

## 2.4 Strebenwerke als konstruktives Leitbild zur Überdeckung von Räumen mit großen Spannweiten.

Die tiefverwurzelte protestantische Frömmigkeit der sächsischen Bevölkerung bewirkte am Ende des siebzehnten Jahrhunderts, wiederum ermöglicht durch den wirtschaftlichen Aufschwung des beginnenden augustäischen Zeitalters, den Neubau oder die grundlegende Umgestaltung vieler Kirchbauten, zuerst vor allem im eher kleinstädtischen und ländlichen Raum. In dieser Epoche sächsischer Kirchbautradition stehen zahlreiche Bauten, die sich sowohl als Emporsalkirche als auch als Zentralbauten in konstruktiver Hinsicht dadurch auszeichnen, daß ihre Innenräume über erhebliche Spannweiten hinweg stützenfrei überspannt werden müssen.

Das Konstruktionsprinzip dieser Kirchen folgt einheitlichen Leitbildern. Einzig die über längsorientiert-rechteckigen (Emporsalkirchen), quadratischen, kreuzförmigen oder polygonalen (Zentralbauten) Grundrissen<sup>1</sup> erstellten massiven Umfassungsmauern, die gelegentlich nur mit steinernen Treppenhäusern nochmals komplettiert werden konnten, dienen der Abtragung der Dach- und Deckenlasten. Für Kirchbauten mit zentralem, dachreiterartigem Turm gilt dazu Analoges für die Turmlasten. Die Binnenräume sind aus statischer Sicht „leer“, weder Säulen, Pfeiler noch Aussteifungswände finden sich im Innern der Gebäude. Die eingestellten Emporen- und Logenanlagen, zumeist von Zimmerleuten als einfache Holzkonstruktion ausgeführt, stellen bereits eine Möblierung des Binnenraumes dar, sie haben aber zur Lastabtragung der Primärstruktur keine Beziehung.

Zur Überdeckung dieser Räume kamen aus traditionellen und finanziellen Gründen zimmermannsmäßig ausgearbeitete Holzkonstruktionen in Frage, die unter Berücksichtigung fester, von Generation zu Generation übertragener Regularien gefertigt wurden. Bauholz war in weiten Landesteilen Sachsens leicht verfügbar. Für diese Zimmermannskonstruktionen zur Überspannung großer Weiten waren auch bereits im 17. Jahrhundert Sprenge- und Hängewerke in unterschiedlichen Ausführungs- und Kombinationsvarianten allgegenwärtig. Zeitgenössische Anwendungsfelder für weitspannende Konstruktionen liegen im Versammlungsstättenbau, hier neben dem Kirchbau insbesondere im Bau höfischer Prunk- und Ballsäle und in der Errichtung von Sälen der Dorfgasthäuser, im Gewerbe- und Lagerstättenbau, hier beispielsweise in der Errichtung von Anlagen des Bergbaus und von Scheunen und im Verkehrswegebau, hier zum Beispiel bei Brücken.

Die herkömmlich als Hängewerk bezeichneten Tragwerke eignen sich bestens zur Ableitung von Lasten aus Dach- und Turmtragwerken, deren Untersichten von geraden Deckenspiegeln geprägt werden sollen. Wesentliche Eigenschaften dieser Tragwerke werden im Folgenden näher betrachtet.<sup>2</sup> Die herkömmlich als Sprengewerk bezeichneten Tragwerke hingegen unterstützen die große Spannweiten überdeckenden Balken von unten durch Streben, sie eignen sich daher wegen der Sichtbarkeit dieser Streben wenig zur Verbesserung der Lastabtragung von Saaldecken. Sie dienen hauptsächlich im Brücken- und Stegebau<sup>3</sup>, ihre Eigenschaften werden hier mit Blick auf Dach- und Turmtragwerke nicht weiter behandelt. Der Holzbau kennt auch Tragwerke, die eine Kombination von Hänge- und Sprengewerk in sich vereinen.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Zu den Gebäudegrundtypen barocker Kirchbautradition in Sachsen vgl. Löffler, 1973.

