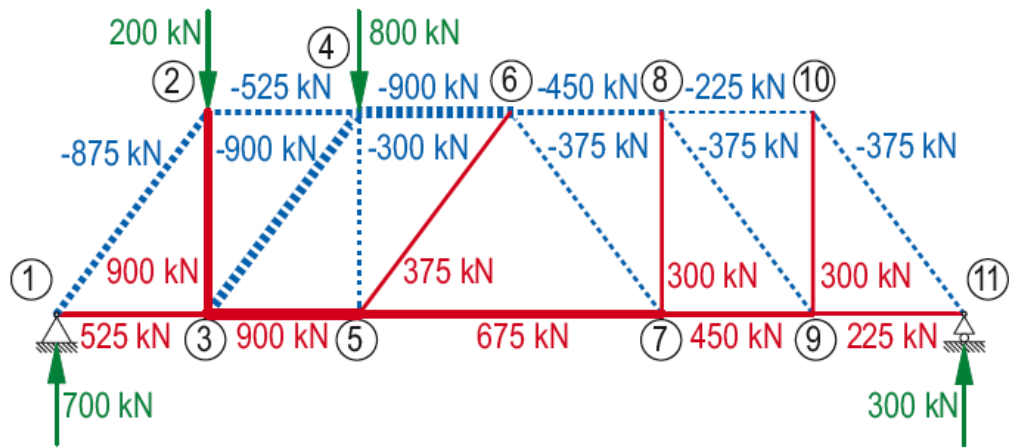
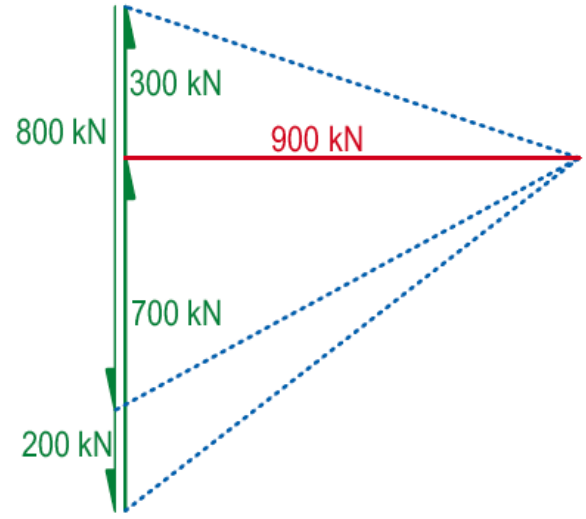
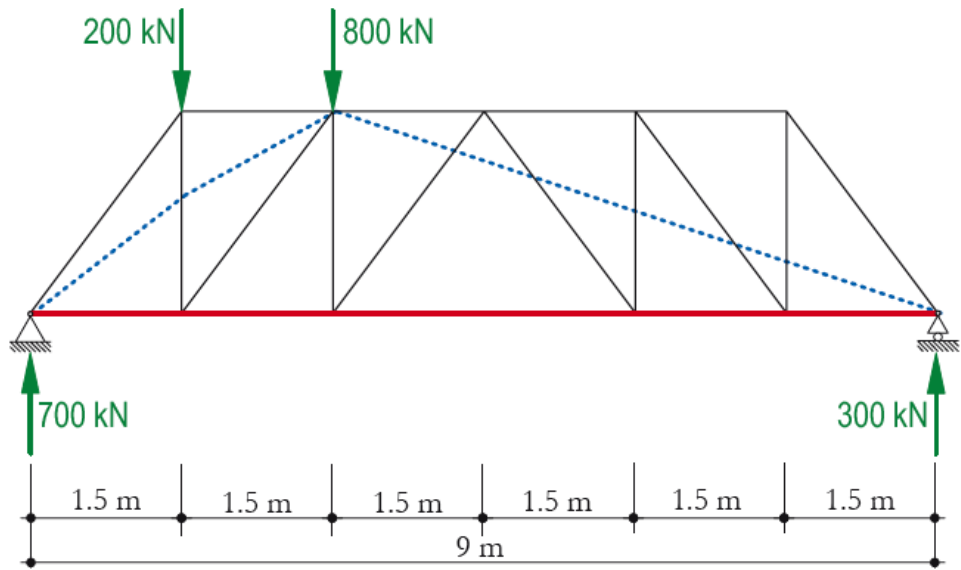
Fachwerk als einfaches Bogen-Seiltragwerk mit Kraftausbreitung



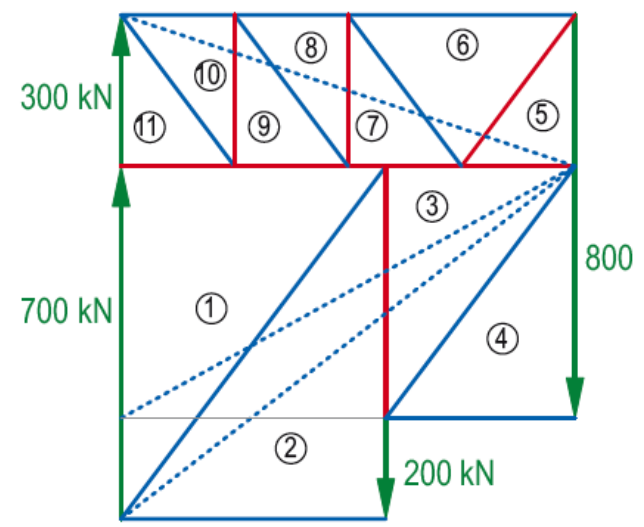
Fachwerk als einfaches Bogen-Seiltragwerk mit Kraftausbreitung



Stabkräfte in einem Fachwerk mit zwei Einzellasten

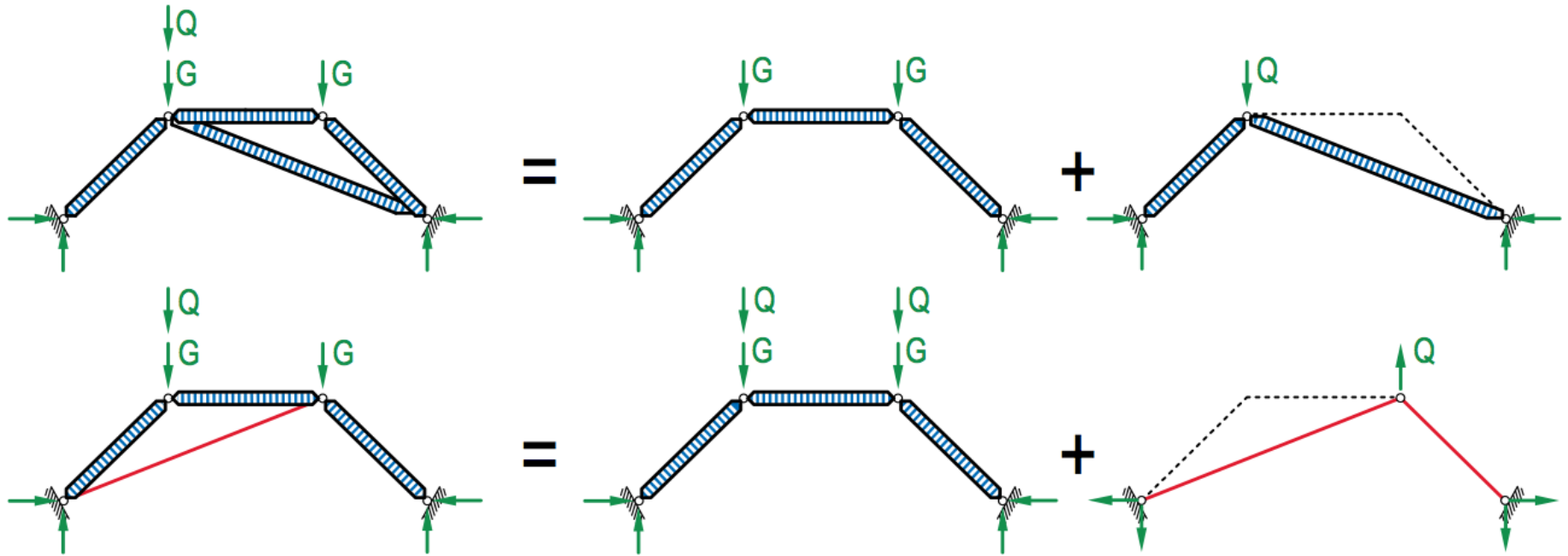


Lageplan

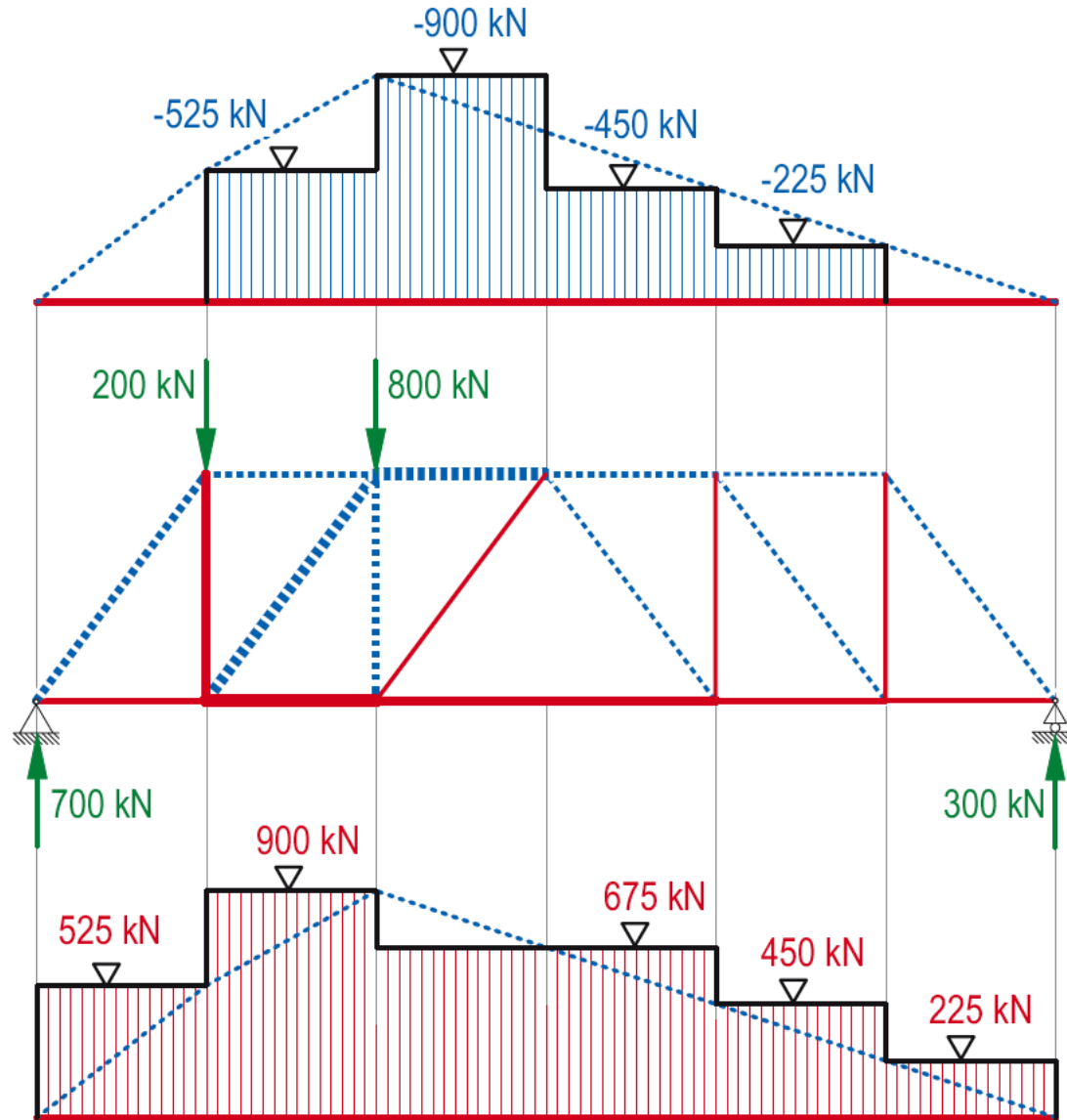


Kräfteplan

Stabilisierung des Bogens mittels zusätzlicher Tragelemente



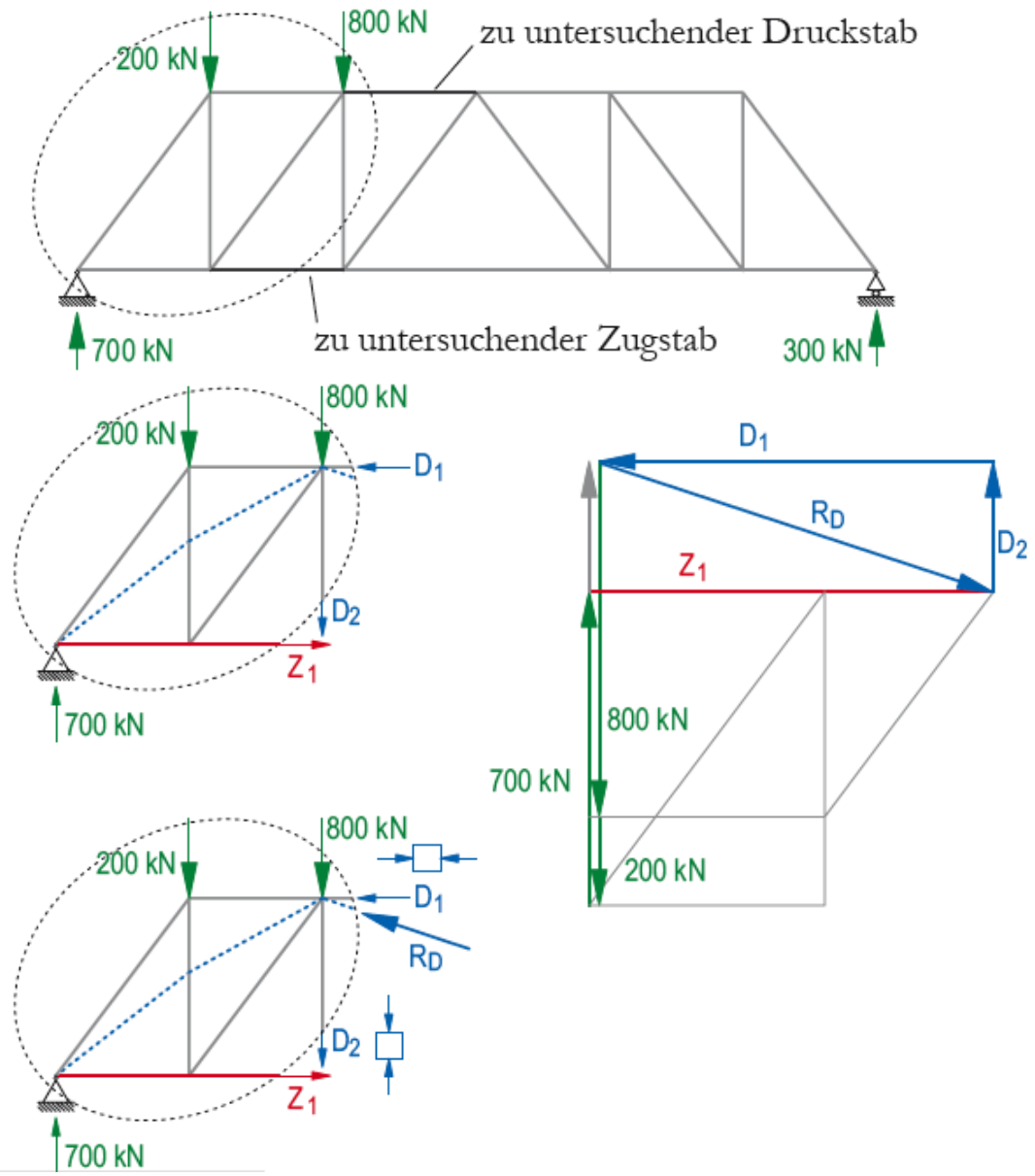
Kraftverlauf in den Fachwerkgurten



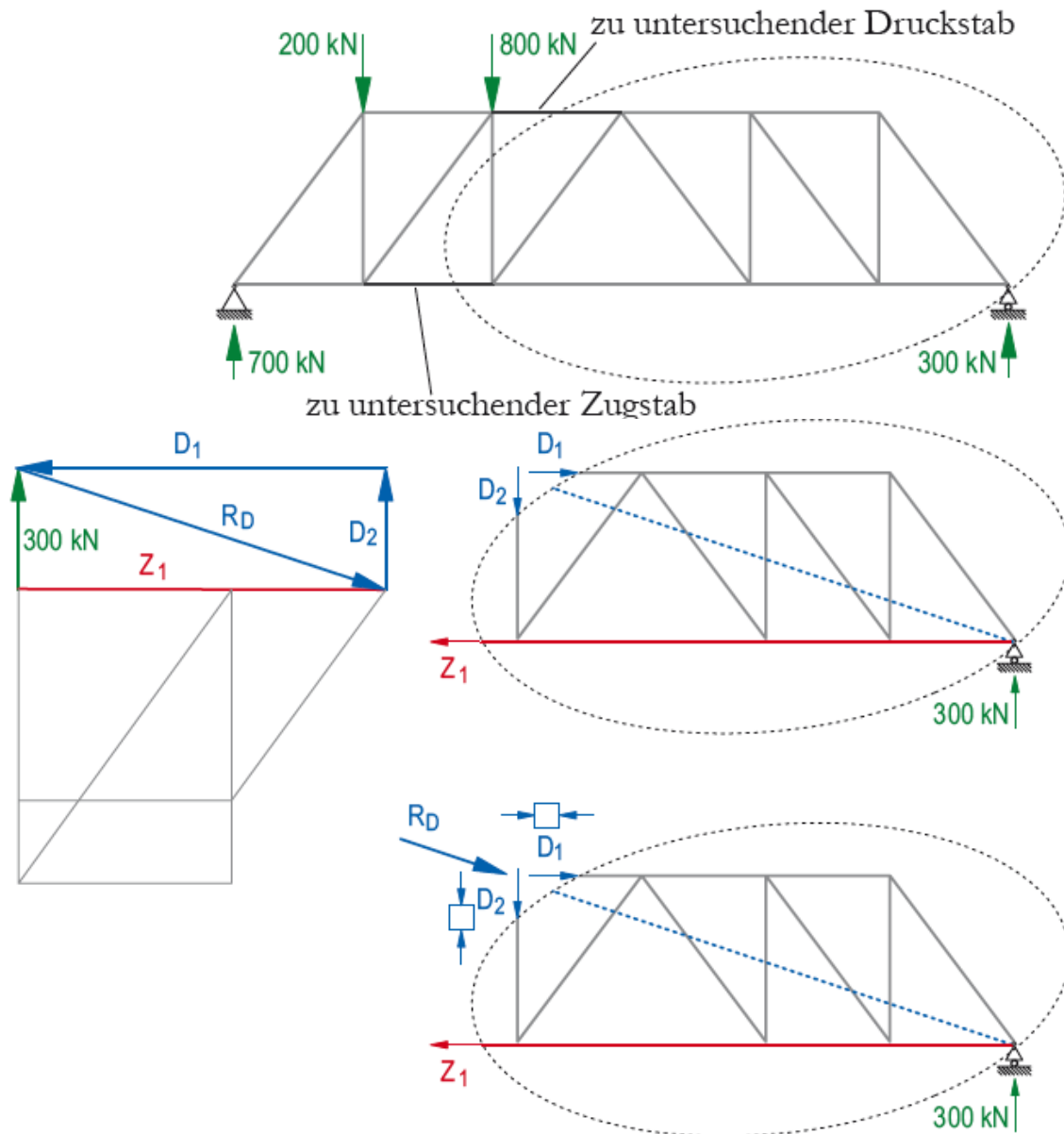
Normalkraftverlauf
im Obergurt

Normalkraftverlauf
im Untergurt

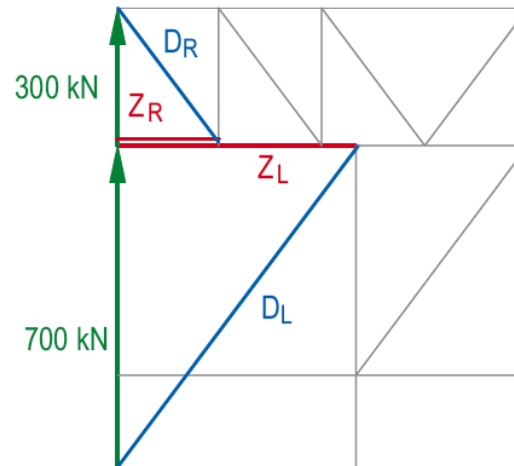
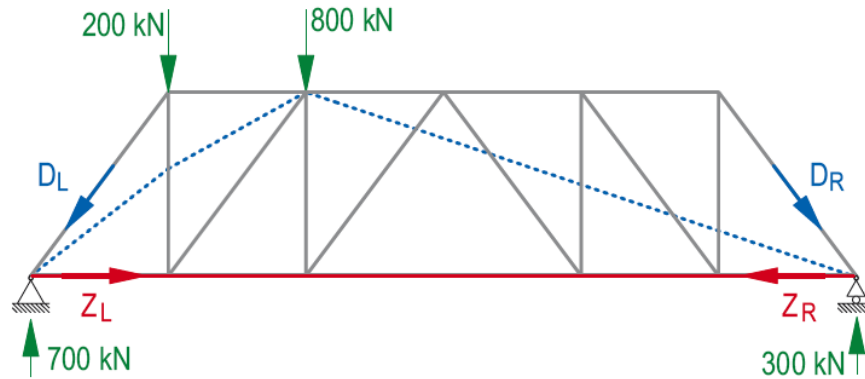
Ermittlung der maximalen Gurtkräfte



Ermittlung der maximalen Gurtkräfte



Ermittlung der maximalen Kräfte in den Diagonalen und Pfosten



Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines einfachen Balkens

Rahmen

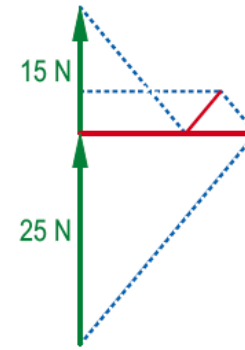
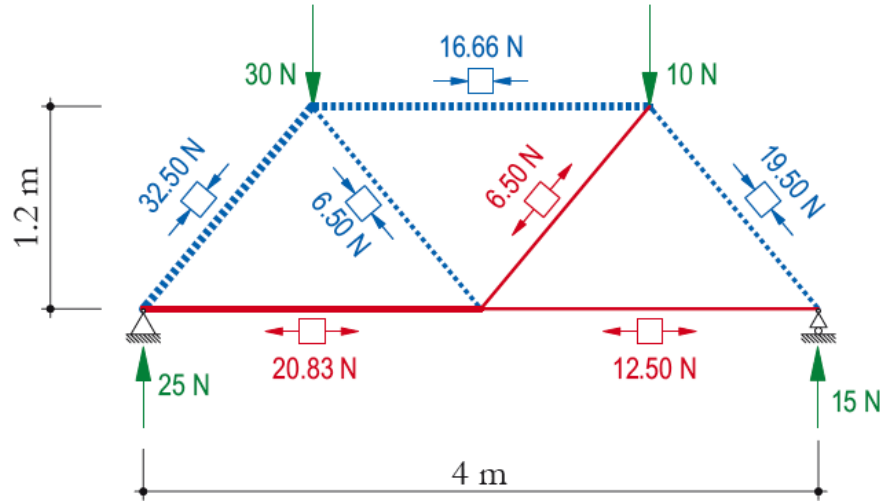
Scheiben

Balkenroste

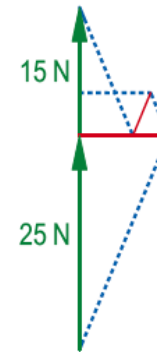
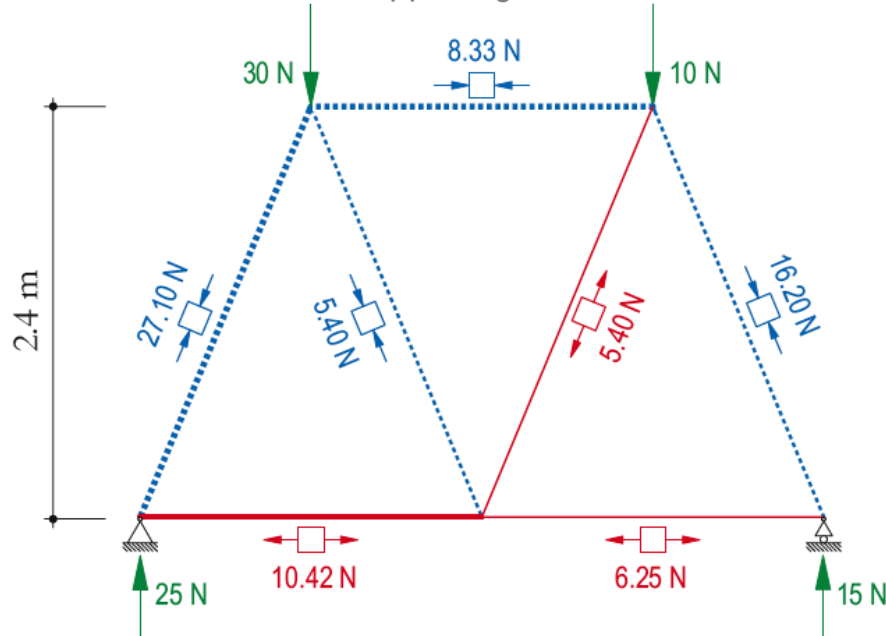
Platten

Steuerungsfaktoren

Einfluss einer proportionalen Veränderung der Geometrie

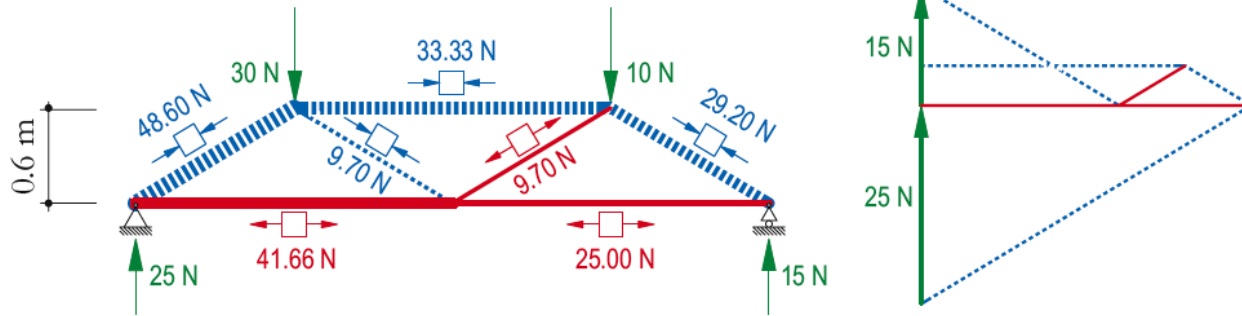


Verdoppelung der Höhe:

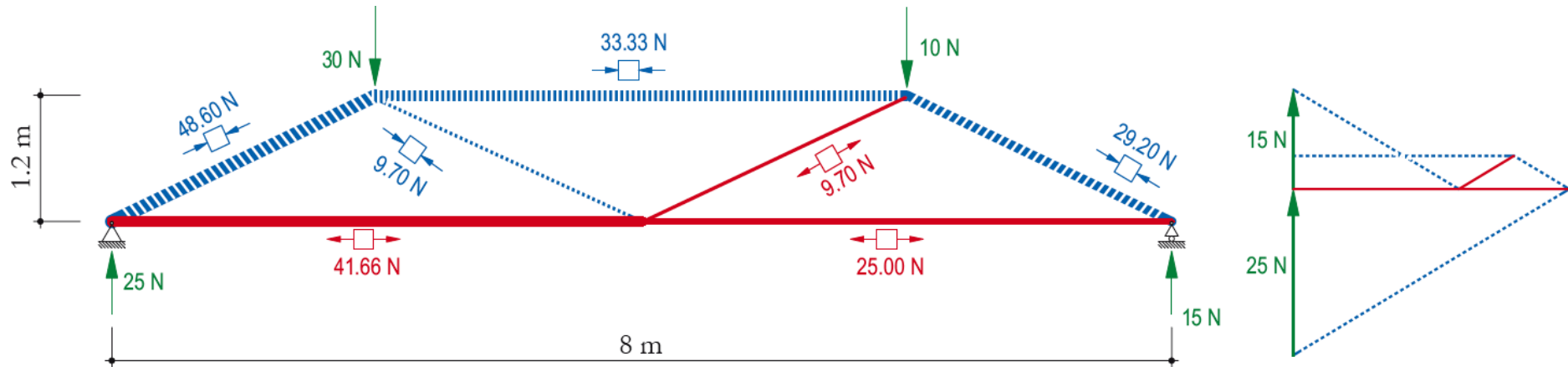


Einfluss einer proportionalen Veränderung der Geometrie

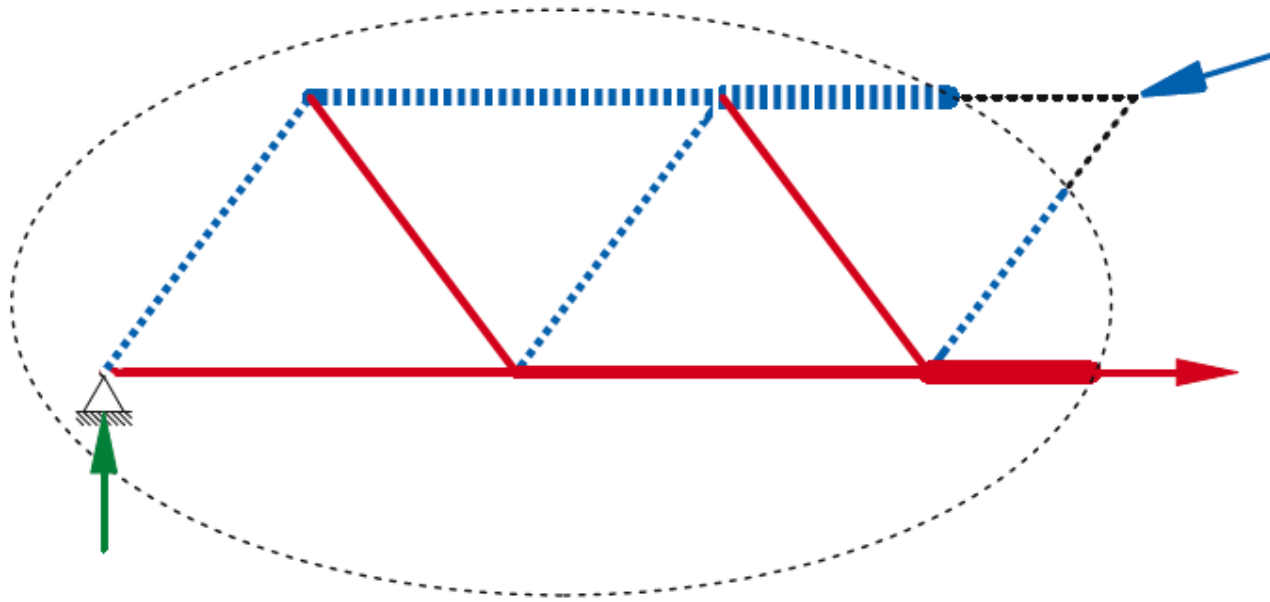
Halbierung der Höhe:



Verdoppelung der Spannweite:



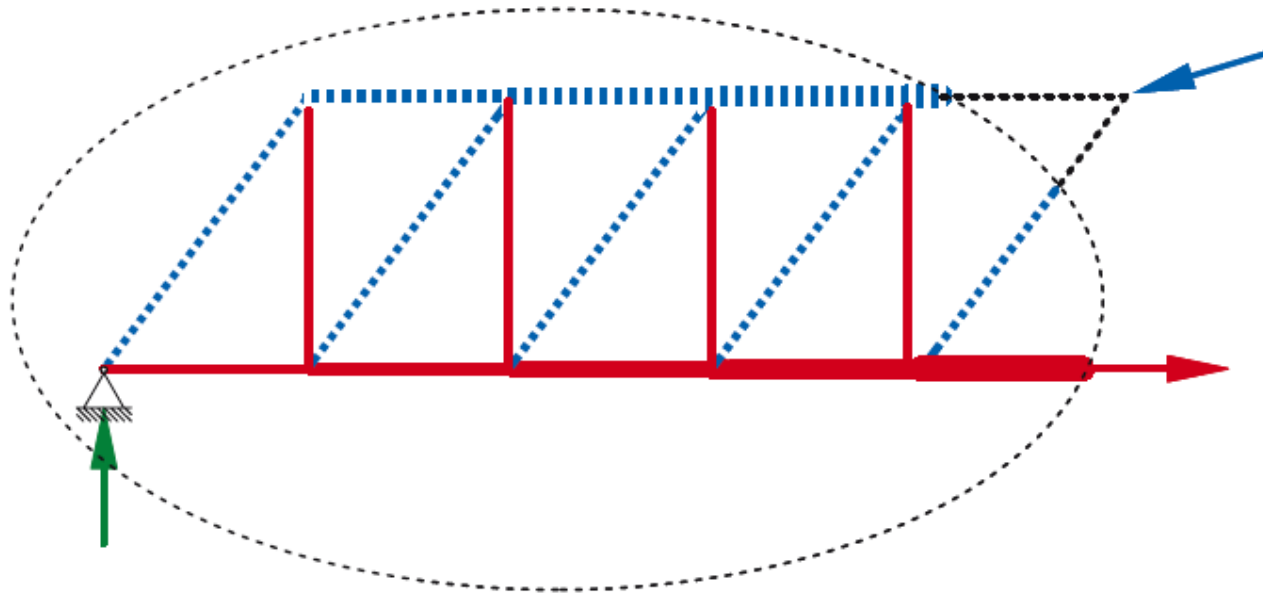
Fachwerk mit V-förmigen Diagonalen (System Warren)



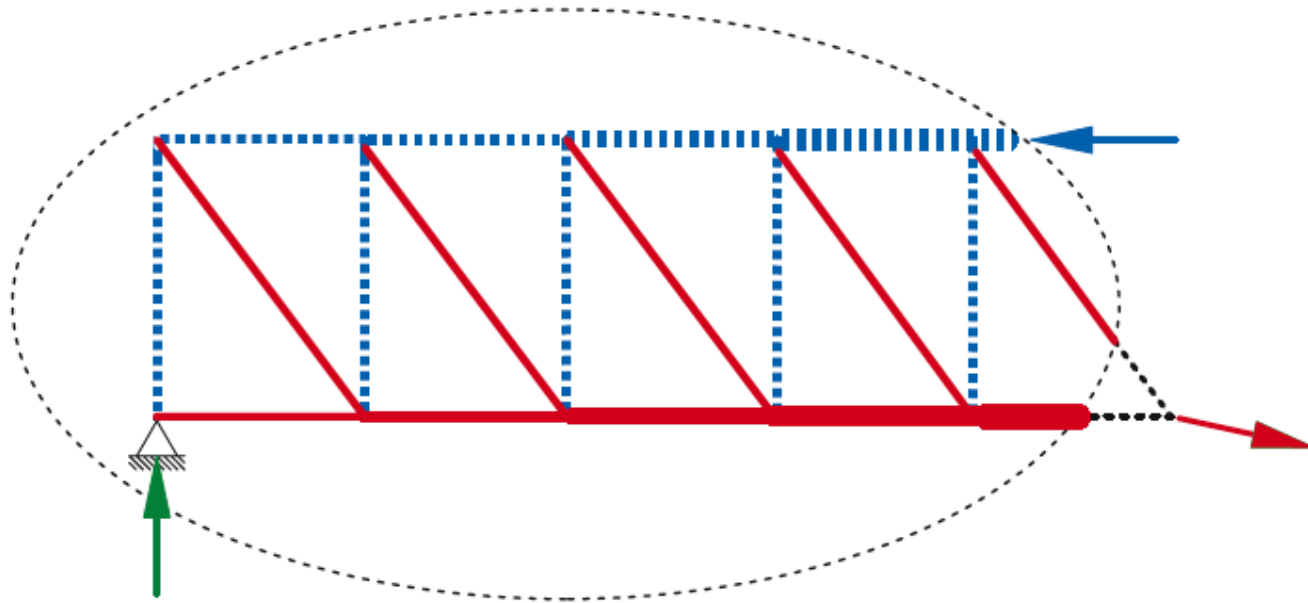


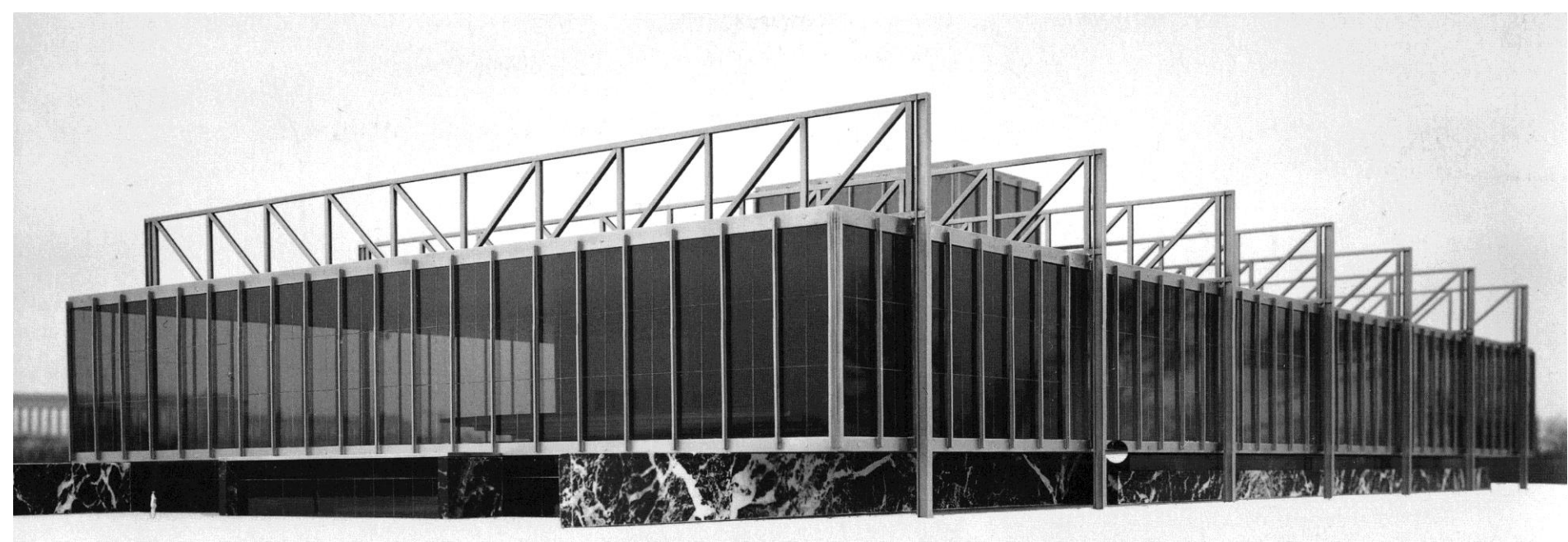
Centre Georges Pompidou, Paris, 1977, Arch: R. Piano + R. Rogers, Ing: P. Rice (Ove Arup & Partners)

Fachwerk mit N-förmigen Diagonalen (System Howe)



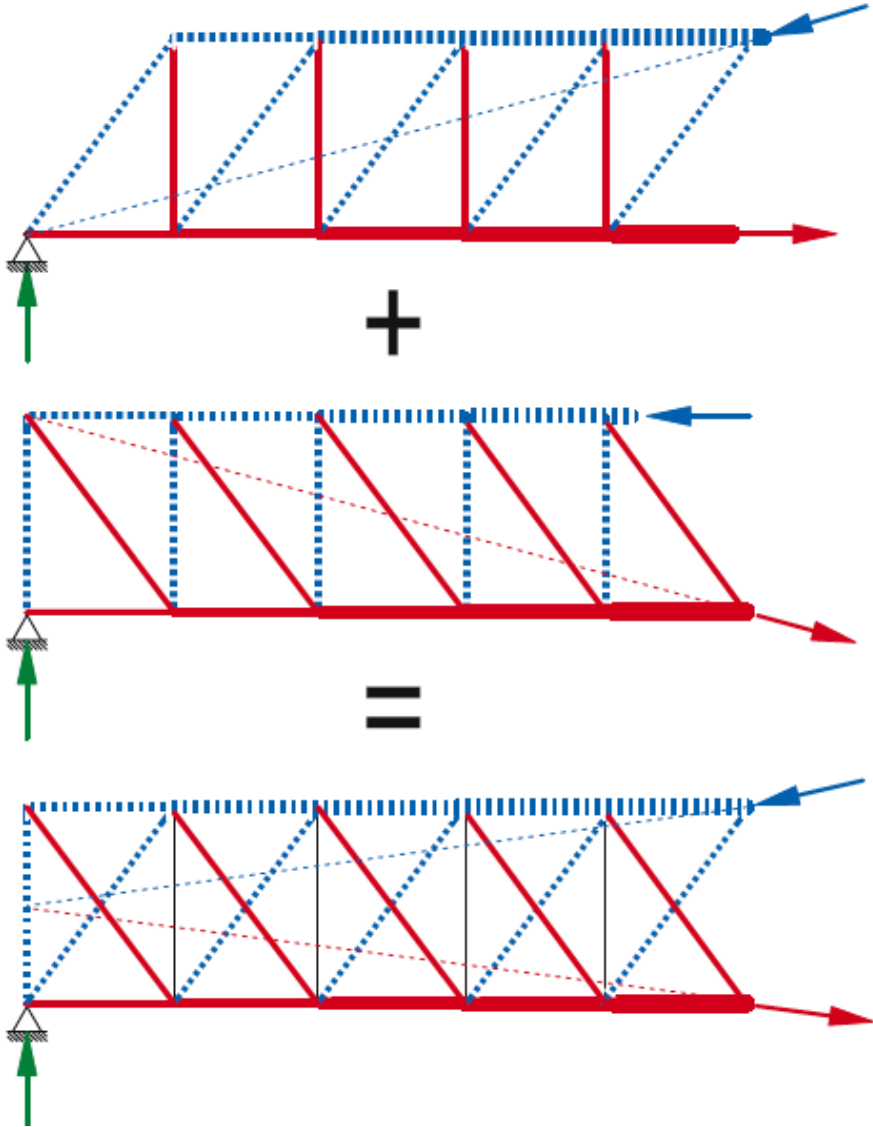
Fachwerk mit N-förmigen Diagonalen (System Pratt)





Projekt, Nationaltheater, Mannheim, 1953, Arch.: Ludwig Mies van der Rohe

Fachwerk mit X-förmigen Diagonalen (System Long)

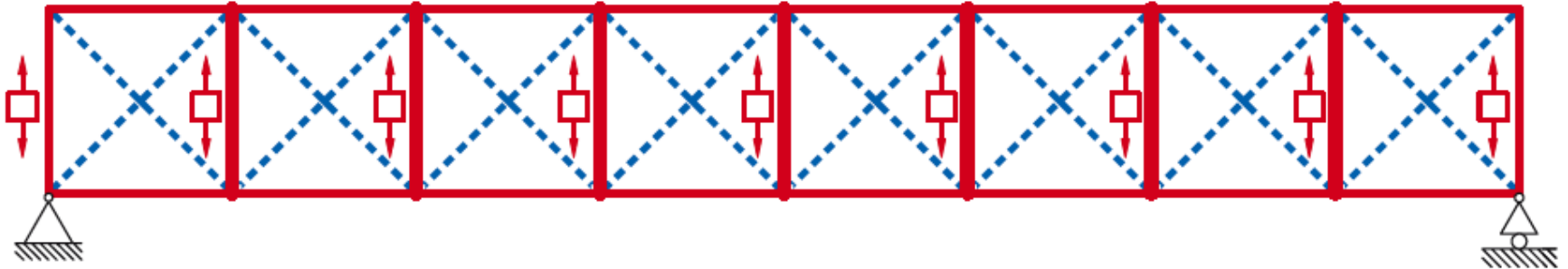




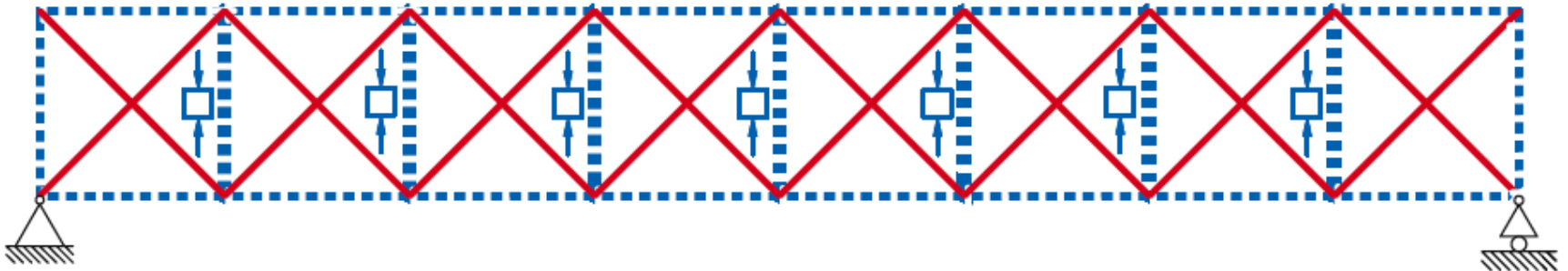
Kristallpalast, London, 1851, Arch.: Joseph Paxton, Ing.: Fox Henderson

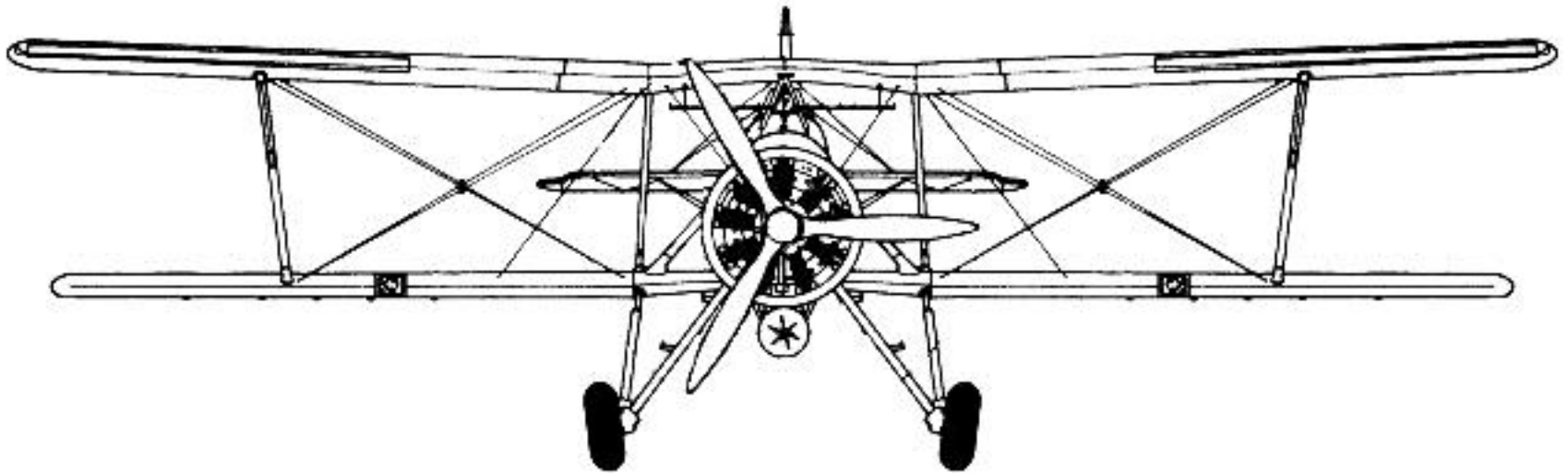
Vorspannung eines Fachwerks mit X-förmigen Diagonalen