<sup>2</sup> Vgl. Bild 2.4.1 a.

<sup>3</sup> Vgl. Bild 2.4.1 b.

<sup>4</sup> Vgl. Bild 2.4.2.

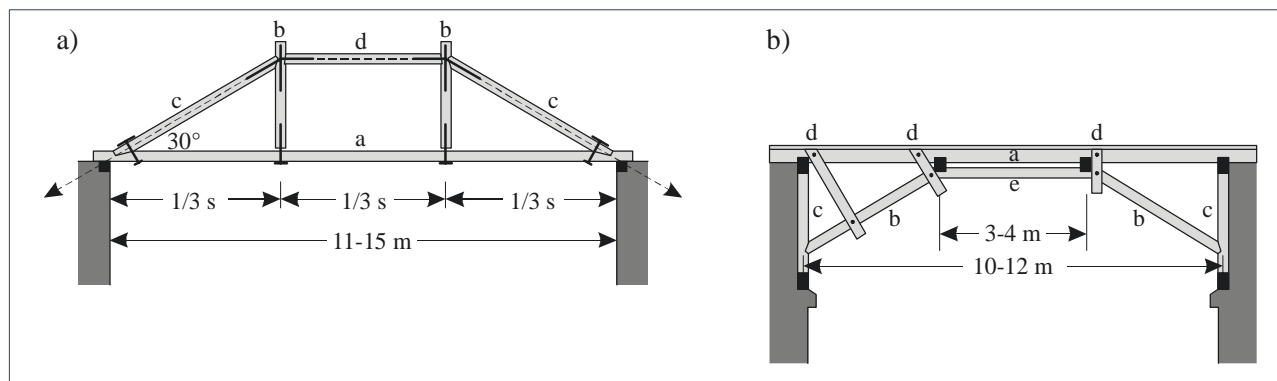


Bild 2.4.1: Hänge- und Sprengwerk nach der herkömmlichen Bezeichnung, Abbildungen einschließlich Abmessungen und Bezeichnungen nach Stade, 1904.

- a) Doppeltes Hängewerk mit Hauptbalken (a), Hängesäulen (b), Hängestreben (c) und Spannriegel (d).
- b) Doppeltes Sprengewerk mit Hauptbalken (a), Sprengstreben (b), Klebpfosten (c), Doppelzangen senkrecht zur Sprengstrebe (links) oder senkrecht zum Hauptbalken (rechts) (d) und Spannriegel (e).

Entgegen der in der Literatur üblichen Nomenklatur werden die gewöhnlich als Hängewerke benannten Tragwerke an dieser Stelle aus konstruktiver Sicht mit dem Begriff Strebenwerke bezeichnet.<sup>5</sup> Die Begriffe Sprenge- oder Hängewerke werden der funktionellen Aufgabe des Tragwerkes zugeordnet, so daß unter Umständen das gleiche Tragwerk, wenn es beide Funktionen erfüllen muß, gleichzeitig die Subtermini Hängewerk<sup>6</sup> und Sprengewerk<sup>7</sup> zum Terminus Strebenwerk<sup>8</sup> tragen kann.

Strebenwerke erfüllen rein lastabtragende und aussteifende Funktionen.<sup>9</sup> Entsprechend lassen sich für sie wesentliche und damit dimensionsbestimmende Lastbilder klassifizieren. Diese sind für das Dach- und Deckentragwerk die Dachauflast<sup>10</sup>, die Last der angehängten Decke<sup>11</sup> und die Windlast auf das Dach<sup>12</sup> sowie für das Turmtragwerk die Eigenlast des Turmes<sup>13</sup> und die Windlast auf den Turm.<sup>14</sup> Die Eigenlast eines Strebenwerkes ist für dieses von sekundärer Bedeutung, wenn es den Auftrag als Tragwerk fremder Lasten erfüllt. Das Strebenwerk ist somit leicht gegenüber den Bauteilen, die es zu tragen hat.<sup>15</sup> Im Verhältnis sind Strebenwerke außerdem leichter als rein biegebeanspruchte Baukonstruktionen. Neben dem Effekt der Vergrößerung der erzielbaren Stützweiten ermöglichen sie einen reduzierten Holzeinsatz und vermindern die Transportmasse der einzelnen Holzteile während des Bauprozesses. Durch diese Eigenart der Strebenwerke kann bei deren Anordnung die Ableitung der Auflasten aus dem Dach und aus dem Turm über dem Grundriß gesehen auf wenige Linienelemente konzentriert werden.

<sup>5</sup> Vgl. auch dazu beispielsweise Stade, 1904.

<sup>6</sup> Vgl. Bild 2.4.3 a-d.

<sup>7</sup> Vgl. Bild 2.4.3 e-i.

<sup>8</sup> Vgl. Bild 2.4.4 a.

<sup>9</sup> Im Gegensatz dazu erfüllt beispielsweise ein Kuppeltragwerk neben den lastabtragenden auch raumbildende und raumüberdeckende Funktionen, vgl. Abschnitt 2.3.

<sup>10</sup> Darunter sei die Eigenlast des Dachaufbaus sowie die Schneelast - solange der Schnee nicht infolge einer starken Dachneigung abrutscht - zu verstehen.

<sup>11</sup> Vgl. Bild 2.4.7 a.

<sup>12</sup> Vgl. Bild 2.4.7 d.

<sup>13</sup> Vgl. Bild 2.4.7 g.

<sup>14</sup> Vgl. Bild 2.4.8 a, d, g.