Zugvorspannung der Pfosten



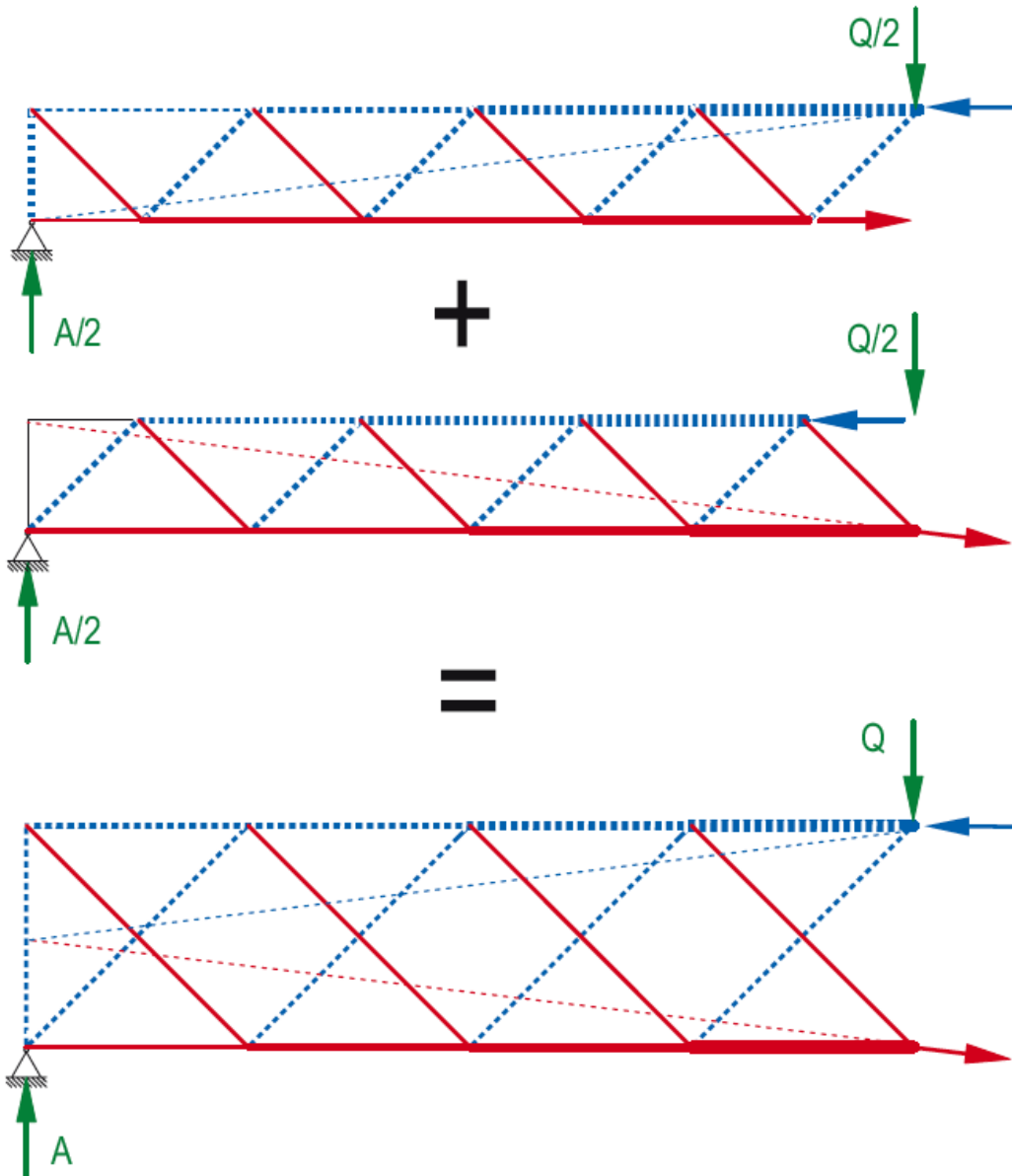
Zugvorspannung der Diagonalen



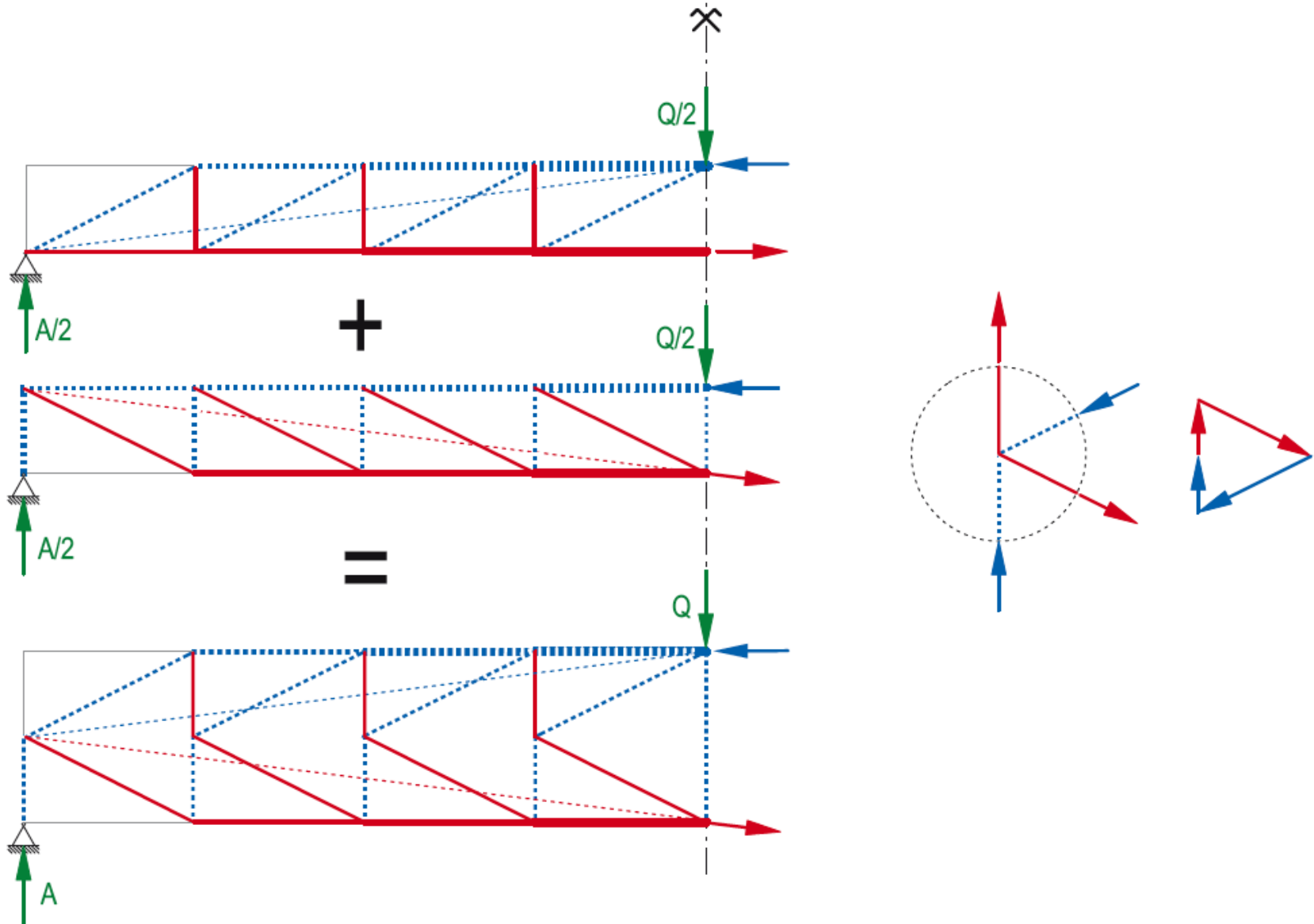


Doppeldecker Fairey Swordfish I, Grossbritannien, 1934

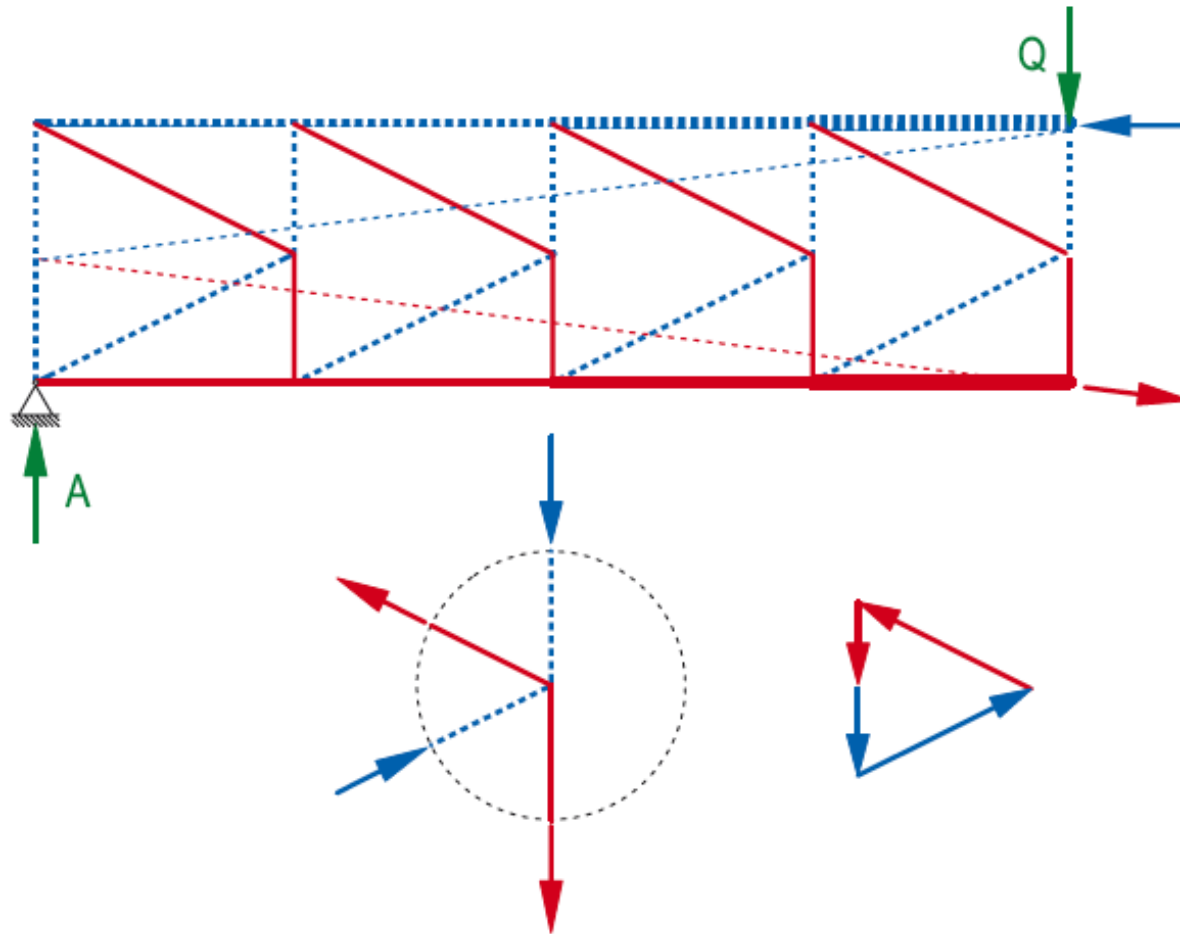
Fachwerk mit X-förmigen Diagonalen ohne Pfosten



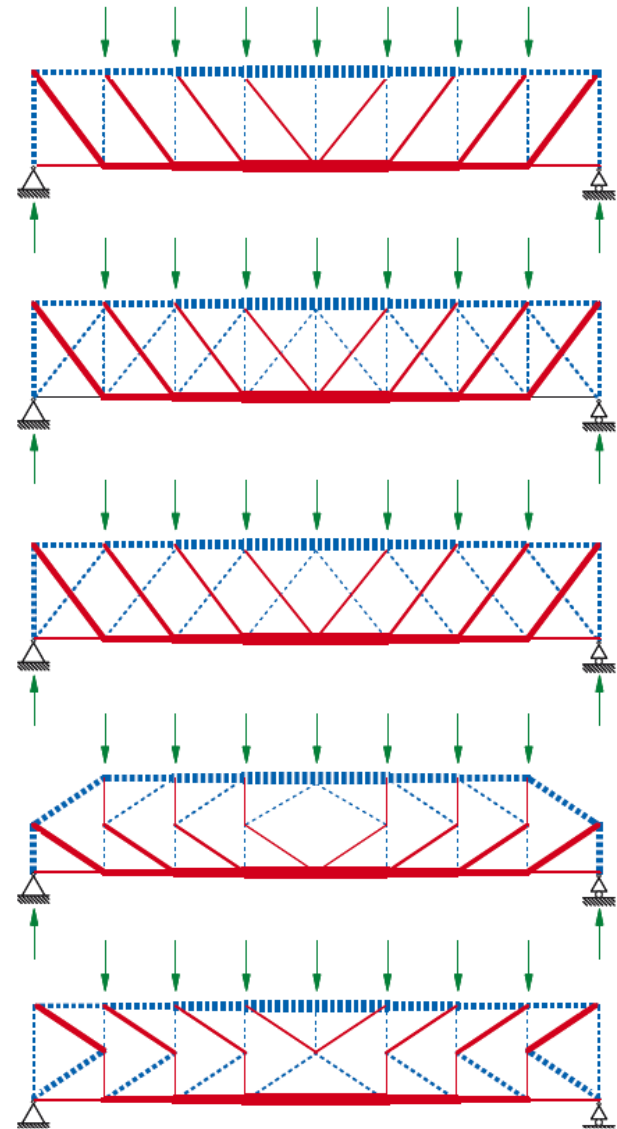
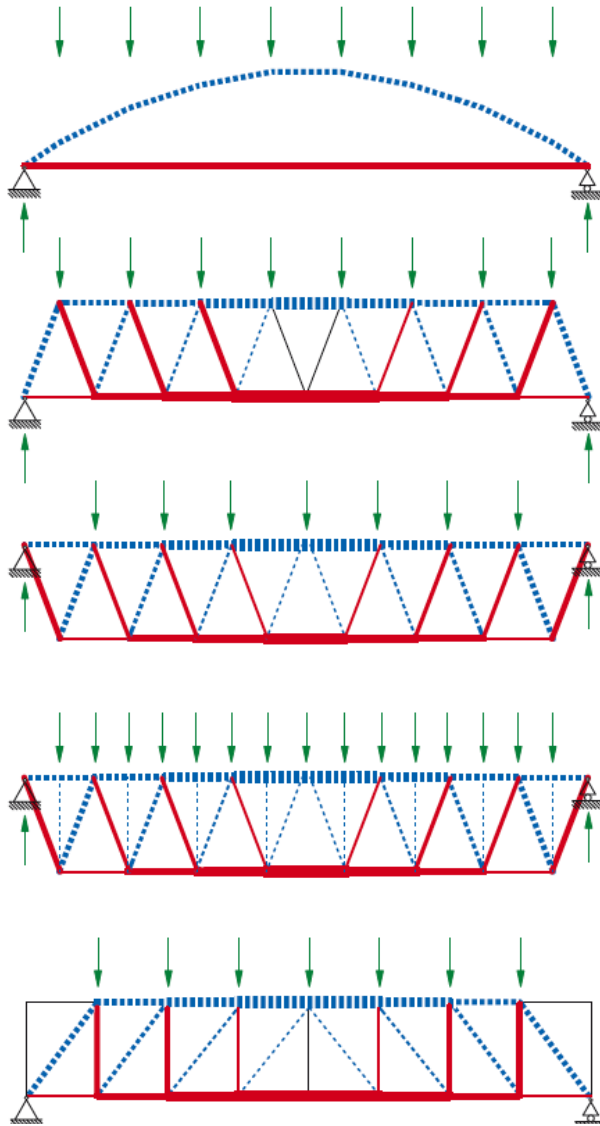
Fachwerk mit K-förmigen Diagonalen in Richtung der Auflager



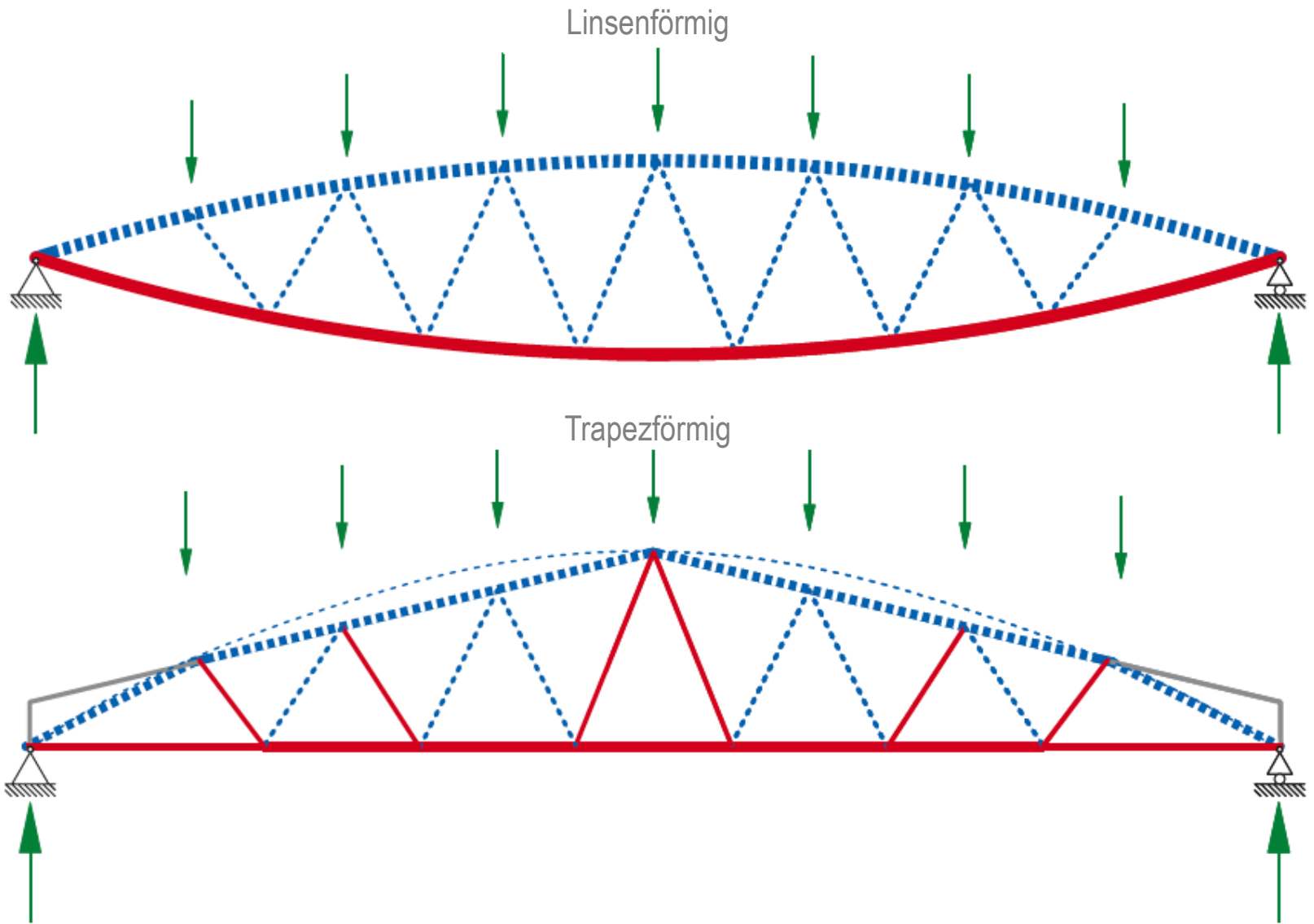
Fachwerk mit K-förmigen Diagonalen in Richtung der Feldmitte

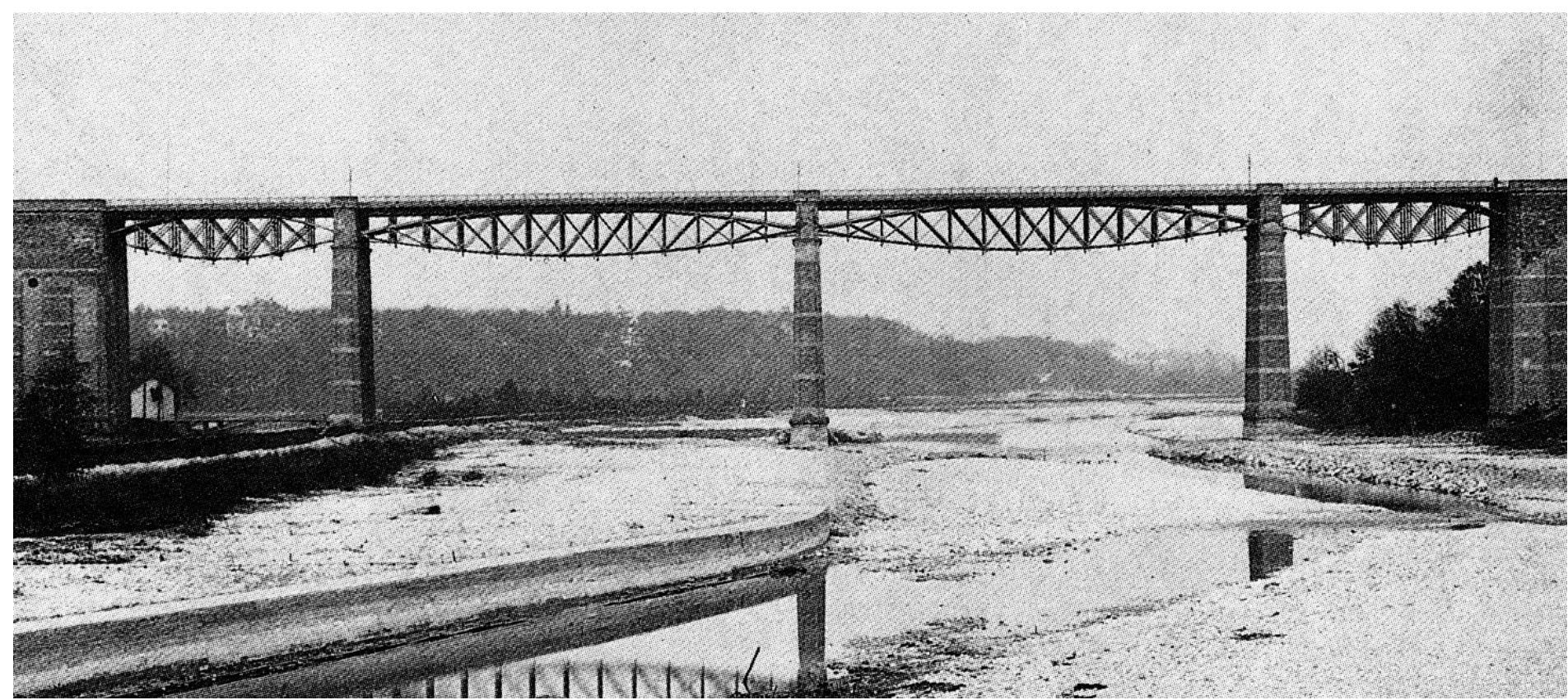


Gegenüberstellung verschiedener Fachwerkausbildungen



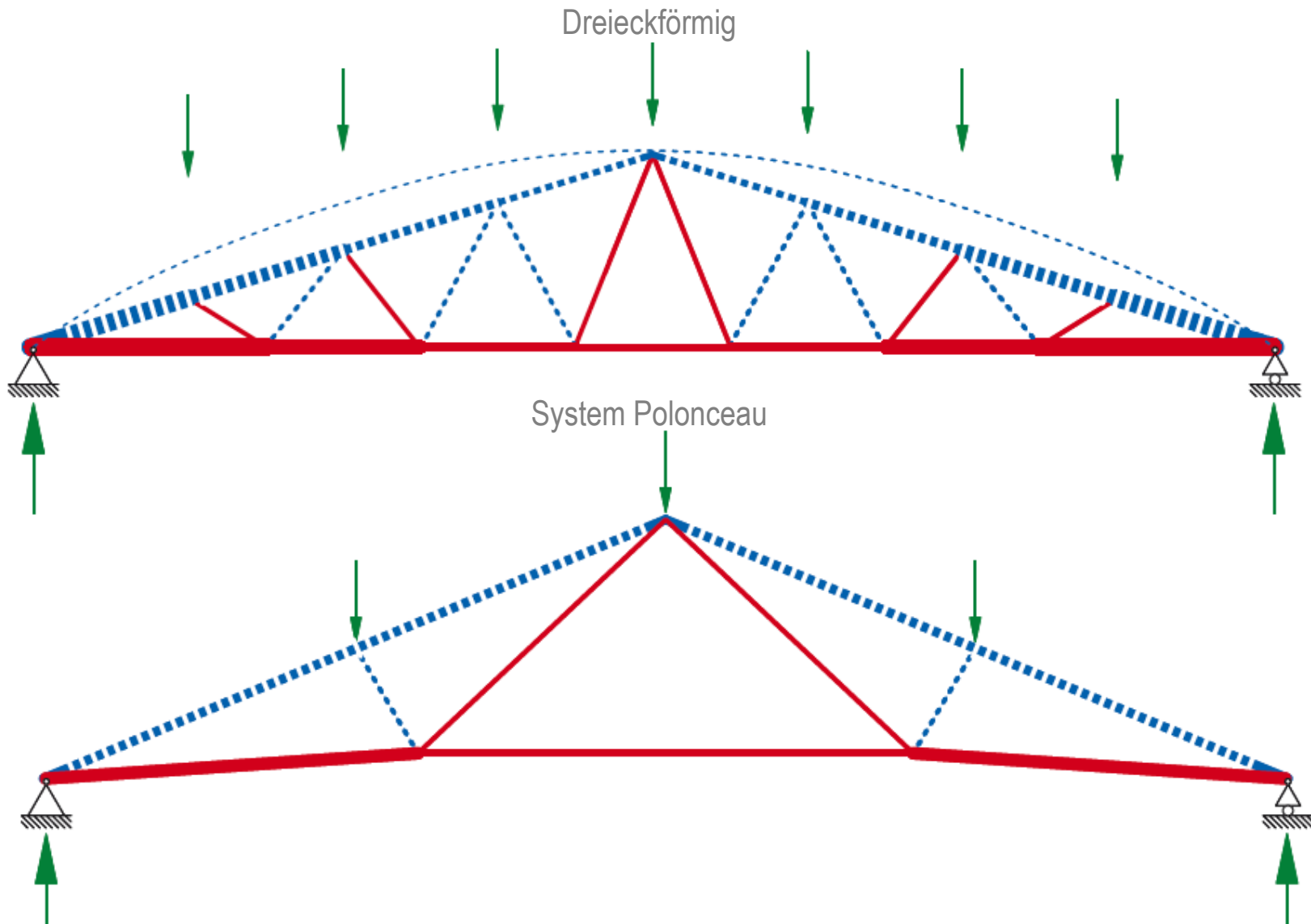
Variation der Fachwerksform

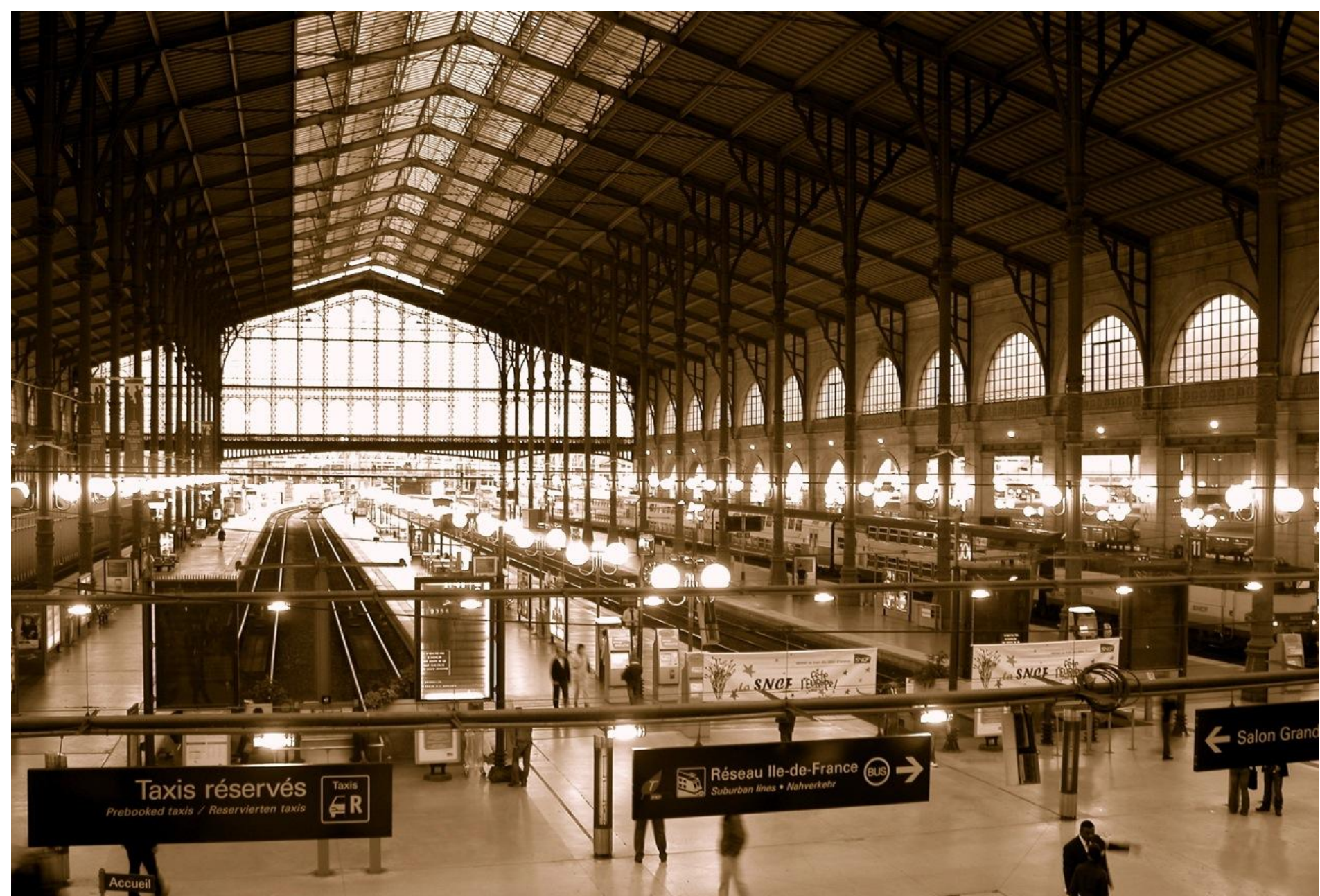




Isarbrücke, Grosshesselohe, 1857, Arch. & Ing.: Friedrich August von Pauli, Heinrich Gerber und Ludwig Werder

Variation der Fachwerksform



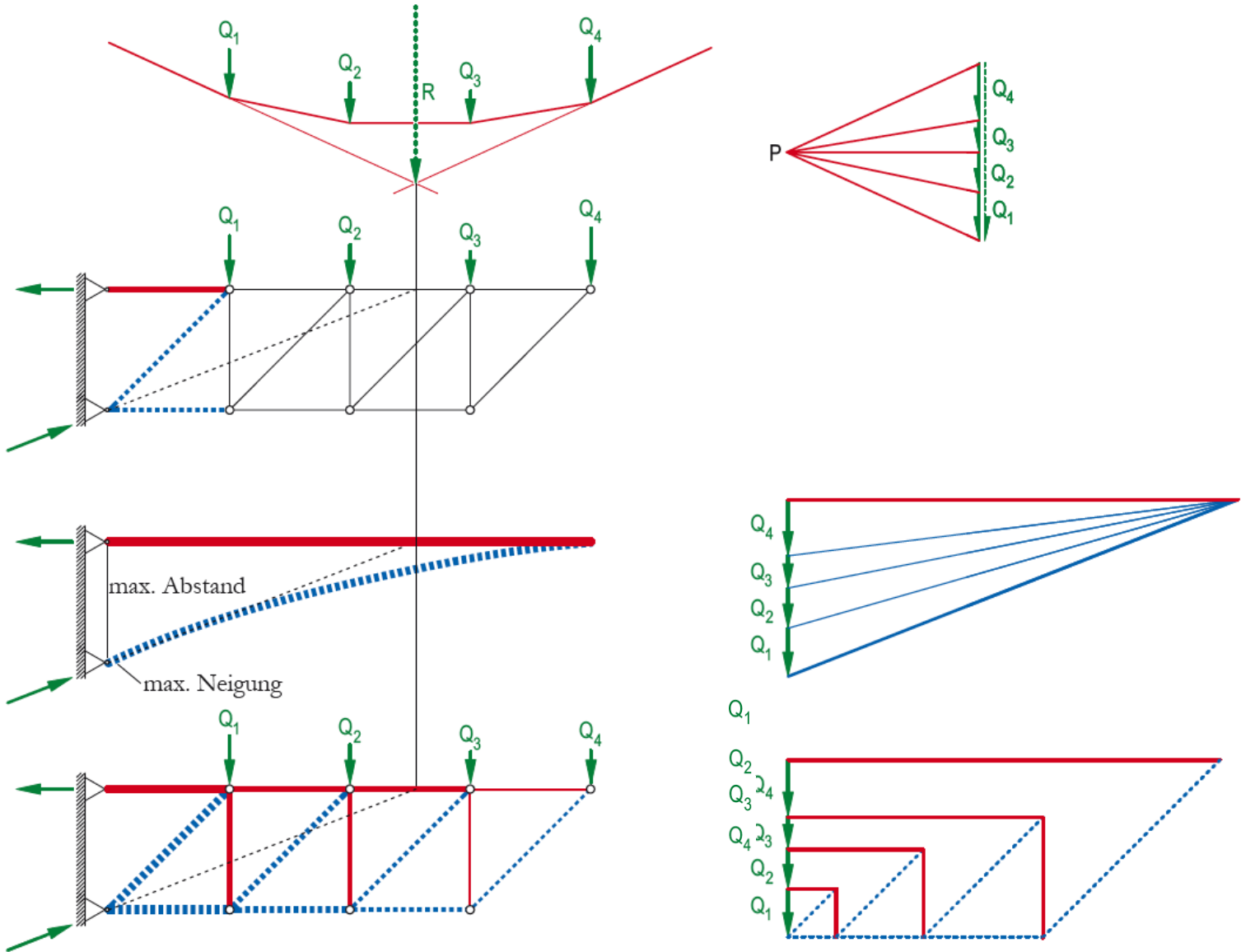


Gare du Nord, Paris, 1865, Arch.: Jakob Ignatz Hittorf



Gare du Nord, Paris, 1865, Arch.: Jakob Ignatz Hittorf

Untersuchung eines konsolartigen Fachwerks



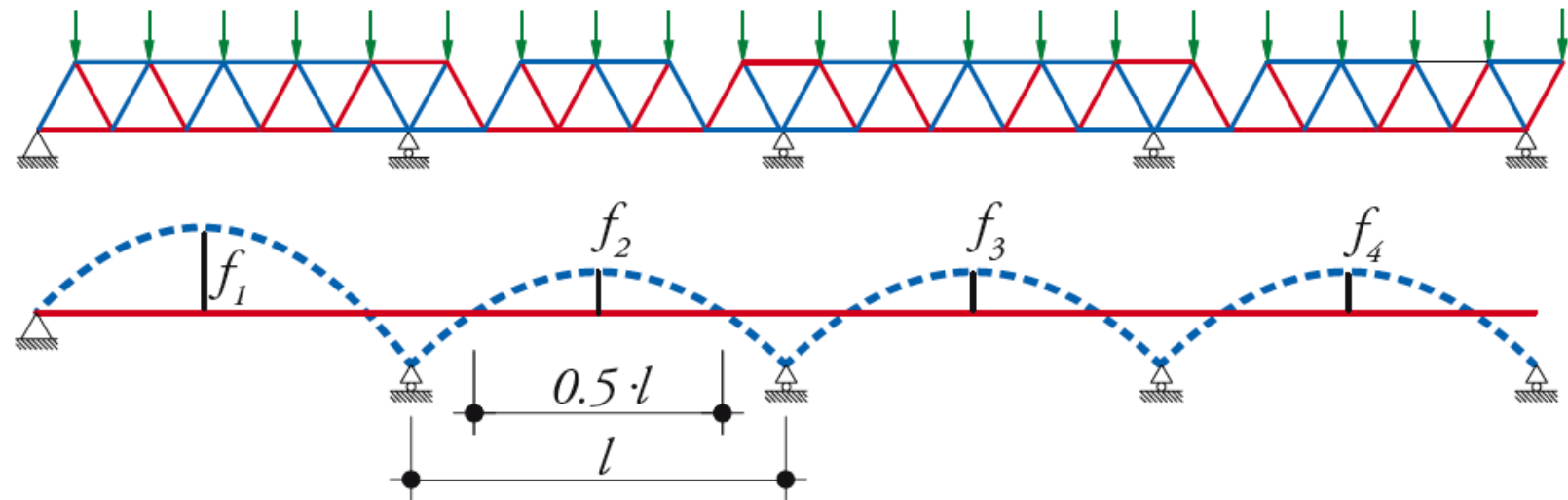
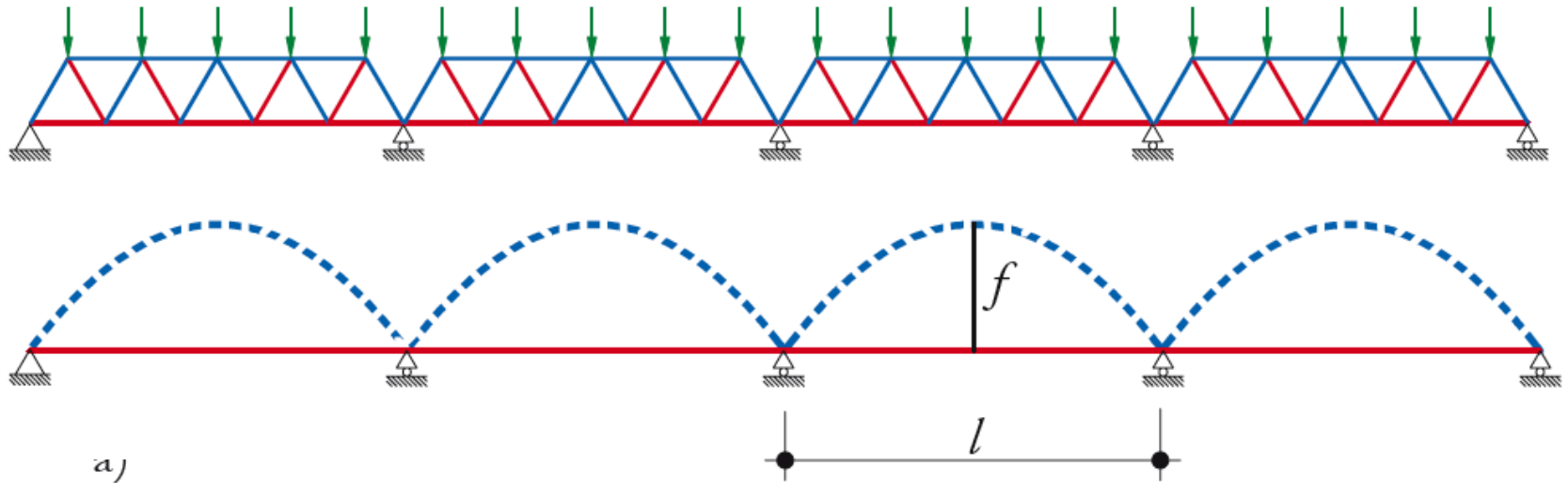


Bank of China, Hong Kong, 1989, Arch.: I.M. Pei, Ing.: Robertson, Fowler and Associates



John Hancock Center, Chicago, 1969, Arch.: Skidmore, Owings & Merrill, Ing.: F. Kahn

Serie von einfachen Fachwerken und Gerberträger



Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines einfachen Balkens

Rahmen

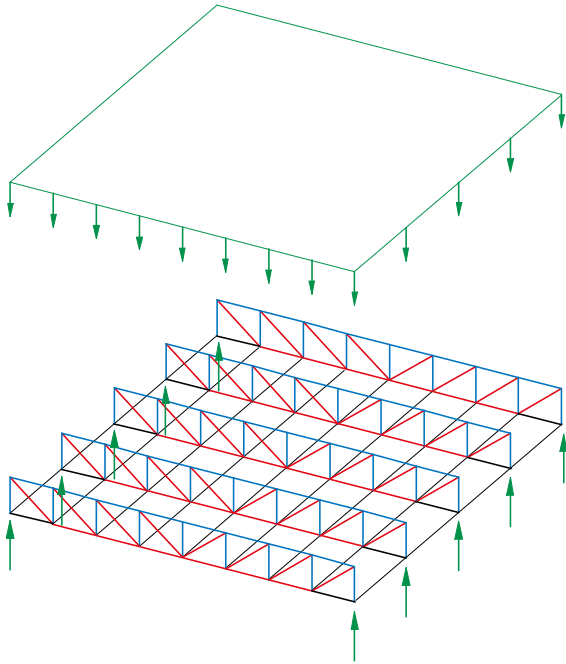
Scheiben

Balkenroste

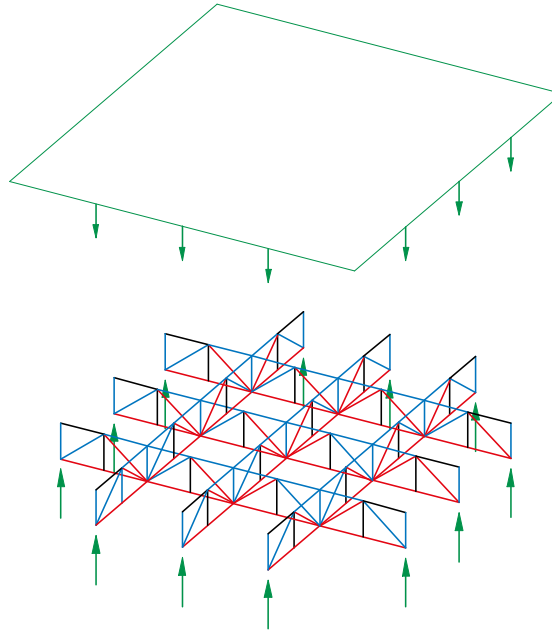
Platten

Steuerungsfaktoren

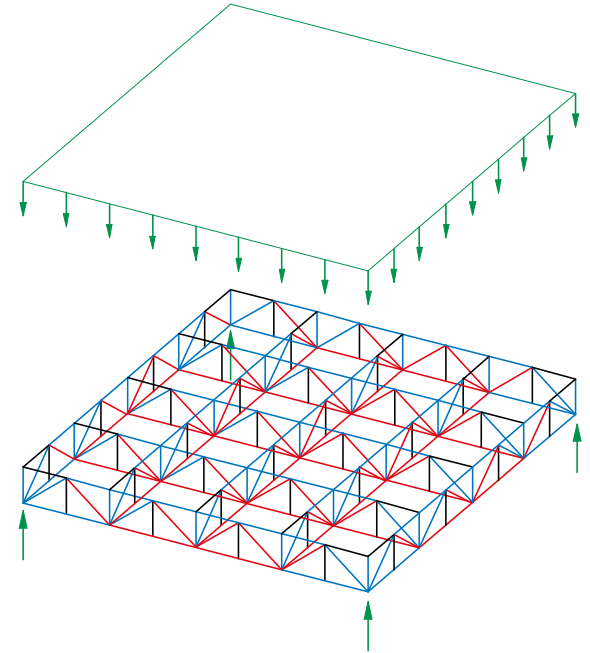
Räumliche Fachwerke



Parallel angeordnete
Fachwerke



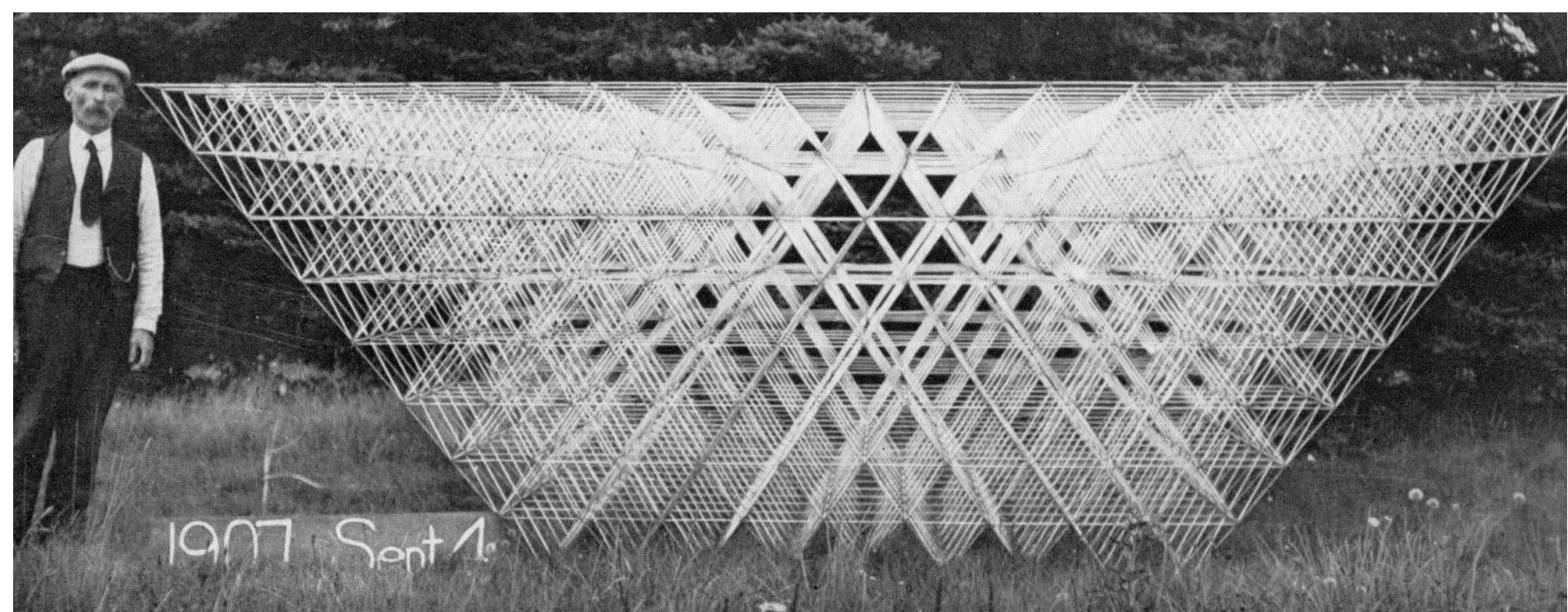
Trägerrost aus Fachwerken
mit Auflagern an allen Seiten



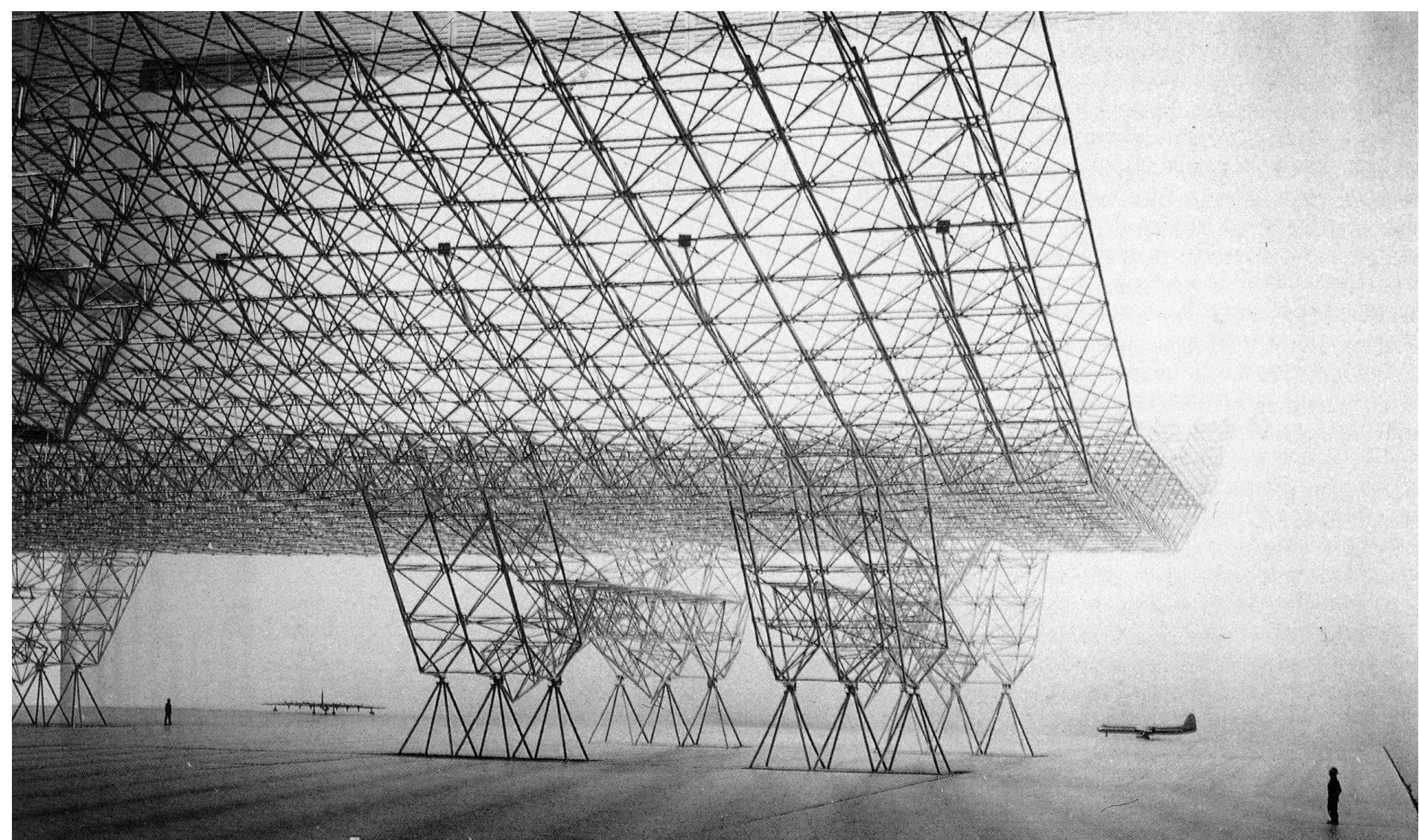
Trägerrost aus Fachwerken
mit Auflagern nur in den Ecken



USM-Fabrik, Münsingen, 1962-64, Arch.: Bruno und Fritz Haller, Ing.: Emch + Berger



Verbunddrachen als Raumfachwerk aus vorgefertigten Tetraedern von Alexander Graham Bell 1907



US Air Force Hangar Projekt, 1951, Arch.: Konrad Wachsmann



US EXPO-Pavillion, Montreal, 1967, Arch. & Ing.: Richard Buckminster Fuller & Shoji Sadao

Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Ermittlung der inneren Kräfte

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines Balkens

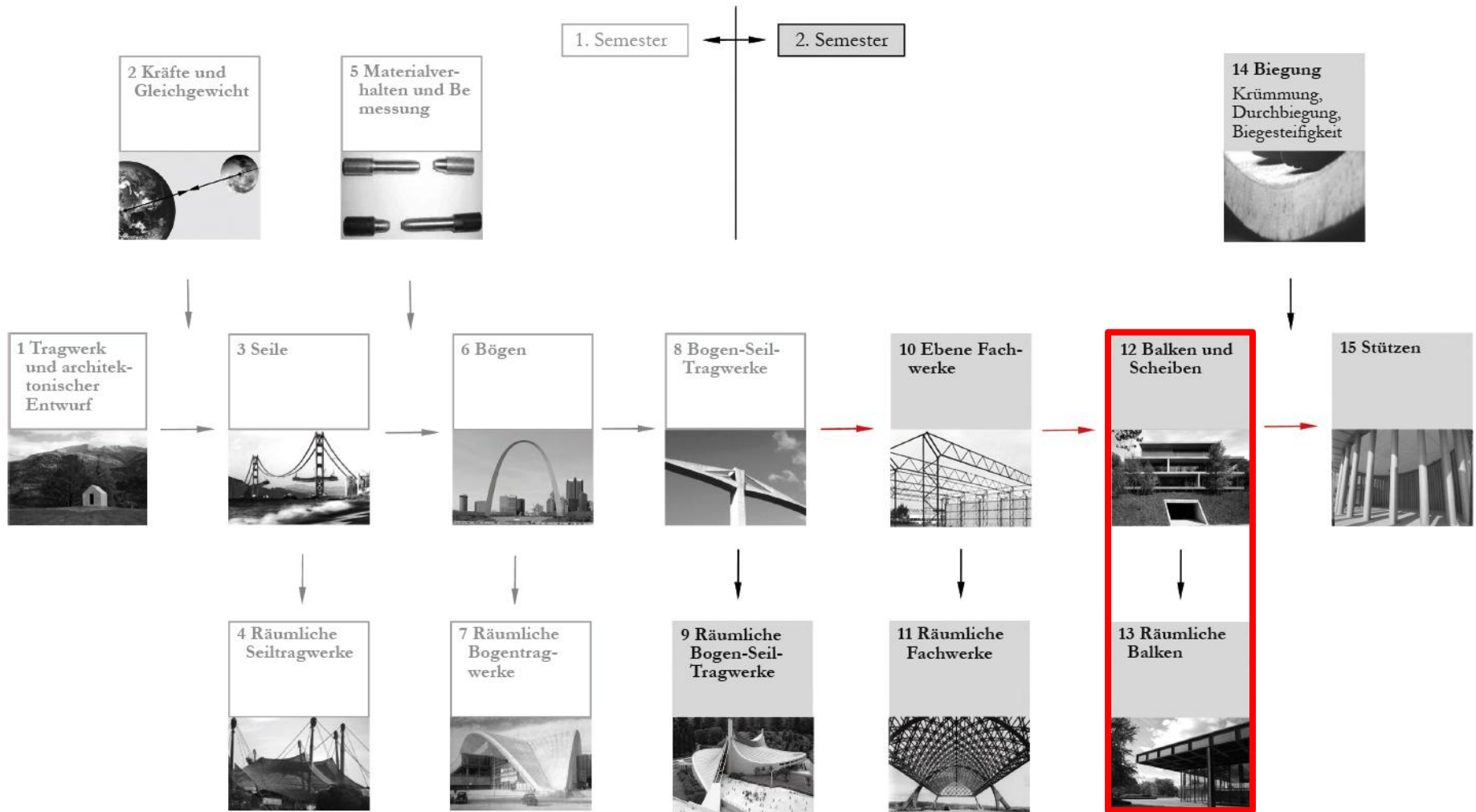
Rahmen

Scheiben

Balkenroste

Platten

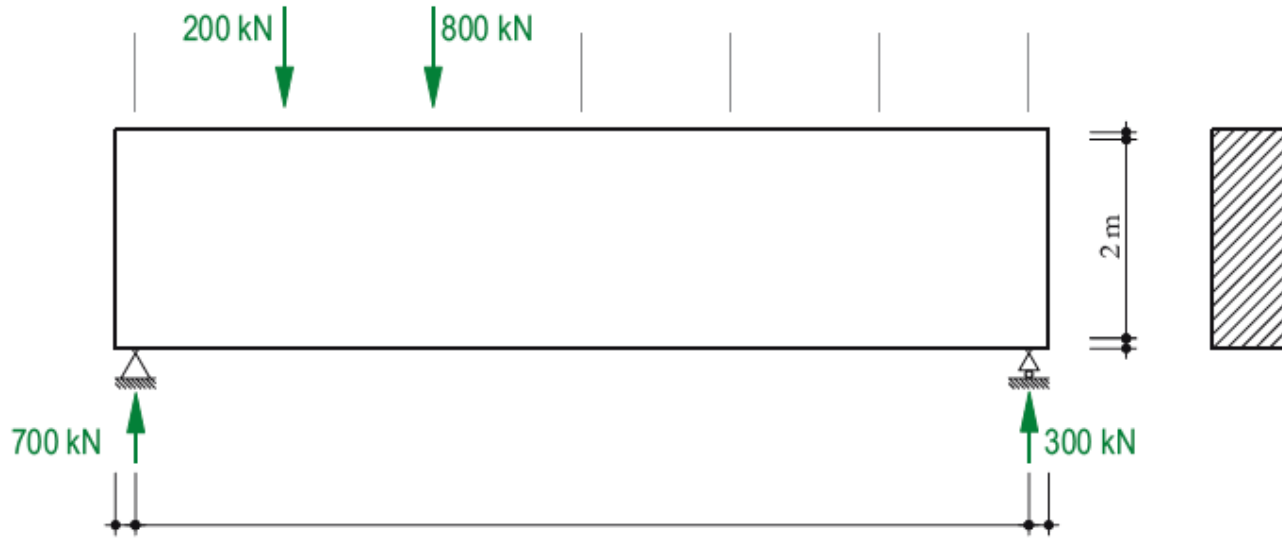
Steuerungsfaktoren



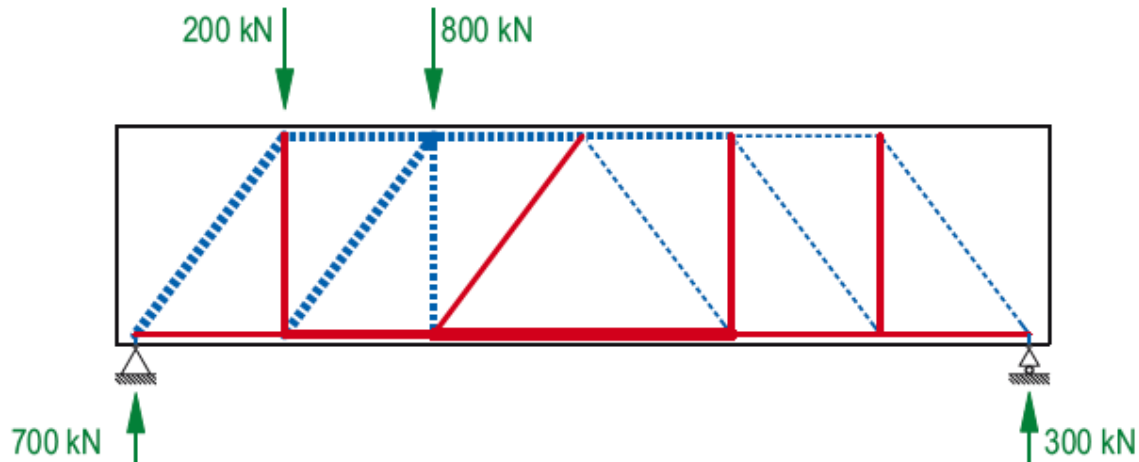
Bogen, Seil		Bogen-Seiltragwerk	
Als äusseres Tragwerk	Als inneres Tragwerk	Als äusseres Tragwerk	Als inneres Tragwerk
	<p>Beton, gerissen</p> <p>Beton, gerissen</p>		<p>Holz</p> <p>Beton, vorgespannt</p> <p>Beton, gerissen</p>
Bogen, Seil, Membran, Schale	Membranwirkung	Bogen-Seiltragwerk Fachwerk Raumfachwerk	Balken Balkenroste Platten