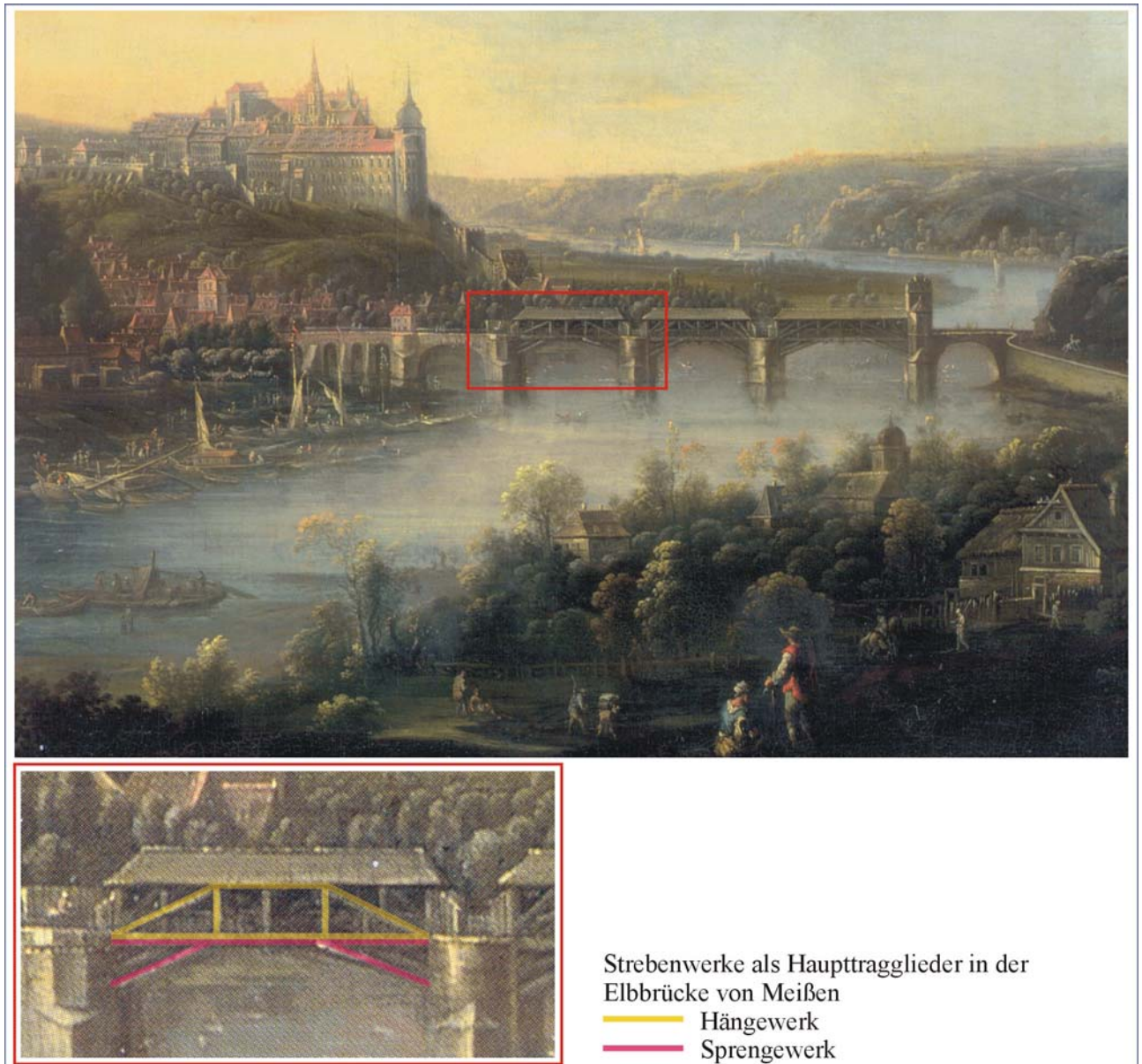


Bild 2.4.2: Beispiel für die Kombination von Sprengewerken und Hängewerken und für die Allgegenwärtigkeit dieser Baukonstruktionen in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts: *Ansicht der Elbbrücke von Meißen*<sup>16</sup> (Ausschnitt) von JOHANN ALEXANDER THIELE.<sup>17</sup>

Strebenwerke sind ebene Tragwerke mit einer zumeist geometrisch symmetrischen Ausformung, die aus Einzelstäben namens Spannbalken, Hängesäulen, Druckstreben und Spannriegel zusammengesetzt werden.<sup>18</sup> Erst in der wiederholten, linear verschobenen oder kreisförmig rotierten Anordnung der Strebenwerke vervollständigen sich diese zu einem räumlichen Objekt, das in seiner Gesamtheit das Dach- oder Turmtragwerk bildet. In dieser Gesamtheit erlangen die in der

<sup>15</sup> Für Kuppeltragwerke gilt beispielsweise, daß ihr Eigenlastanteil in der Regel bestimmend gegenüber allen anderen statischen Lasten ist.

<sup>16</sup> Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Gemäldegalerie Alte Meister, Nr. 3703, Abbildung nach Marx, 2002.

<sup>17</sup> JOHANN ALEXANDER THIELE, (1685-1752): *Meißen von Südosten*. 1741. Vgl. dazu Marx, 2002, dort wird auf eine weitere Quelle verwiesen, die die Erbauung der meißner Elbbrücke als Holzbrücke mit steinernen Pfeilern mit 1565 angibt.