Innere Kräfte in Balken

Balken mit äusseren Kräften

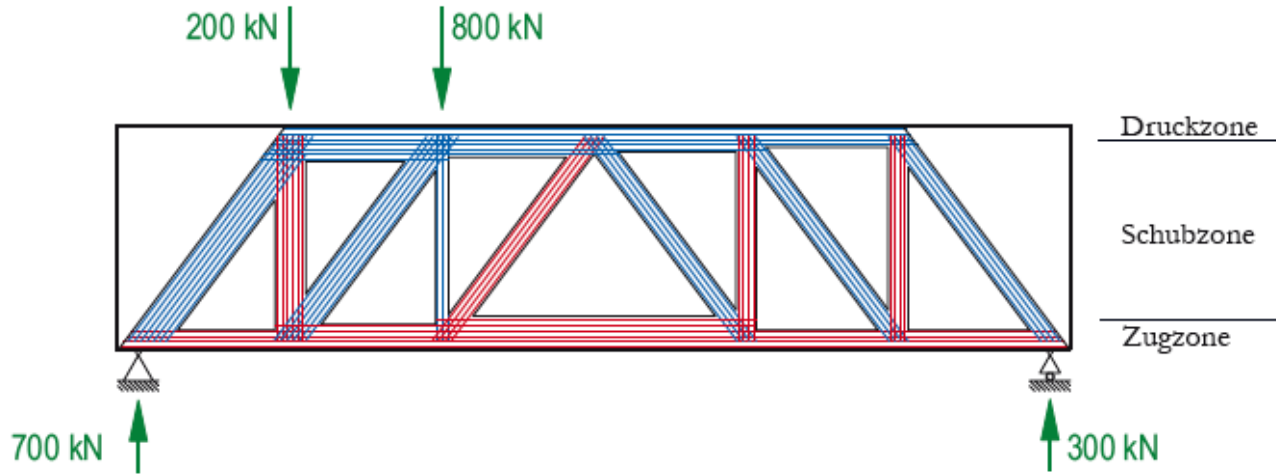


Balken mit eingeschriebenem Fachwerk

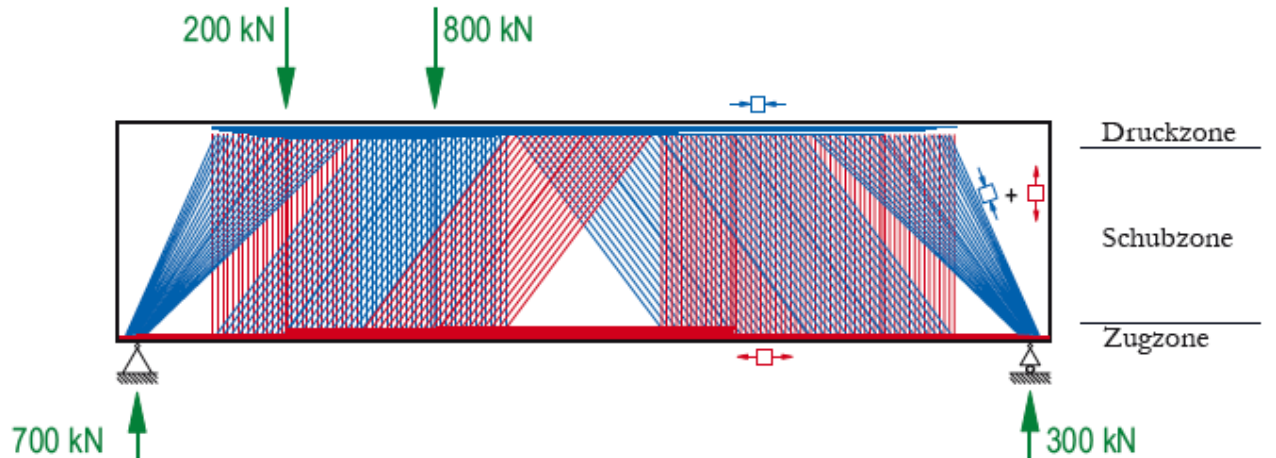


Innere Kräfte in Balken

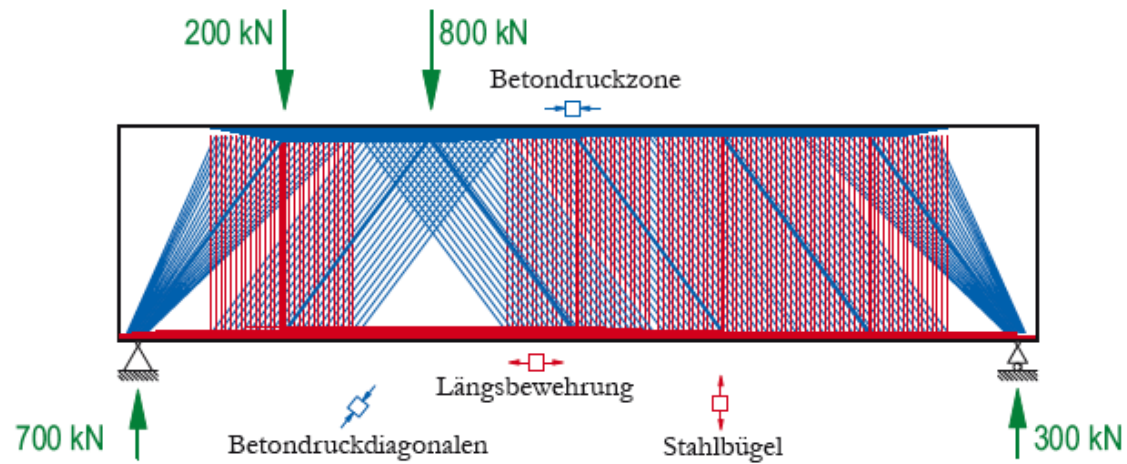
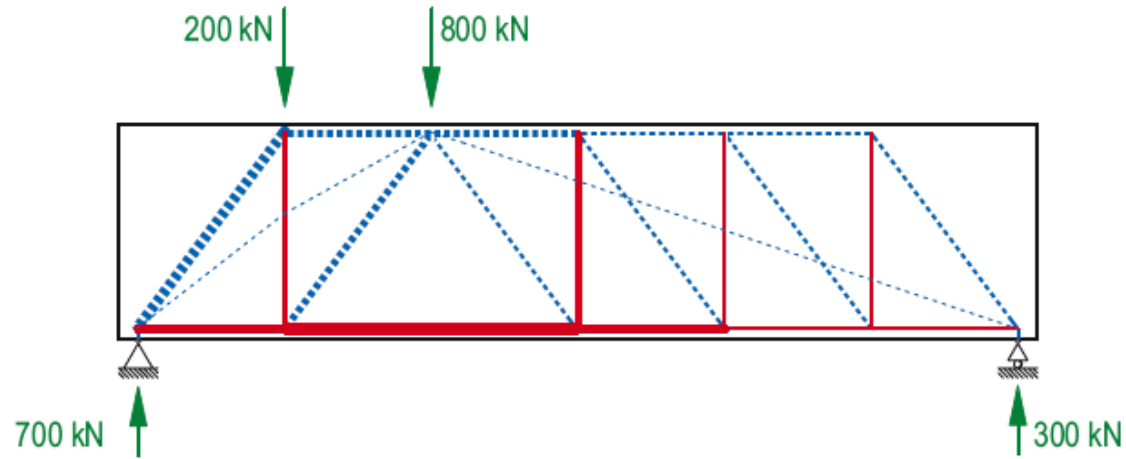
Spannungsfeld im eingeschriebenen Fachwerk

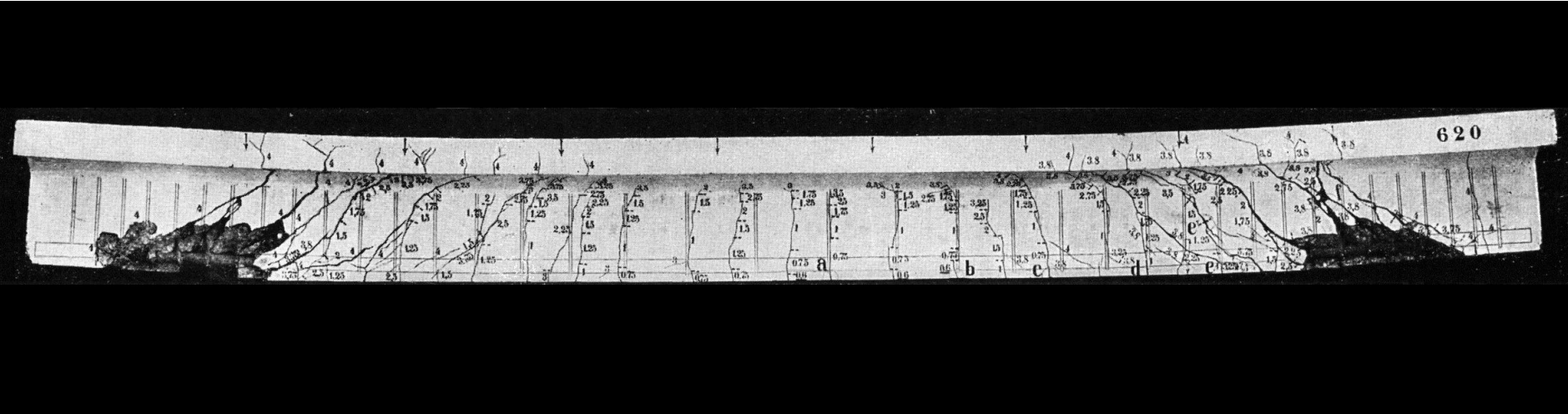


Spannungsfeld im Balken



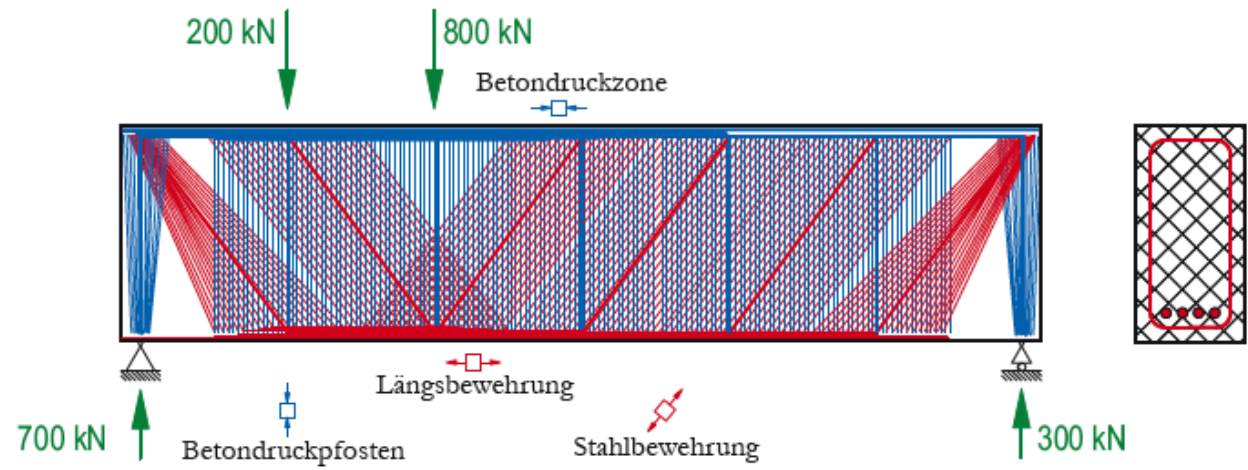
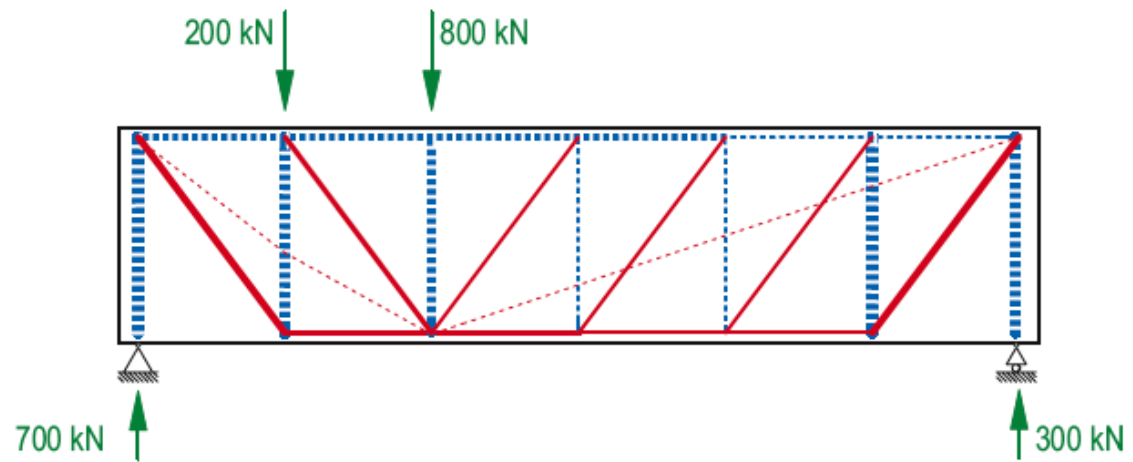
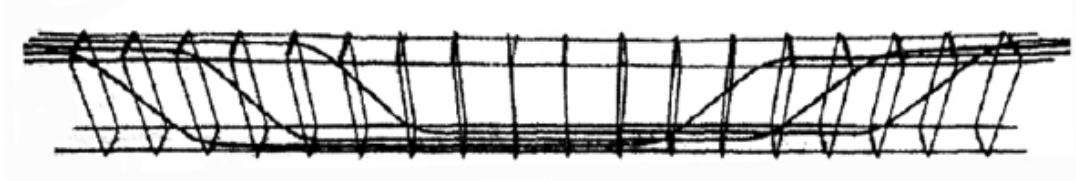
Innere Kräfte in Stahlbetonträgern mit Bügeln



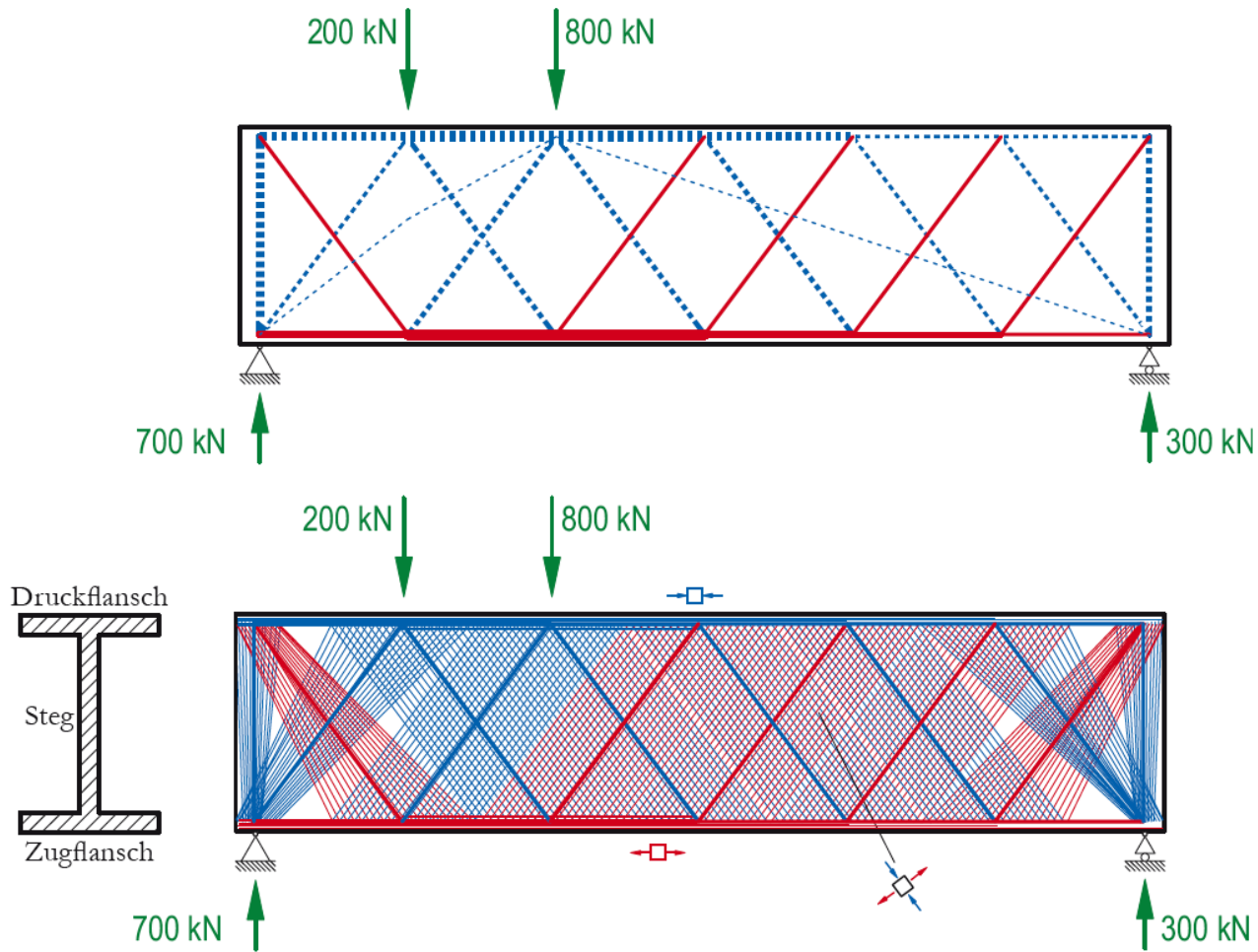


Stark beanspruchter Versuchsbalken aus Stahlbeton

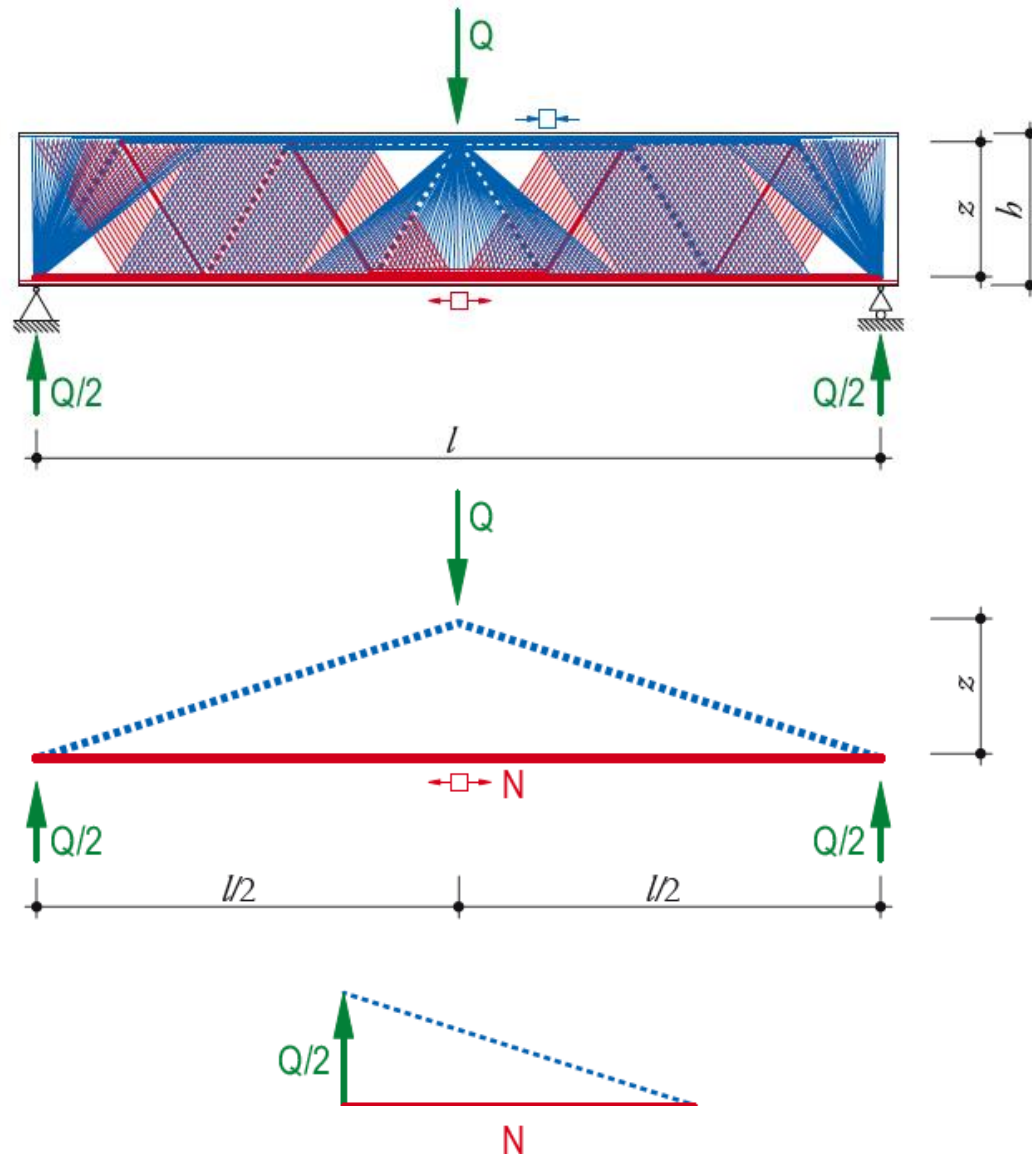
Innere Kräfte in Stahlbetonträgern mit geneigter Hauptbewehrung



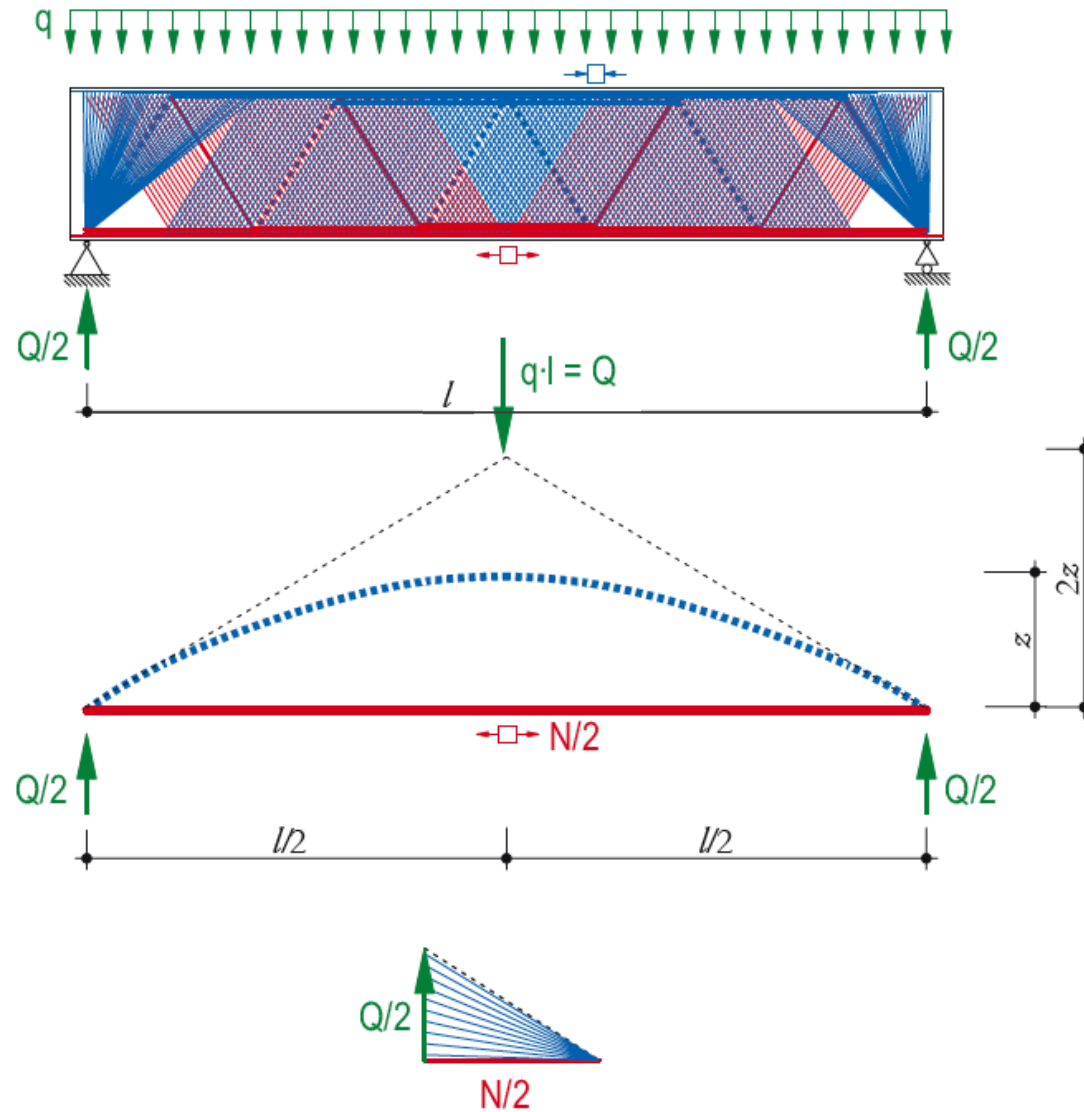
Innere Kräfte in Stahlträgern



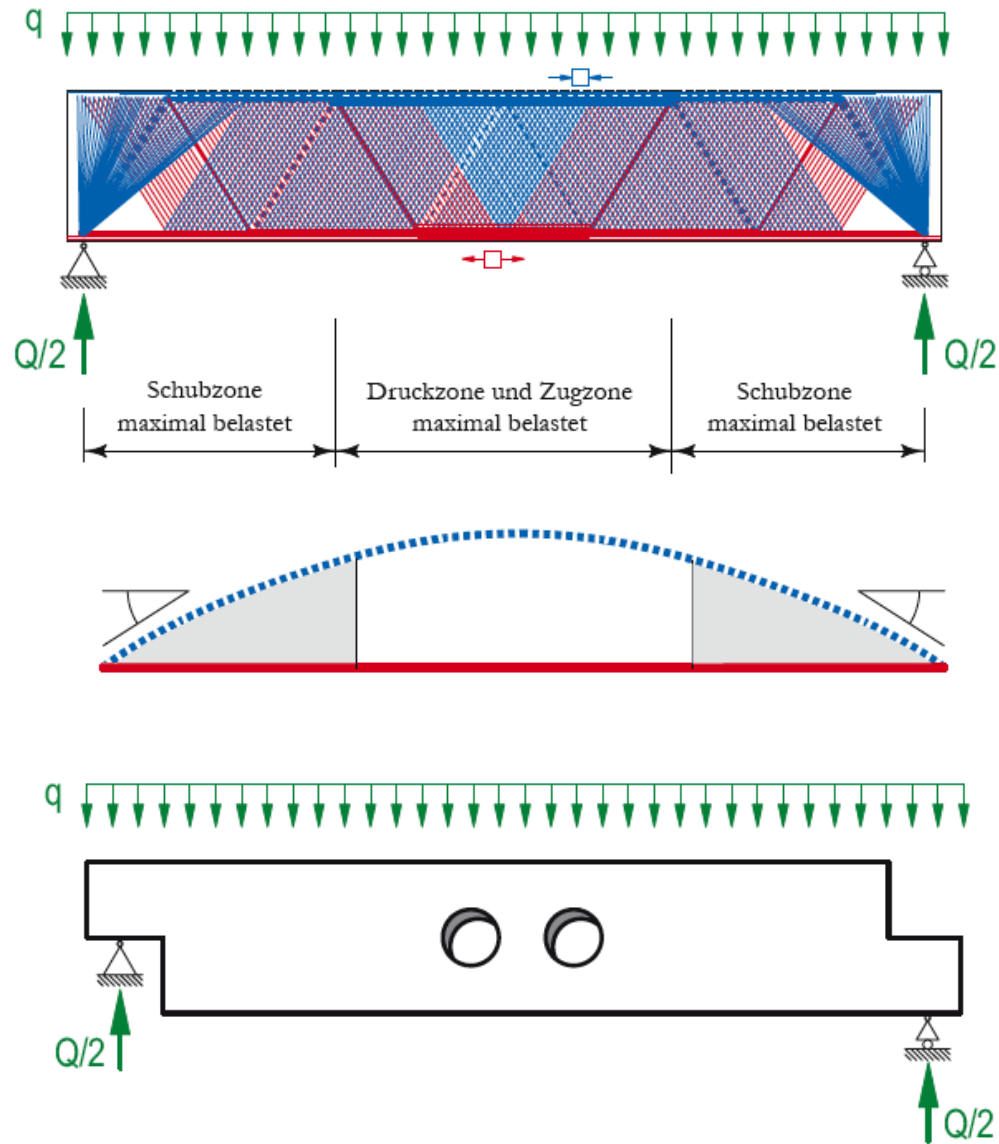
Einfacher Balken unter konzentrierter Belastung