<sup>18</sup> Vgl. Bild 2.4.4 a. Im Folgenden werden die Haupttragglieder des Strebenwerkes gemäß diesem Bild bezeichnet.

genannten Kombination aus Strebenwerken zusammengesetzten Tragwerke hervorragende Eigenschaften zur Lastabtragung. In ihnen sind systembedingte Tragreserven vorhanden.<sup>19</sup>

Beschrieben sei an dieser Stelle die mechanische Wirkweise des einzelnen Strebenwerkes<sup>20</sup>, dessen mechanischer Grundgedanke einfach ist: Das Biegemoment in Feldmitte des den Raum überspannenden Balkens wird in ein Kräftepaar von entgegengesetzt gleich großen Kräften überführt, die als Zugkraft im Spannbalken und als Druckkraft im Spannriegel auftreten. Der vertikale Abstand zwischen Spannriegel und Spannbalken bestimmt bei gegebenem Biegemoment infolge gegebener Spannweite und gegebener Auflast die Größe der entstehenden Kräfte des Kräftepaares. Umgekehrt kann bei vorhergehender Definition der Einzelkräfte über deren Abstand das von der Gesamtkonstruktion aufnehmbare Biegemoment und damit die größte zulässige Spannweite bestimmt werden. Der Anschluß sämtlicher konstruktiver Einzelstäbe wird entsprechend der Ausbildung der Anschlußpunkte als gelenkig angenommen.

Wie auf den ersten Blick ersichtlich, liegt dem Strebenwerk ein statisch einfach unbestimmtes System zu Grunde<sup>21</sup>, es ist demnach also eine unbekannte Kopplung zwischen Teilscheiben mehr vorhanden, als sie sich unter Auswertung der Gleichgewichtsbedingungen ermitteln läßt.<sup>22</sup> Daher sind in einem Strebenwerk unter Berücksichtigung seiner statischen Unbestimmtheit zur Ermittlung des Schnittkraftzustandes die Kenntnis und der Ansatz der Biege- und Dehnsteifigkeiten der Einzelstäbe sowie der Steifigkeit der Verbindungen in den Knotenpunkten zwingend erforderlich. Zur Einschätzung der Biege- und Dehnsteifigkeiten für die Einzelbauglieder praktisch ausgeführter Strebenwerke kann konstatiert werden, daß ihre Querschnittsabmessungen - meist quadratnah ausgeformt - der jeweils gleichen Größenordnung angehörig und deren Material einheitlichen Eigenschaften zuordnungsfähig sind. Daraus resultiert für alle Einzelstäbe eine um Größenordnungen geringere Biegesteifigkeit gegenüber den jeweiligen Dehnsteifigkeiten, so daß die Einzelstäbe längskraftbelastet als Pendelstäbe den Lastabtrag an sich ziehen. Trotzdem setzen sich beispielsweise bei einer angreifenden Turmlast ( $T$ )<sup>23</sup> die Hängesäulen auf dem Spannbalken ab, womit sich unweigerlich eine durchbiegende Verformung des Spannbalkens, der zumeist als Träger der Decke des vom Strebenwerk zu überspannenden Raumes herangezogen wird, einstellt. Angemerkt sei an dieser Stelle die Beobachtung, daß ein Bauherr als Auftraggeber eines Bauwerks zumeist ein Laie ist. Für ihn hat ein Dach die Aufgaben zu erfüllen, einen Wetterschutz zu geben, die Basis für einen Turm oder einen Dachreiter zu bilden und die Raumdecke zu tragen. Genau für letztere fordert er, daß er diese Raumdecke nicht durchhängend verformt in seinem Bauwerk

---

<sup>19</sup> Diese Tragreserven wurden schon von den Baumeistern des Barock erkannt. LEONHARD CHRISTOPH STURM schreibt zu diesem Gesichtspunkt bereits 1726: „... Doch ist noch dieses dabey zu mercken, daß, wenn ein Hängewerk schon starck genug ist eine Last zu tragen, man es doppelt machen soll zu dem Ende, damit man alle Zeit solche Stücke ausnehmen kan, wenn eines oder das andere verfault oder sonst schadhafft wird, eben wie man auch mehr Stützen, als an sich nötig wäre untersetzet ...“. (Sturm, 1726)

<sup>20</sup> Die weitere Beschreibung erfolgt anhand eines doppelten Strebenwerkes.

<sup>21</sup> Vgl. Bild 2.4.5 a.

<sup>22</sup> Aus dieser Kenntnis heraus findet man häufig Vereinfachungen in der Annahme eines statischen Systems, das dann als statisch bestimmtes System vorgesehen wird, indem beispielsweise, willkürlich gewählt, in der Mitte des Hauptbalkens ein Momentennullfeld eingeführt wird. Diese definierende Abstraktion führt zu einem bewußt falsch gebildeten Modell, in dessen Folge der real vorhandene Schnittkraftzustand in dem Strebenwerk verfälscht wiedergegeben wird. Diese Verfälschung wird bei der Auswertung ausgewählter Lastfälle (z.B.: Lastfall Last der angehängten Decke, Lastfall Wind auf den vom Strebenwerk getragenen Turm) offensichtlich.

<sup>23</sup> Vgl. Bild 2.4.7 g.

antreffen möchte. Vor einer verformten Decke ängstigt sich der Laie. Wie diese erwähnten Aufgaben erfüllt werden können, ist freilich nicht Sache des Bauherrn, dazu beauftragt er einen Fachmann, der dank seiner Kenntnisse und Erfahrungen diese Probleme löst. Bauherr und Fachmann wenden daher in ihrer gegenseitigen Kommunikation das „Black-Box-Prinzip“ an, das sich,