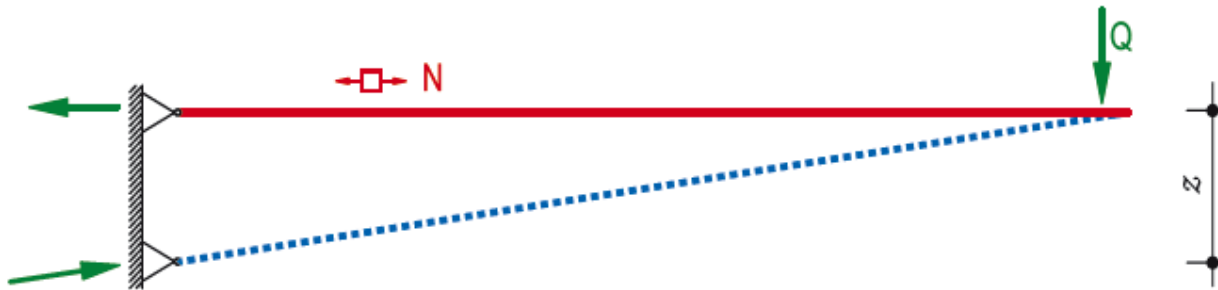
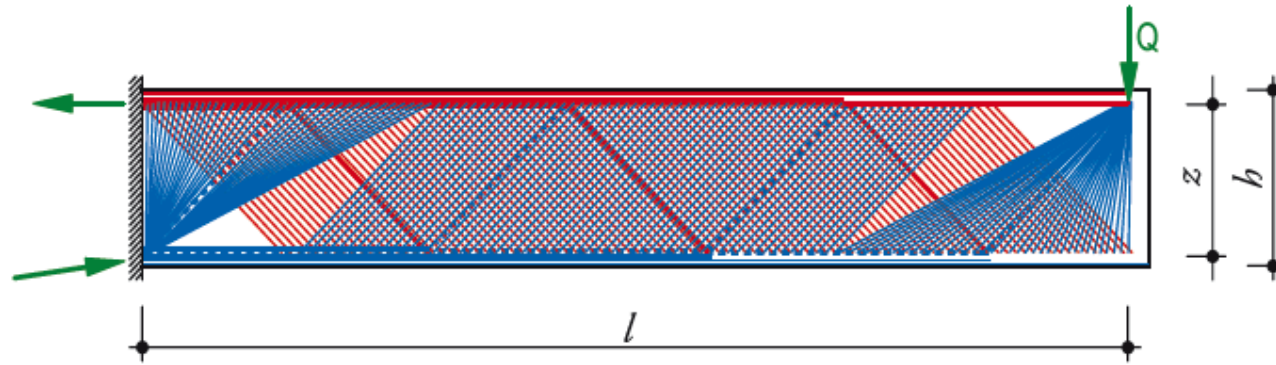
Einfacher Balken unter verteilter Belastung



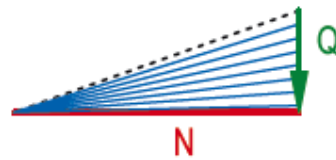
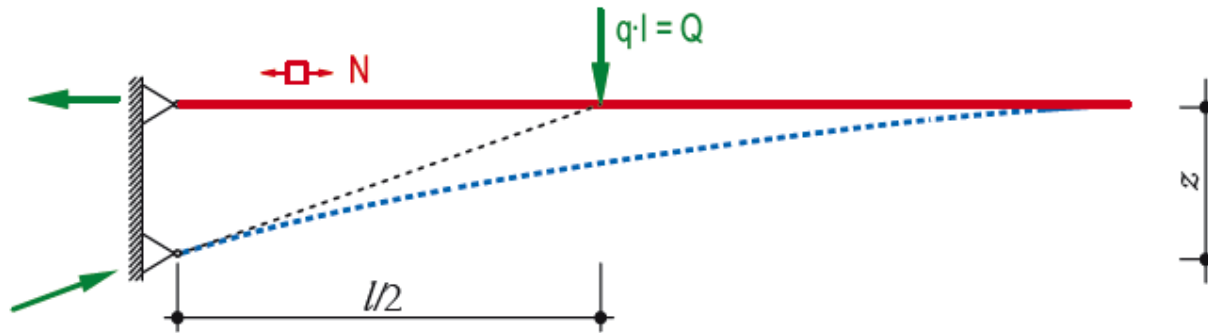
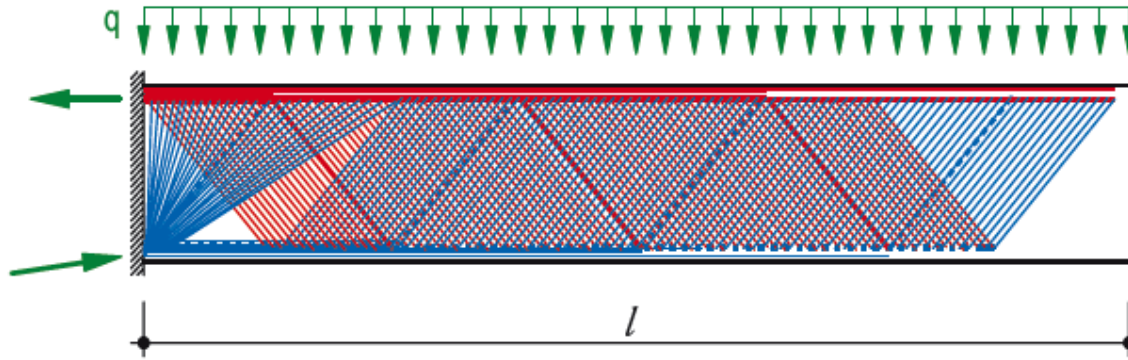
Bereiche maximaler interner Beanspruchung



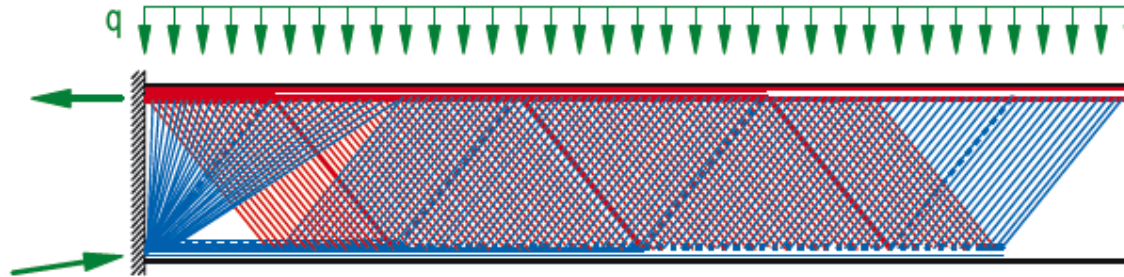
Balkenartige Konsole unter konzentrierter Belastung



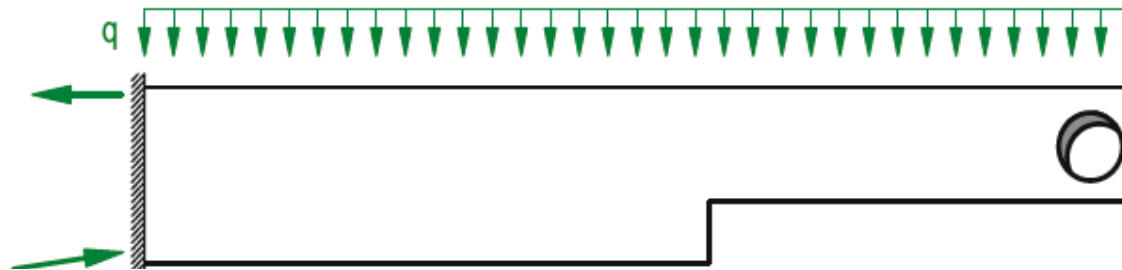
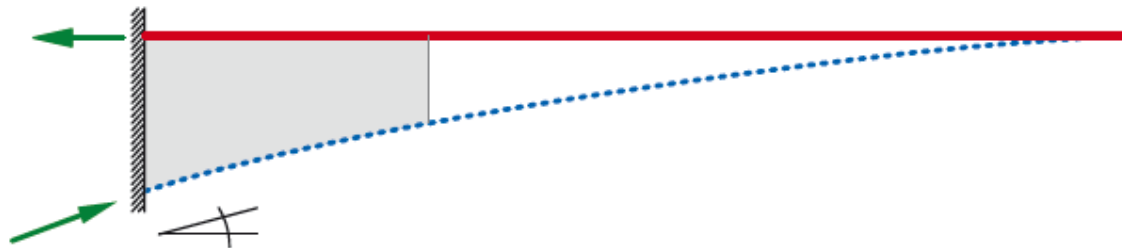
Balkenartige Konsole unter verteilter Belastung

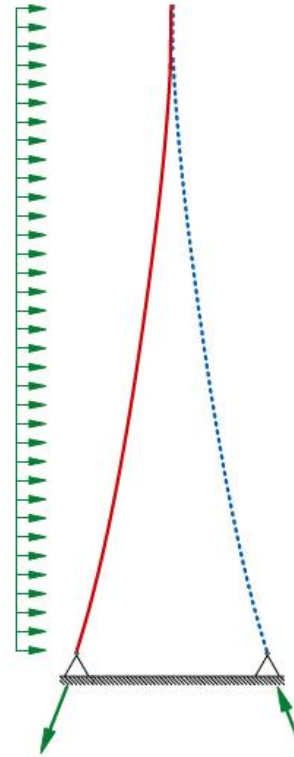
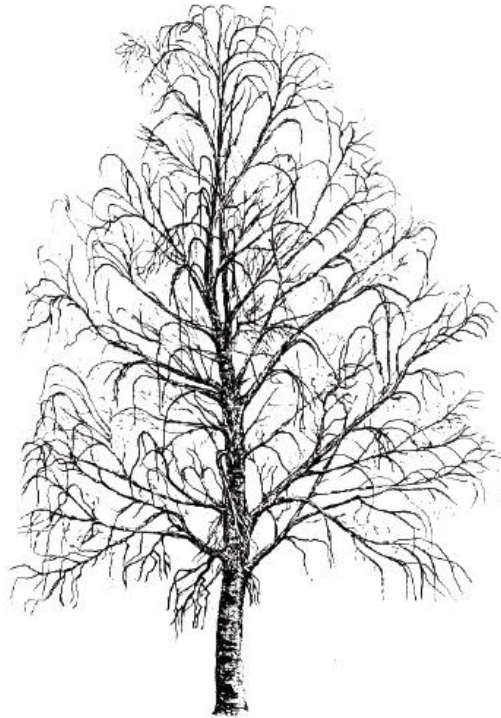
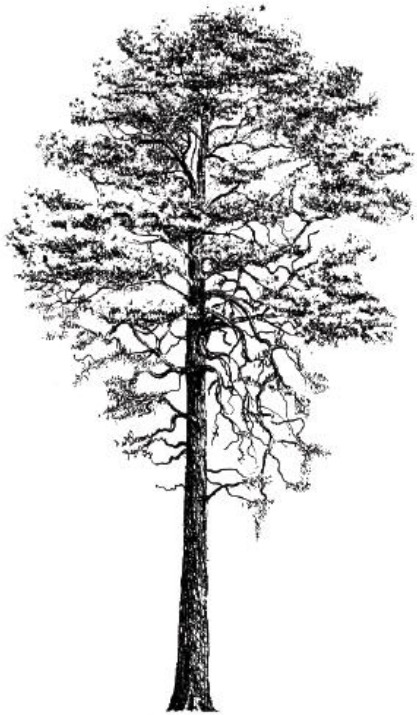


Bereiche maximaler interner Beanspruchung



Schubzone
maximal belastet





Canadian National Tower, Toronto, 1973 – 76
Arch.: John Andrews & Webb Zerafa Menkes Housden Partnership,
Ing.: Nicolet, Dressel and Ass. & Bruno Thürlimann

Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines Balkens

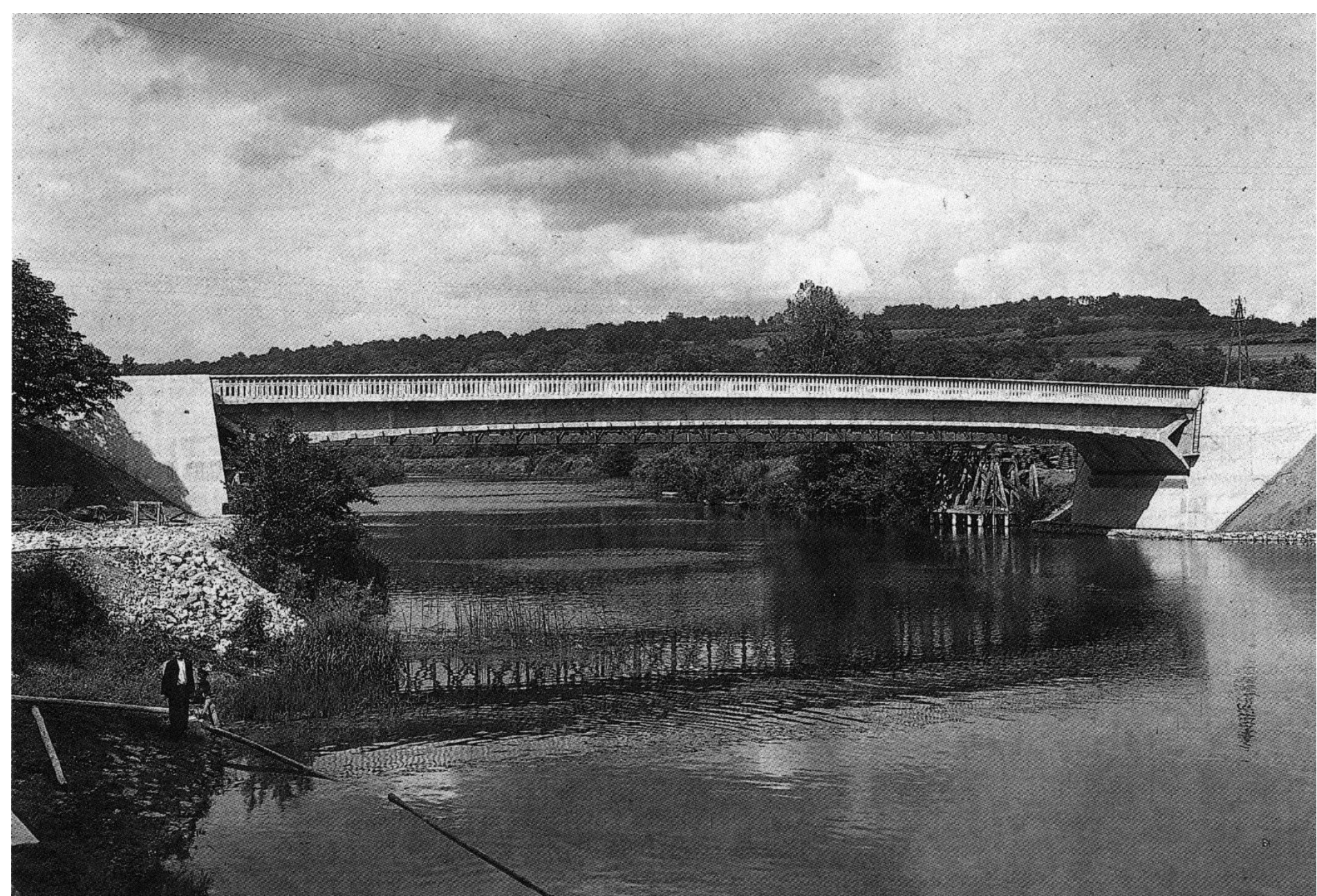
Rahmen

Scheiben

Balkenroste

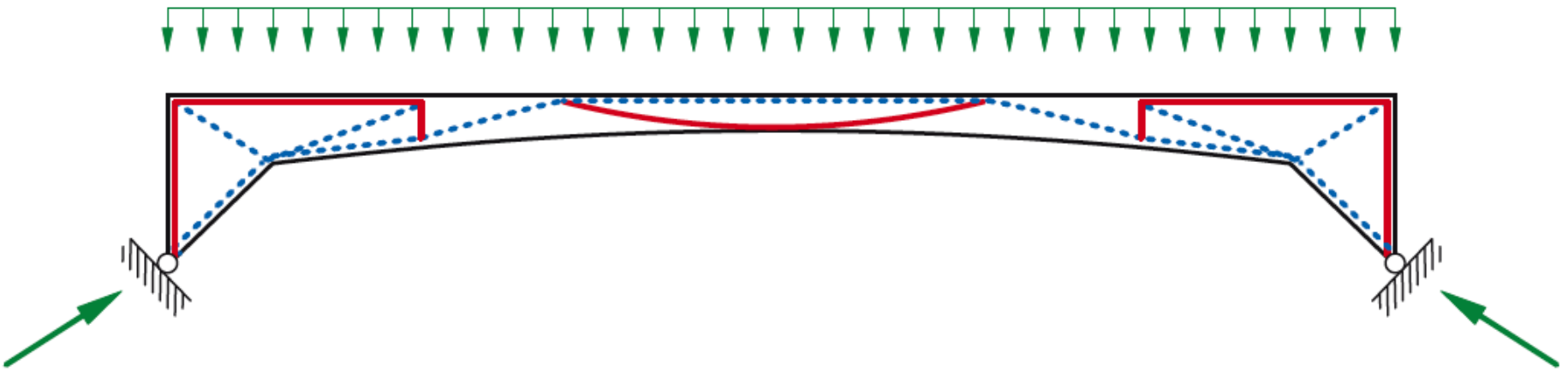
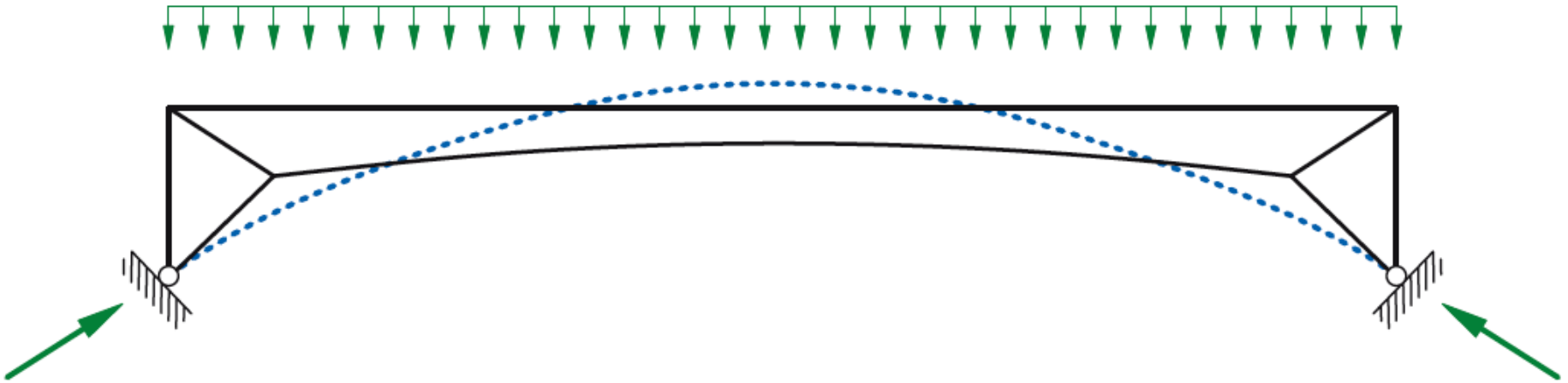
Platten

Steuerungsfaktoren



Brücke über die Marne, Luzancy, 1946, Arch. & Ing.: Eugene Freyssinet

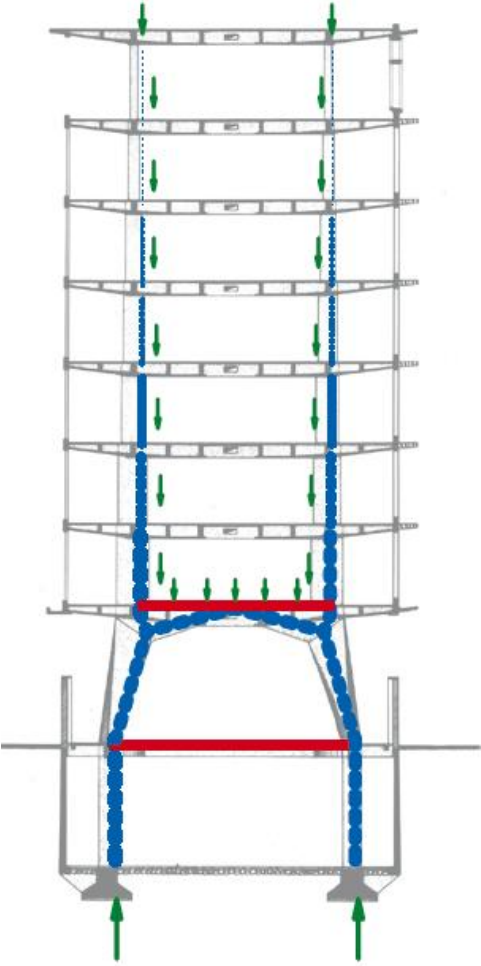
Zweigelenrahmen



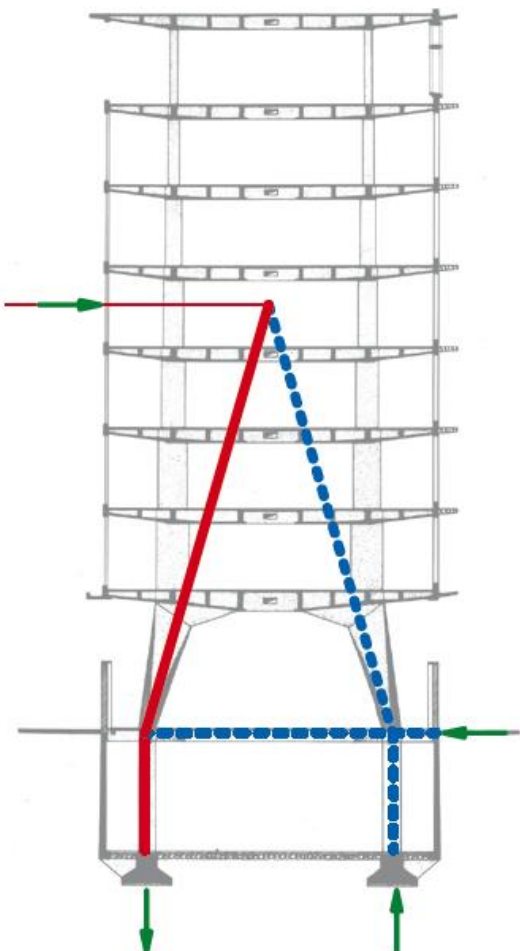


Hauptsitz, UNESCO, Paris, 1957, Arch.: Marcel Breuer und Bernhard Zehrfuss, Ing.: Pier Luigi Nervi

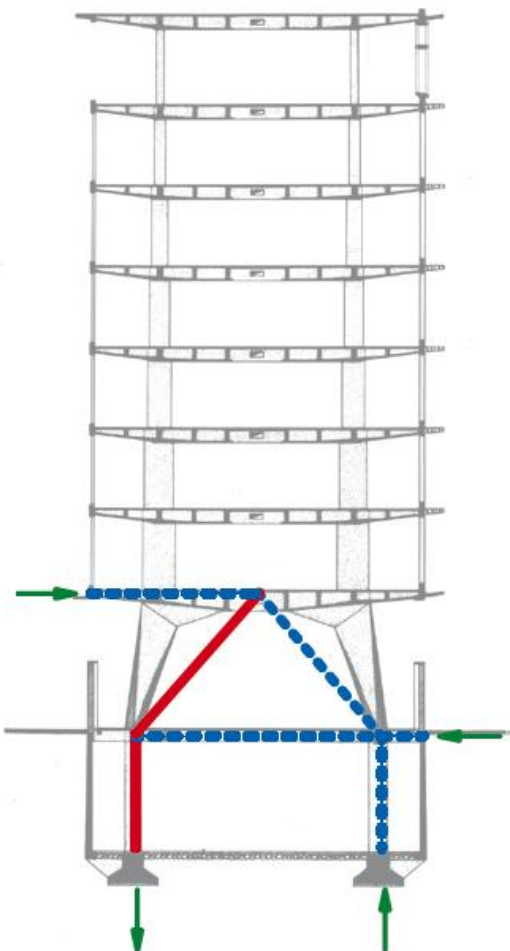
Innere Kräfte im Tragwerk



Unter ständigen Lasten

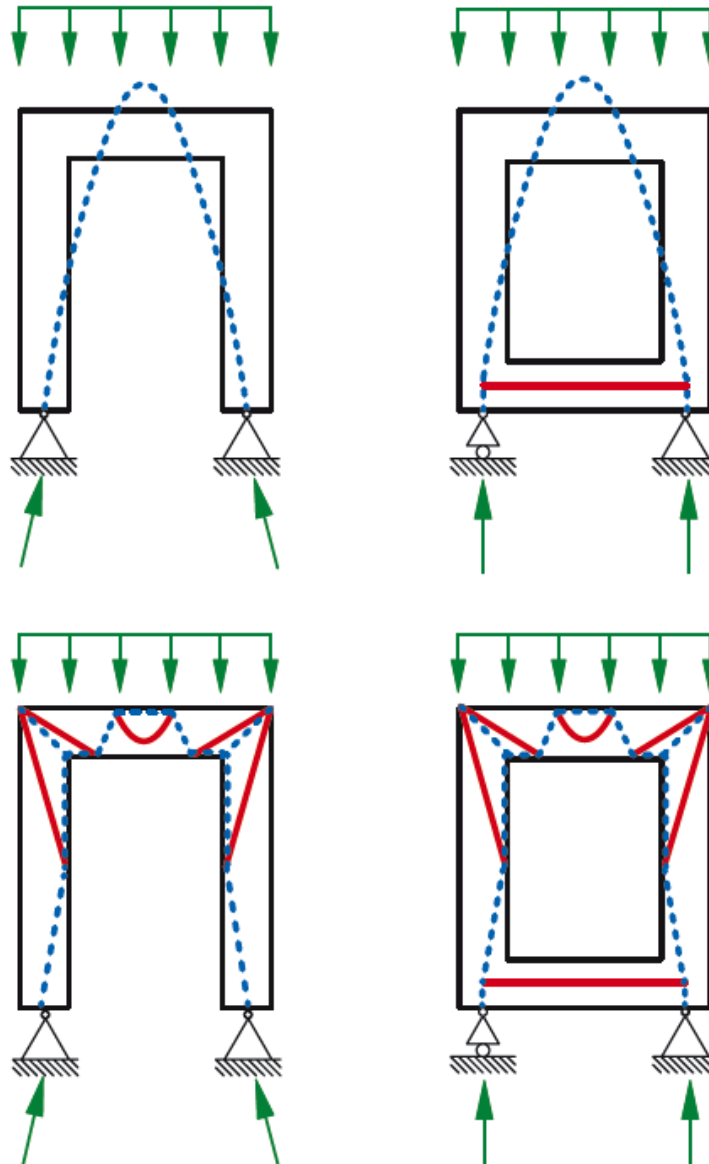


Unter horizontalen Einwirkungen im Schwerpunkt

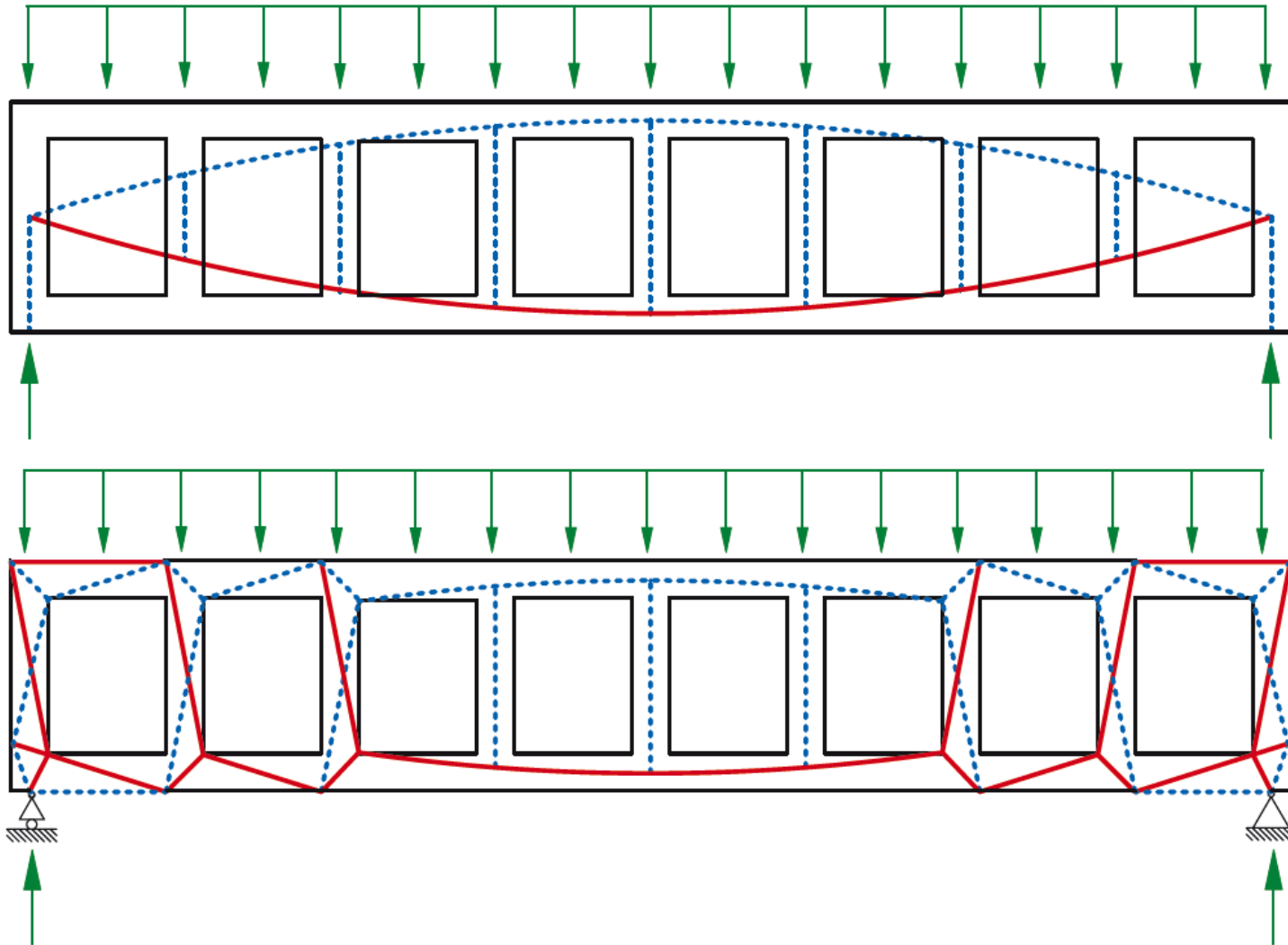


Unter horizontalen Einwirkungen unterhalb des Schwerpunktes

Drucklinie und innere Kräfte in Rahmen



Drucklinie und innere Kräfte in Rahmen (Vierendeel-Träger)