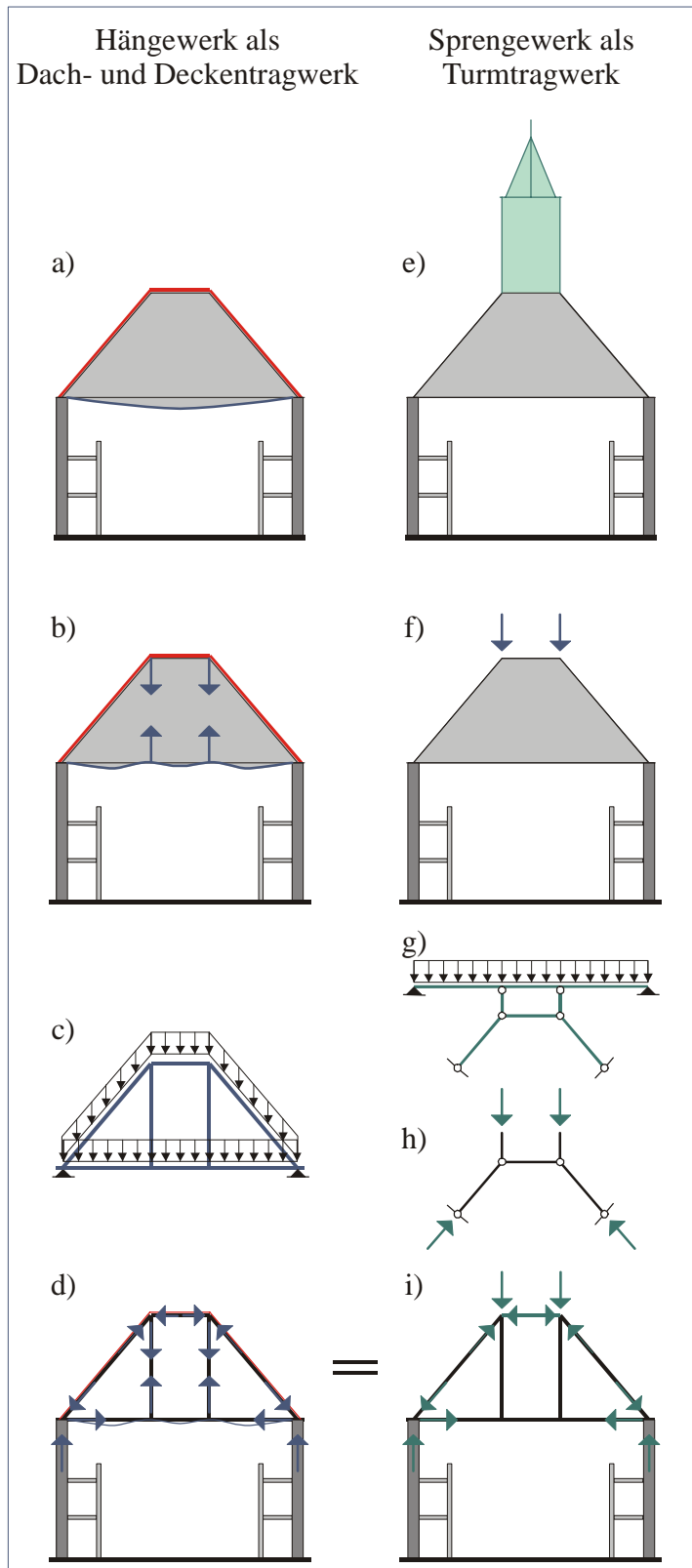


Bild 2.4.3: Zuordnung der Subtermini Hängewerk als Dach- und Deckentragwerk (a-d) und Sprengewerk als Turmtragwerk (e-i) zu dem Terminus Strebenwerk – Darstellung der Entwicklung der funktionellen Aufgaben.

Für beide Unterbegriffe bildet das Dach, aufgefaßt als „Black Box“, den Ausgangspunkt der Entwicklung.

a) „Black Box“ für ein Dach- und Deckentragwerk mit unter Eigenlast sich durchhängend verformender Deckenunterseite.

b) „Anhängung“ des die Decke tragenden Balkens an die Hängesäulen zur Minimierung der durchhängenden Deckenverformung.

c) Lastbild infolge Dachlast und Last der angehängten Decke.

d) Kraftfluß im Strebenwerk als Hängewerk.

e) „Black Box“ für ein Turmtragwerk.

f) Lastbild infolge Last des Turmes.

g) Gleichnis für Geometrie und Lastbild eines herkömmlich als Sprengewerk bezeichneten Tragwerkes.

h) Übersetzung des Lastbildes auf die Gegebenheiten des Strebenwerkes - „Absprengung“ der Turmlasten.

i) Kraftfluß im Strebenwerk als Sprengewerk.

Trotz jeweils unterschiedlichem Kraftfluß sind die Tragwerke für Dach und Decke und für den Turm konstruktiv identisch.