Bürohaus La Ferriera, Locarno, 2003, Arch.: Livio Vacchini, Ing.: Andreoutti + Partners

Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines Balkens

Rahmen

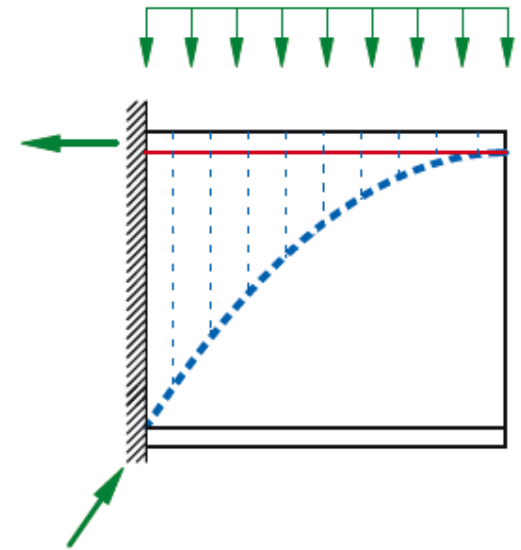
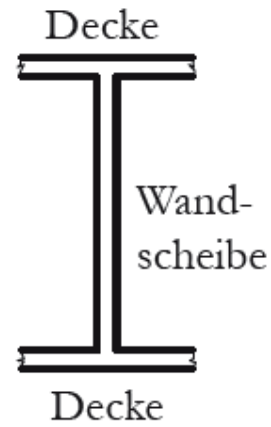
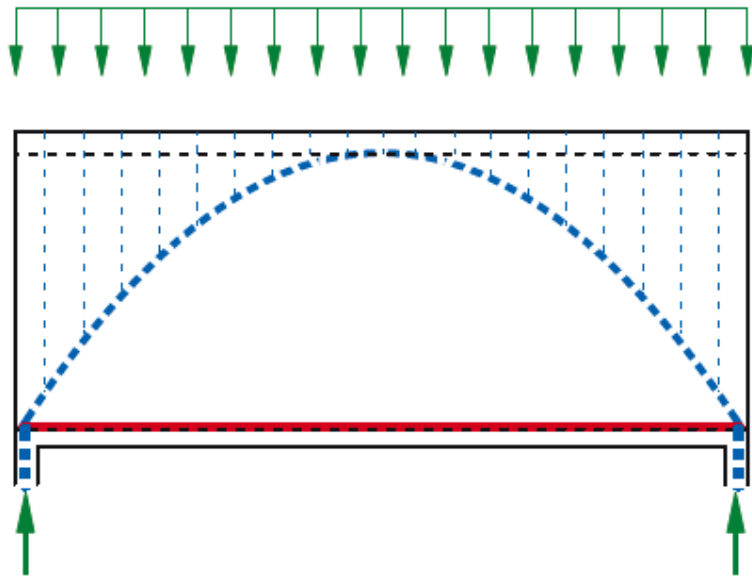
Scheiben

Balkenroste

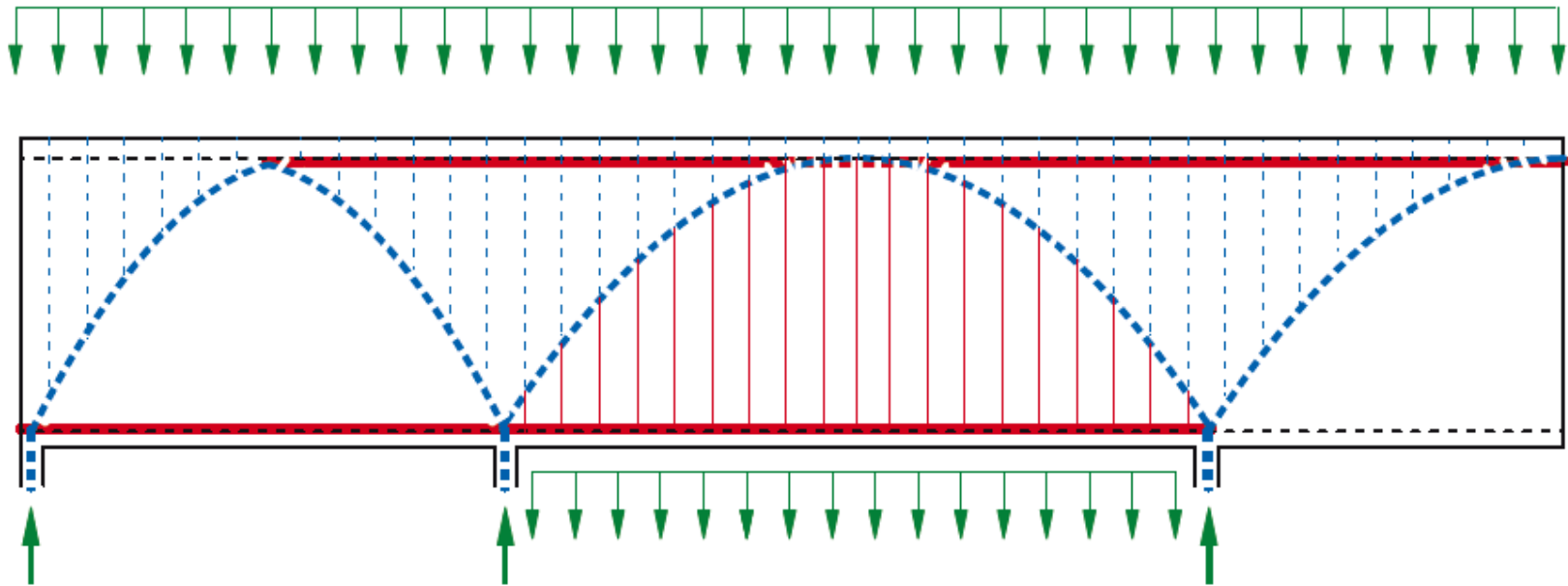
Platten

Steuerungsfaktoren

Innere Kräfte in einfachen Wandscheiben



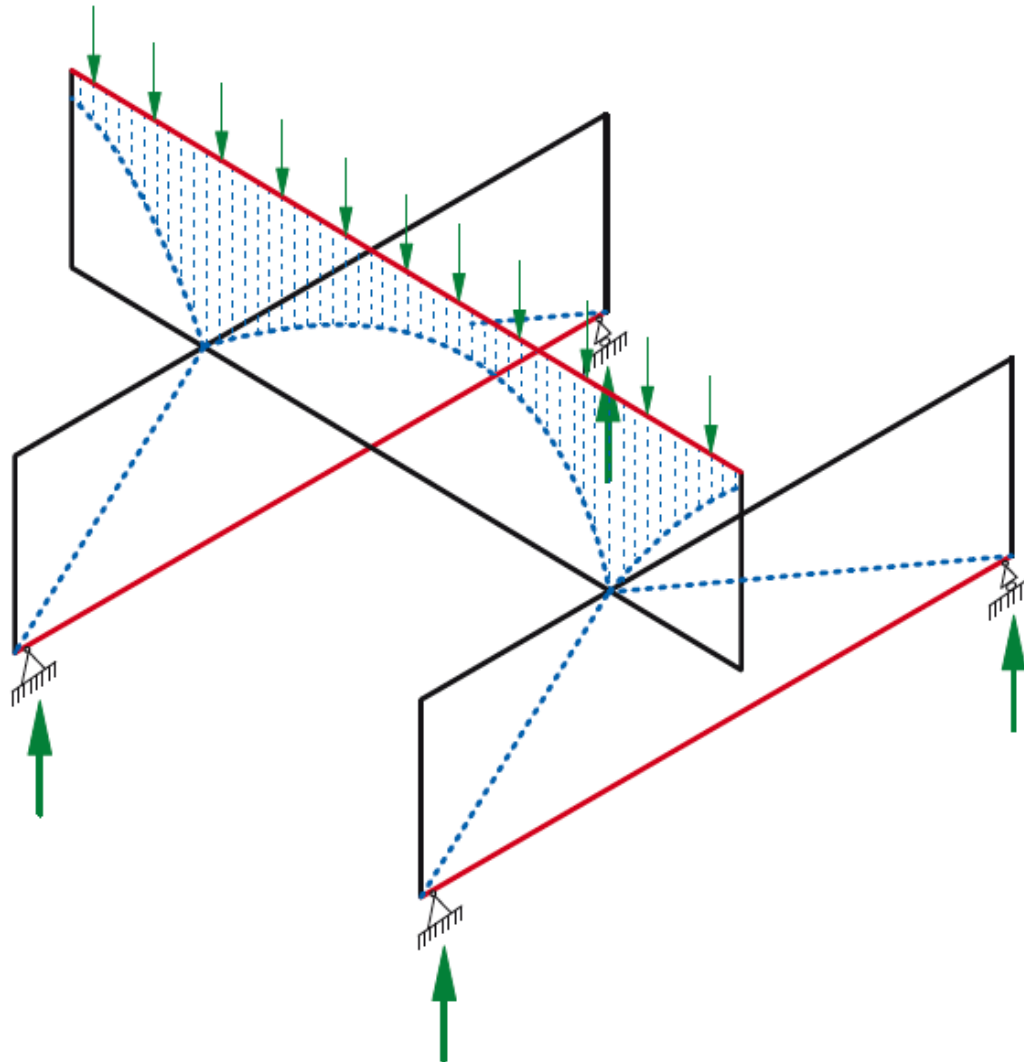
Innere Kräfte in zusammengesetzten Wandscheiben



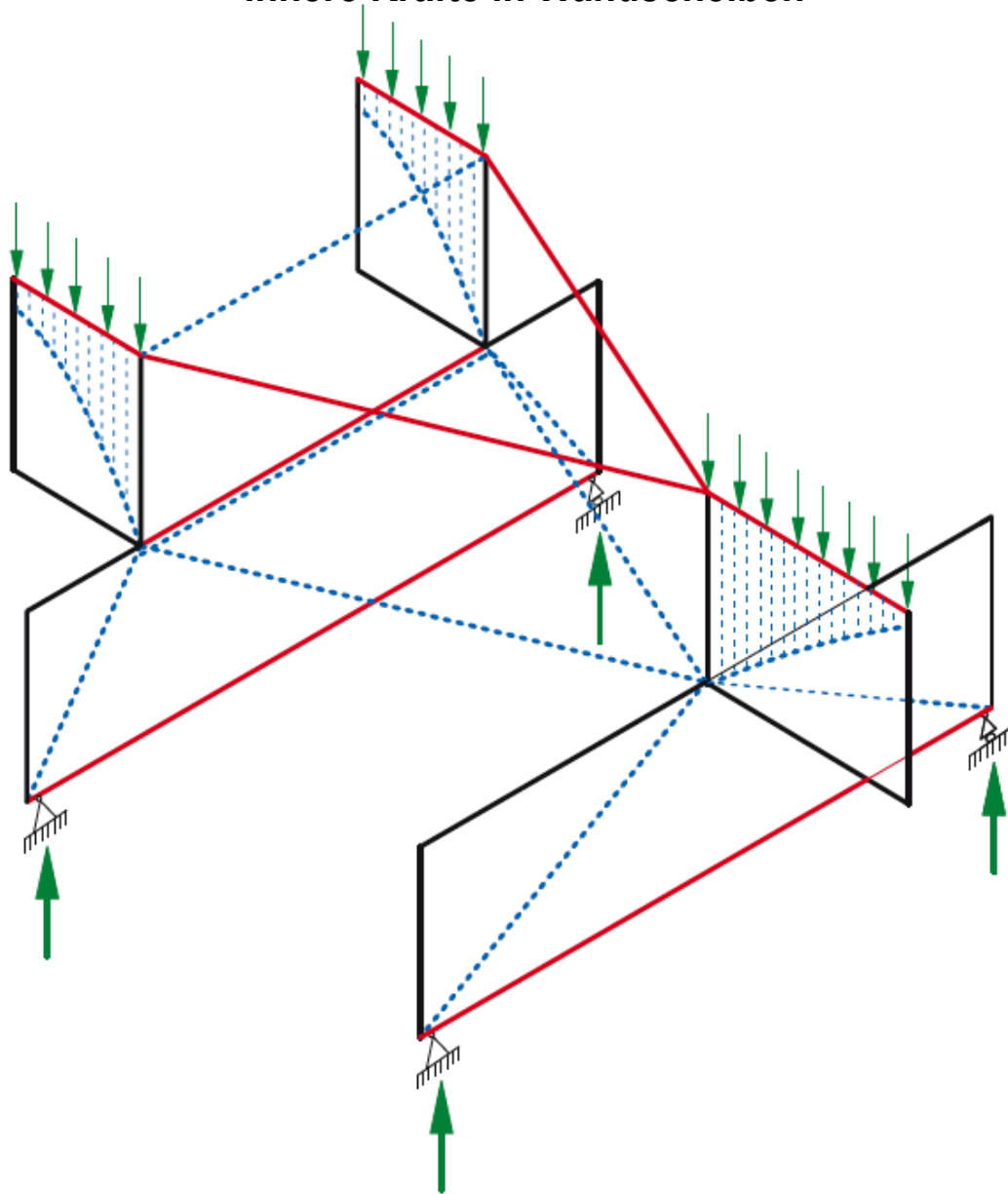


Mehrfamilienhaus Forsterstrasse, Zürich, 2003, Arch.: Christian Kerez, Ing.: Joseph Schwartz

Innere Kräfte in Wandscheiben

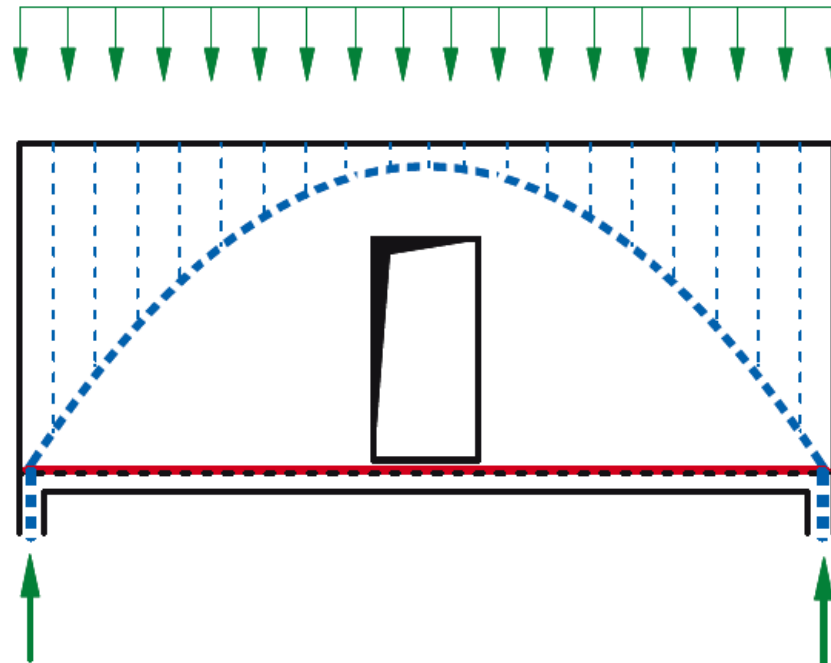


Innere Kräfte in Wandscheiben



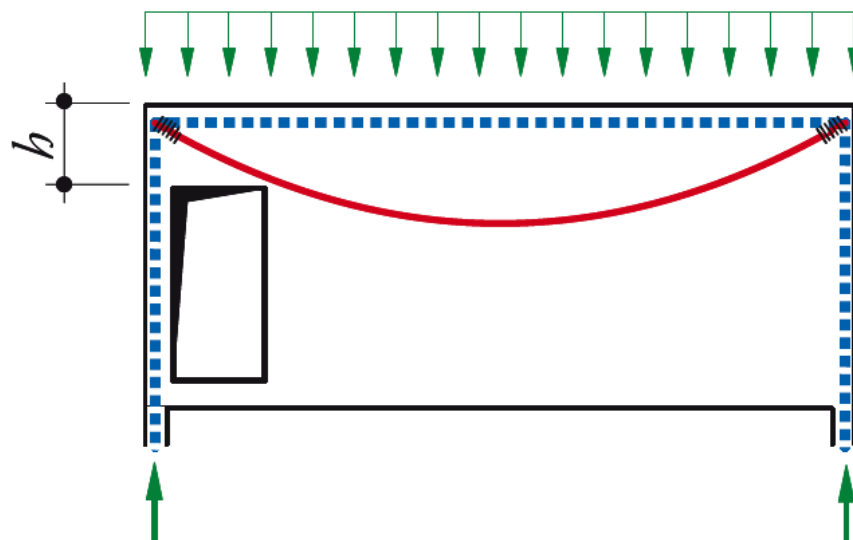
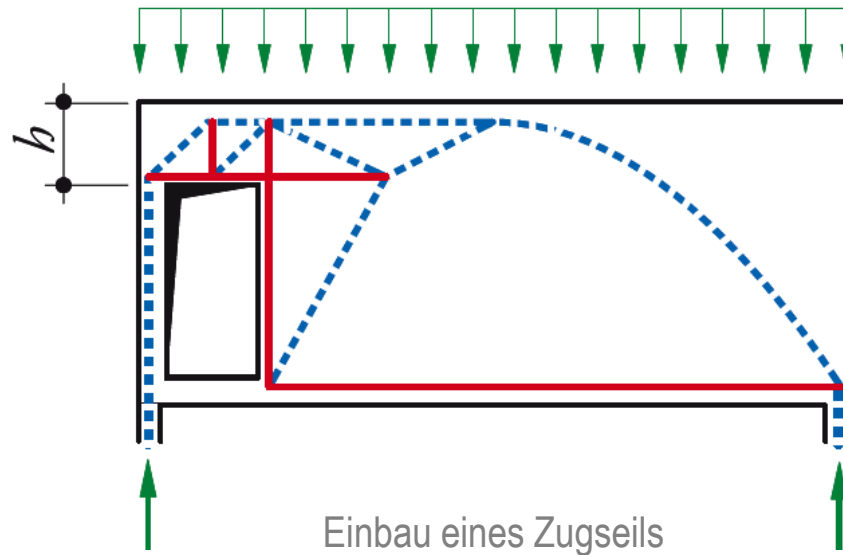
Innere Kräfte in Wandscheiben

Vorteilhafte Lage von Aussparungen



Innere Kräfte in Wandscheiben

Unvorteilhafte Lage einer Aussparung mit Türsturz als Konsole



Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines einfachen Balkens

Rahmen

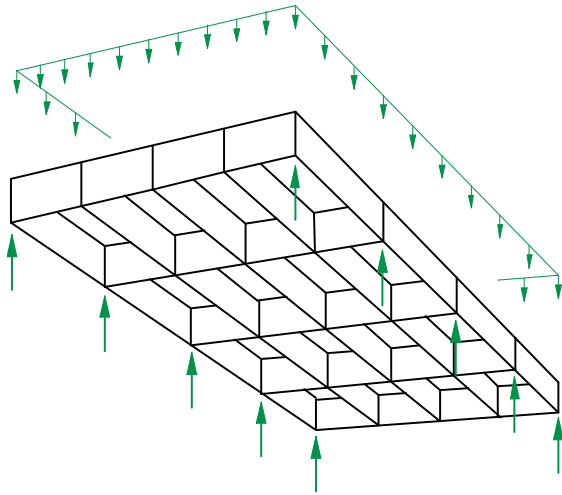
Scheiben

Balkenroste

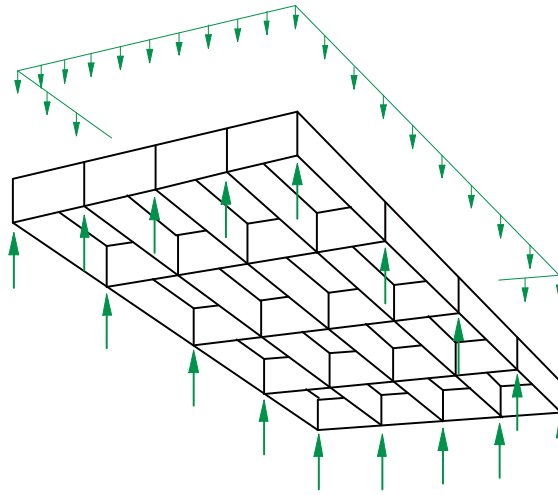
Platten

Steuerungsfaktoren

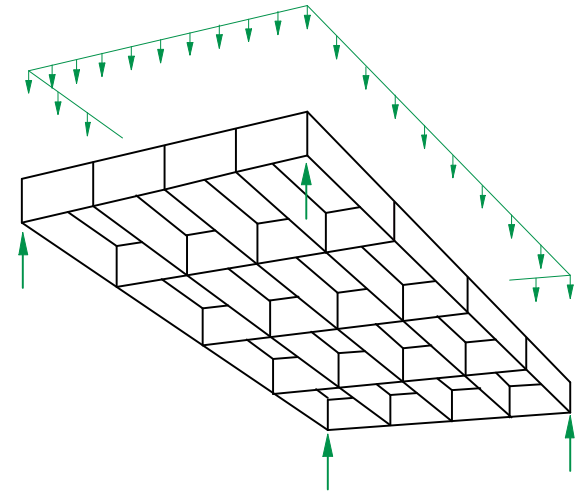
Balkenroste



Mit Auflagern an zwei
Seiten



Mit Auflagern an allen
Seiten



Mit Auflagern nur in den
Ecken



Mehrzweckhalle Losone, 1994 – 97, Arch.: Livio Vacchini, Ing.: R.Rossi



Neue Nationalgalerie, Berlin, 1965 – 68, Arch.: Ludwig Mies van der Rohe, Ing.: H. Dienst



Art Gallery, Yale University, New Haven, 1951 – 53, Arch.: Louis Kahn, Ing.: Henry A. Pfisterer



Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines einfachen Balkens

Rahmen

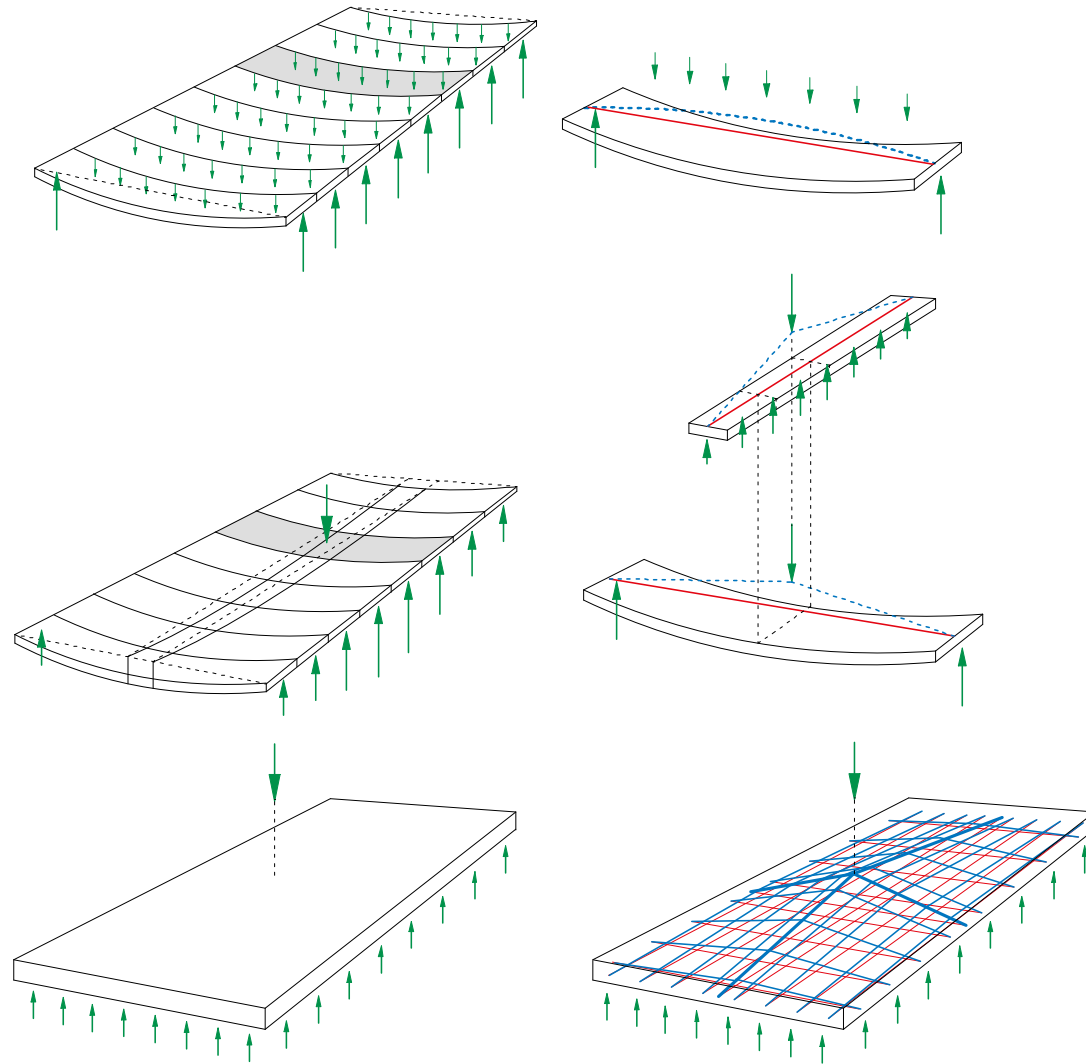
Scheiben

Balkenroste

Platten

Steuerungsfaktoren

Tragverhalten einer Rechteckplatte





Doppelhaus, Weissenhofsiedlung, Stuttgart, 1926, Arch.: Le Corbusier & Pierre Jeanneret

Inhalt

Das Fachwerk als Kombination von Bogen-Seiltragwerken

Geometrie der Fachwerke

Räumliche Fachwerke

Tragverhalten eines einfachen Balkens

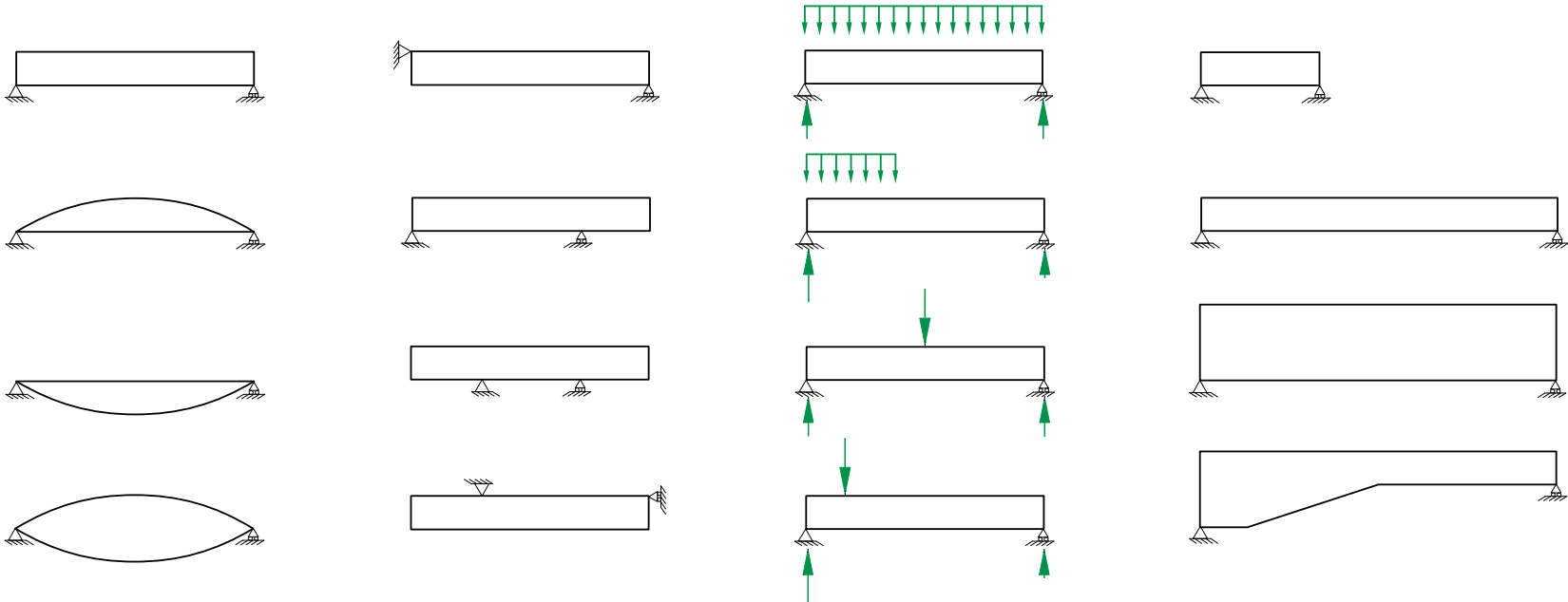
Rahmen

Scheiben

Balkenroste

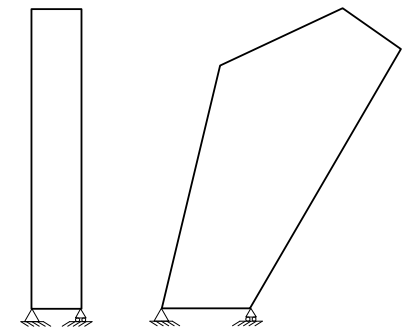
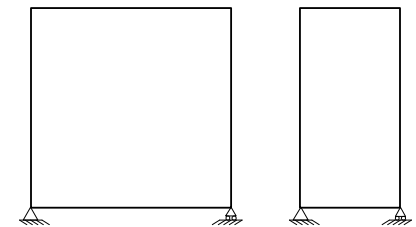
Platten

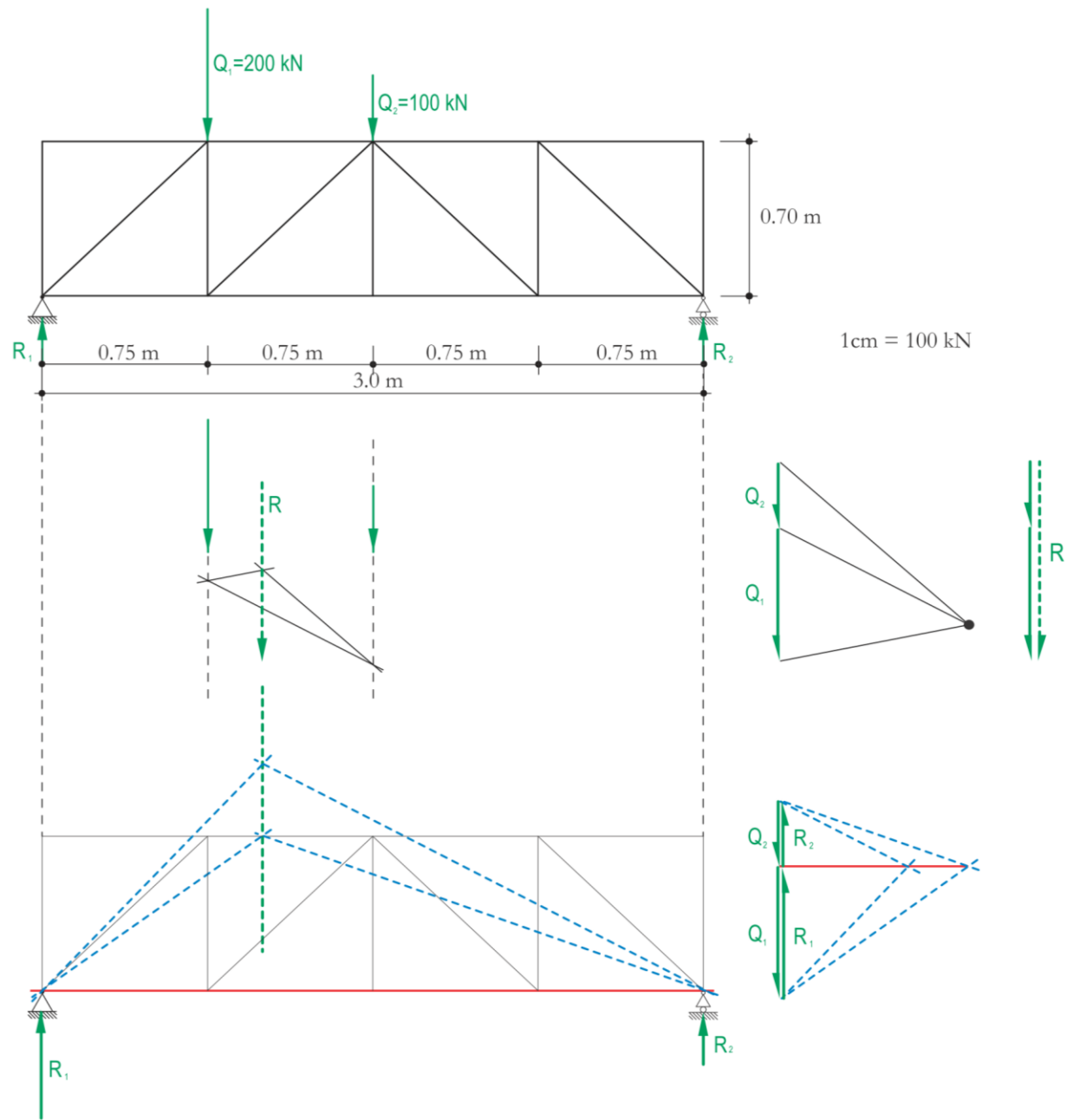
Steuerungsfaktoren

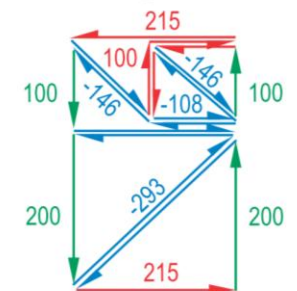
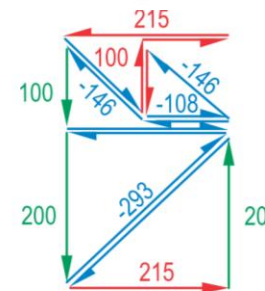
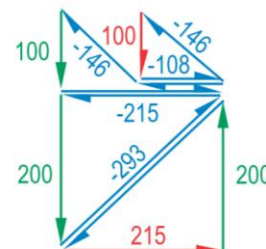
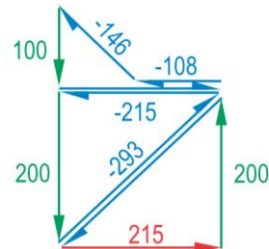
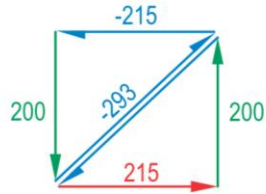
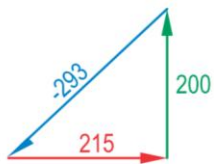
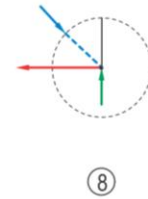
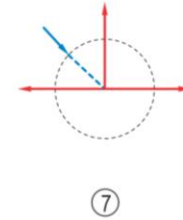
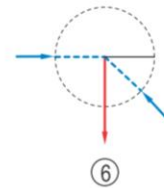
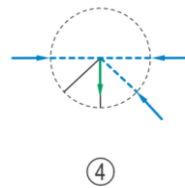
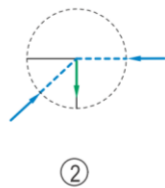
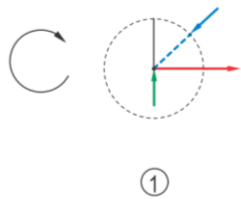
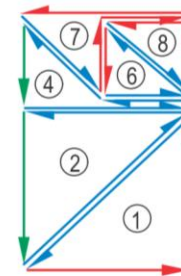
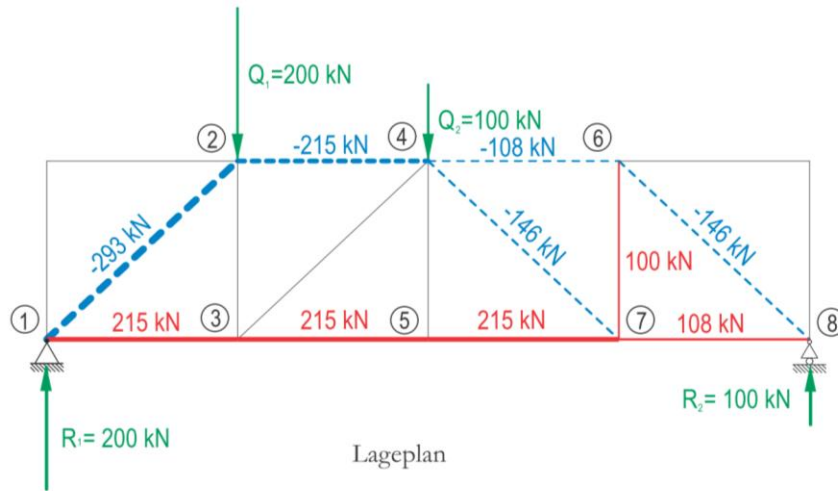


Erkennen der 'Steuerungsfaktoren'

1. Wahl des Systems
2. Auflager und äussere Kräfte verändern die Bedingungen
3. Die Geometrie ist genauso wichtig, wie die anderen Faktoren – Pfeilhöhe, Spannweite, Neigungswinkel







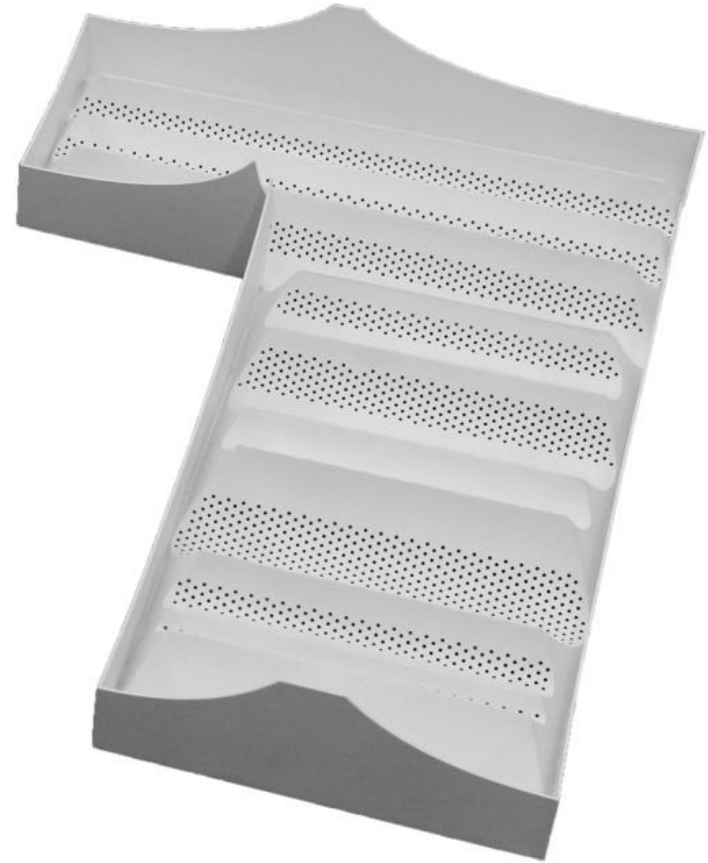
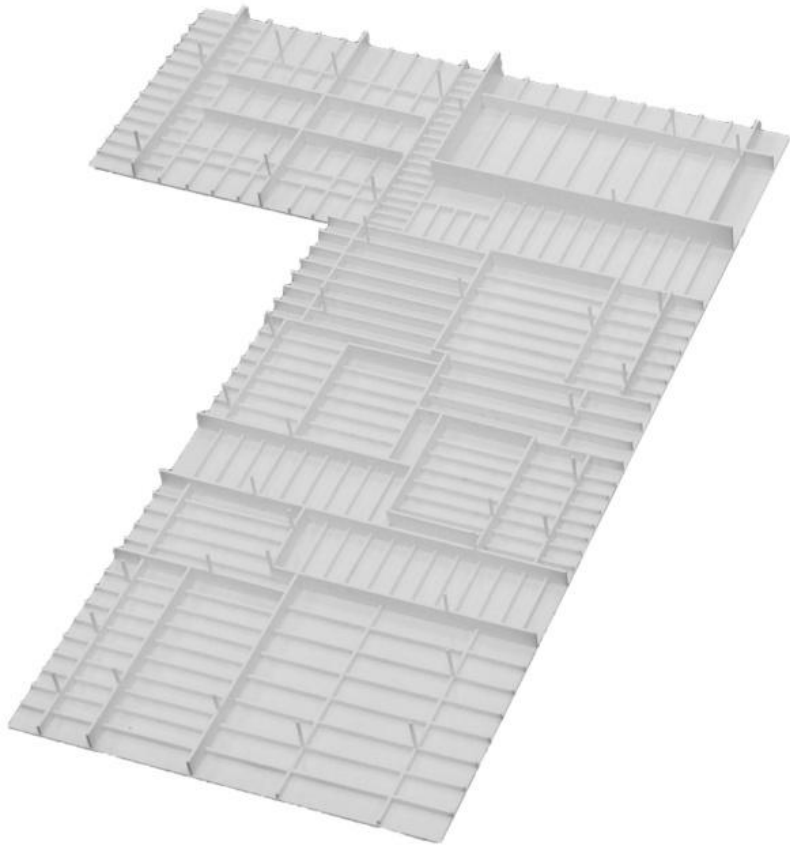
Kunstmuseum Warschau Wettbewerb 2007

Architekt: Christian Kerez
Bauingenieur: Dr. Joseph Schwartz









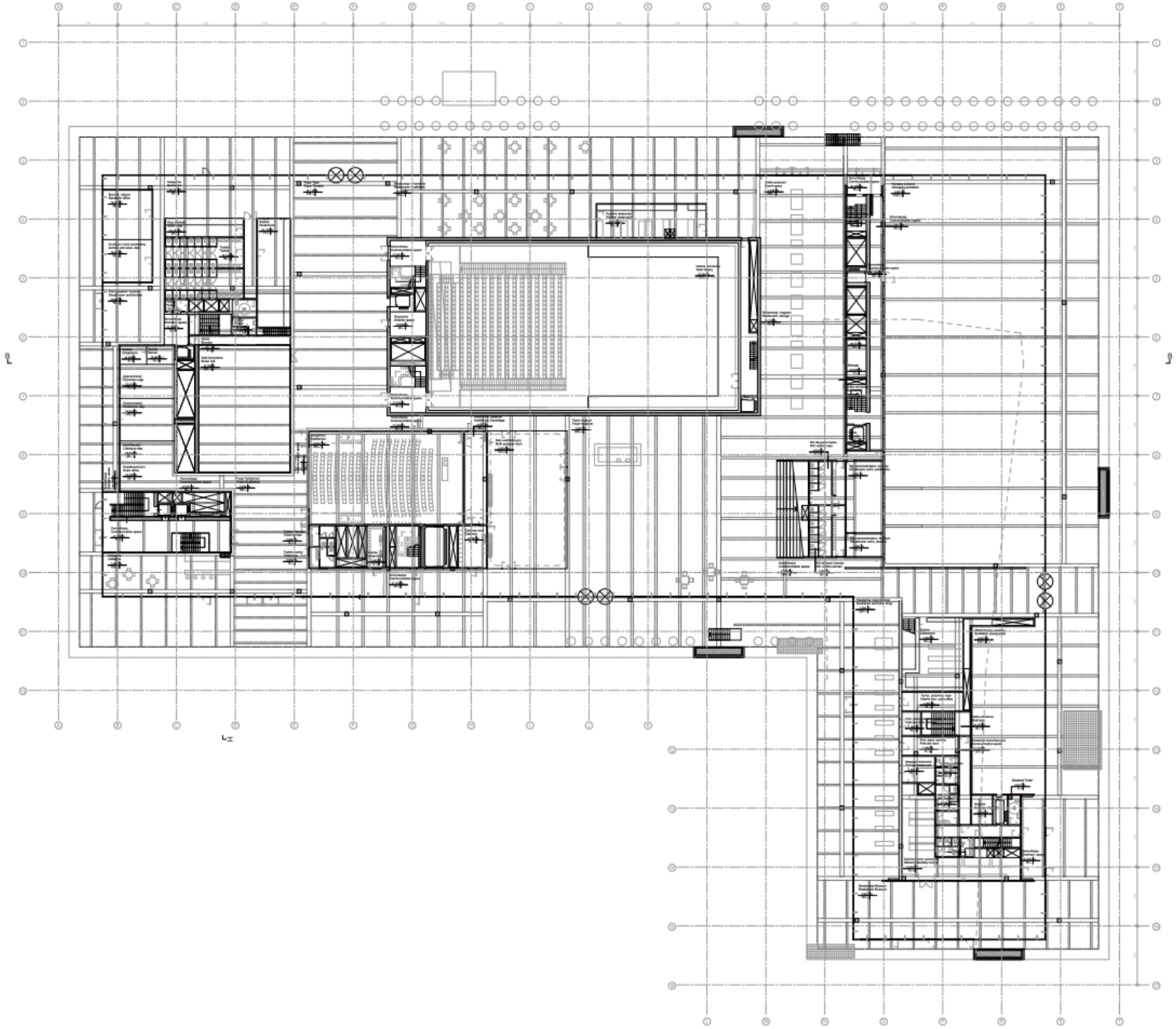


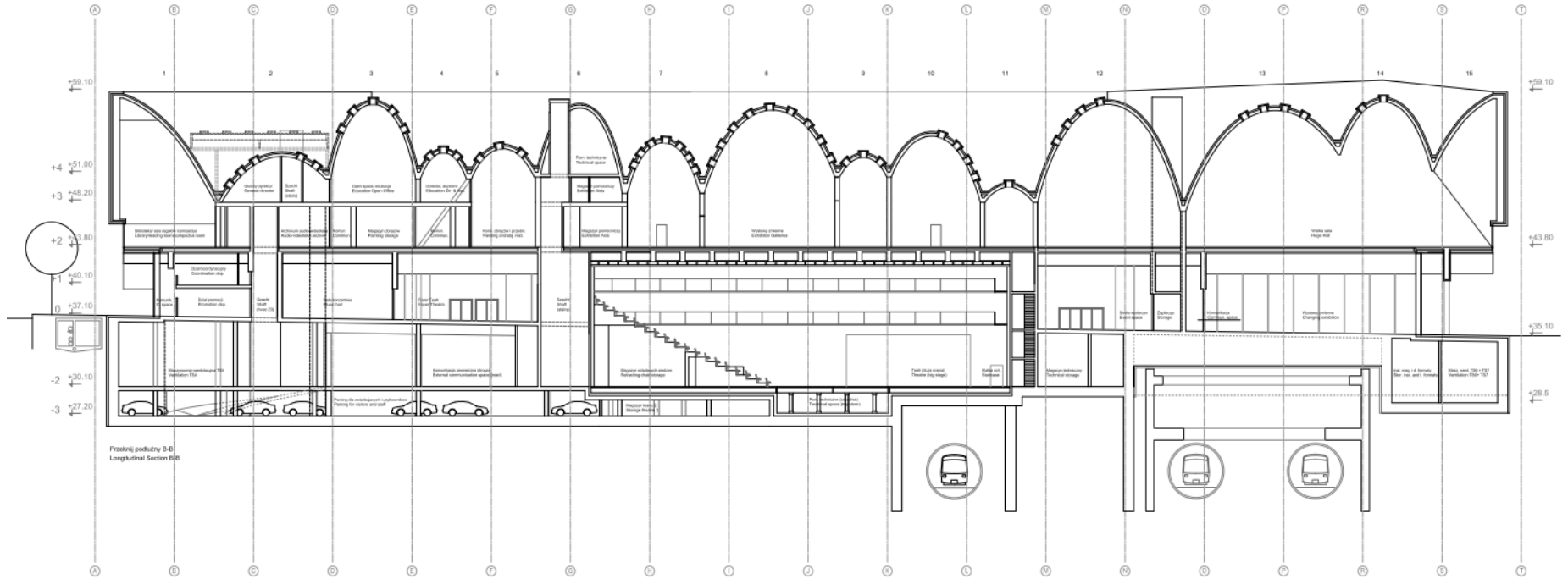












Wohnhaus Bonifacius 2008

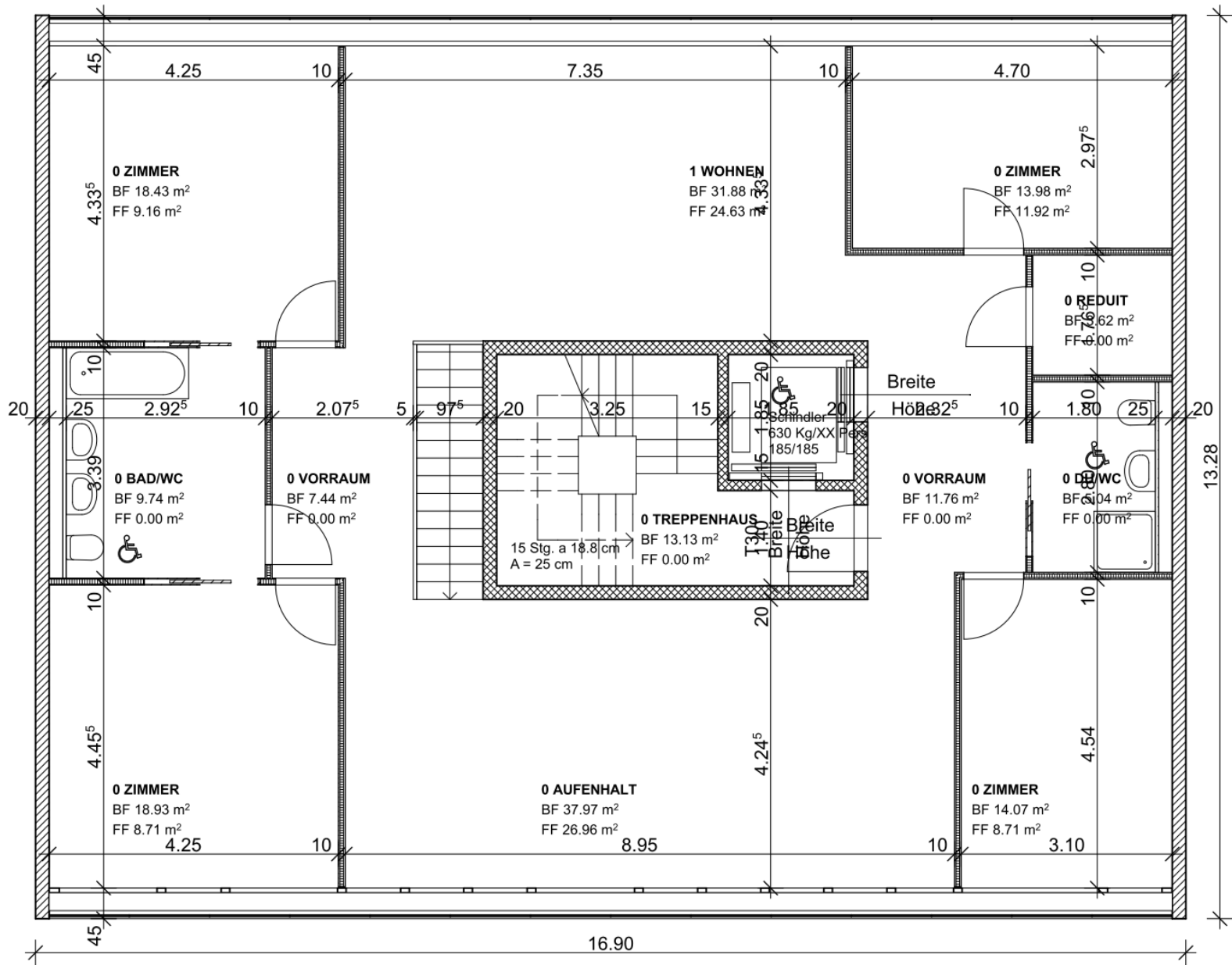
Architekt: Heinrich Degelo
Bauingenieur: Dr. Joseph Schwartz











Bewehrung Brüstung 1:50