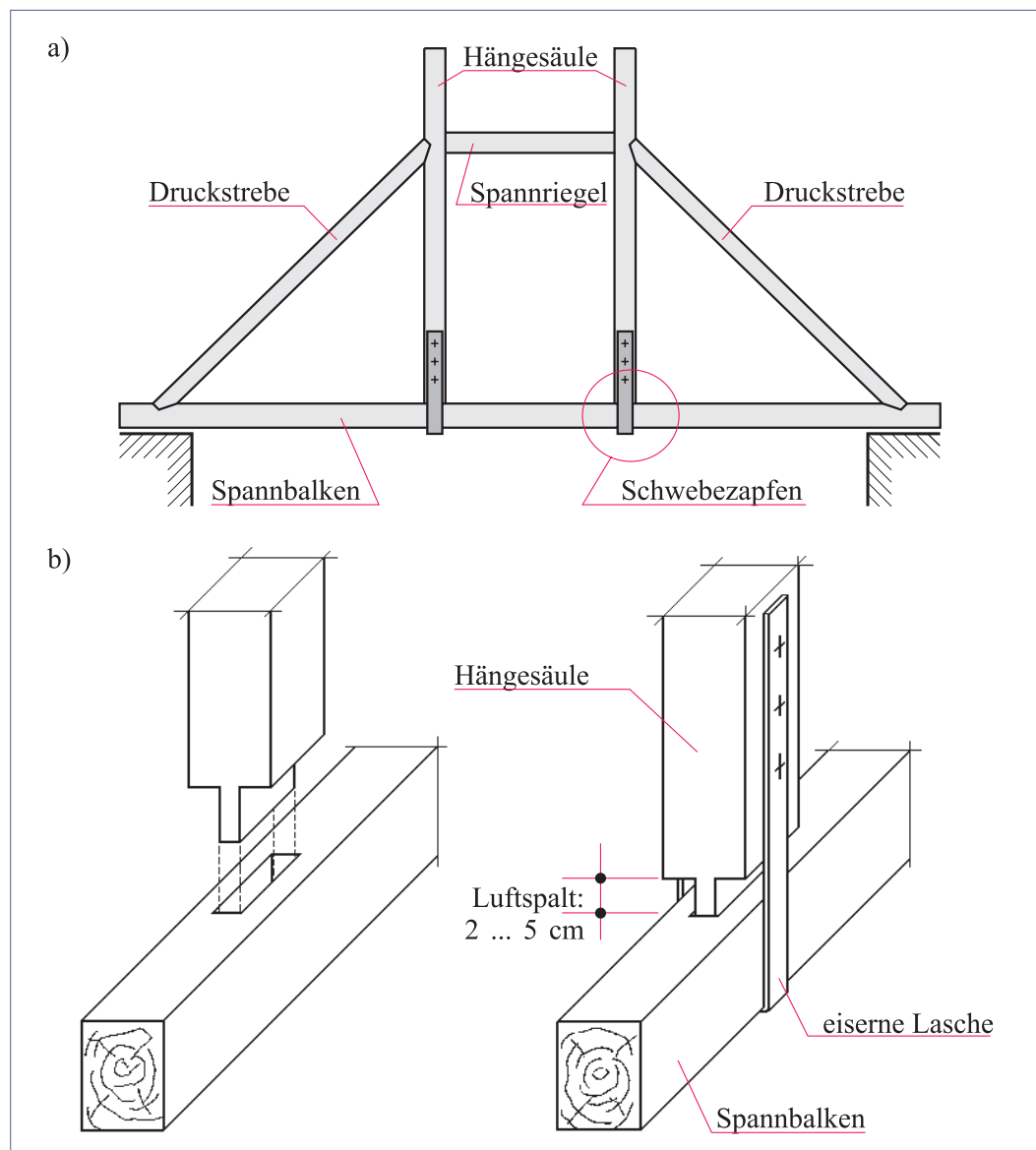


Bild 2.4.4: Das doppelte Strebenwerk.

- a) Darstellung und Bezeichnung der Haupttragglieder.  
 b) Darstellung eines Schwebzapfens.

angewendet auf Dachtragwerke, zumeist in einer absichtlich rudimentären Wiedergabe der Tragstruktur innerhalb einer zeichnerischen Darstellung von Bauwerken äußert.<sup>24</sup>

Um dieser für jedermann ersichtlichen ungewollten Verformung des Spann balkens des Strebenwerkes und damit der Raumdecke vorzubeugen, bedienen sich die Baumeister des Barock eines genialen „Tricks“, bei dessen exakter Bausausführung genau das Auftreten dieses Problems ausgeschlossen werden konnte. Dieser „Trick“ besteht in der speziellen Ausformung der Anschlußpunkte der Einzelstäbe und hier vor allem wiederum in der Anordnung eines Schwebzapfens am jeweiligen Knotenpunkt zwischen den Hängesäulen und dem Spann balken.

Der Schwebzapfen<sup>25</sup> besteht aus einer länglichen Aussparung im Spann balken, in welche ein aus der Hängesäule dazu passend herausgearbeiteter Zapfen derart eingreift, daß eine kraft-

<sup>24</sup> Vgl. Bild 2.4.10.

<sup>25</sup> Vgl. Bild 2.4.4 b und 2.4.6.

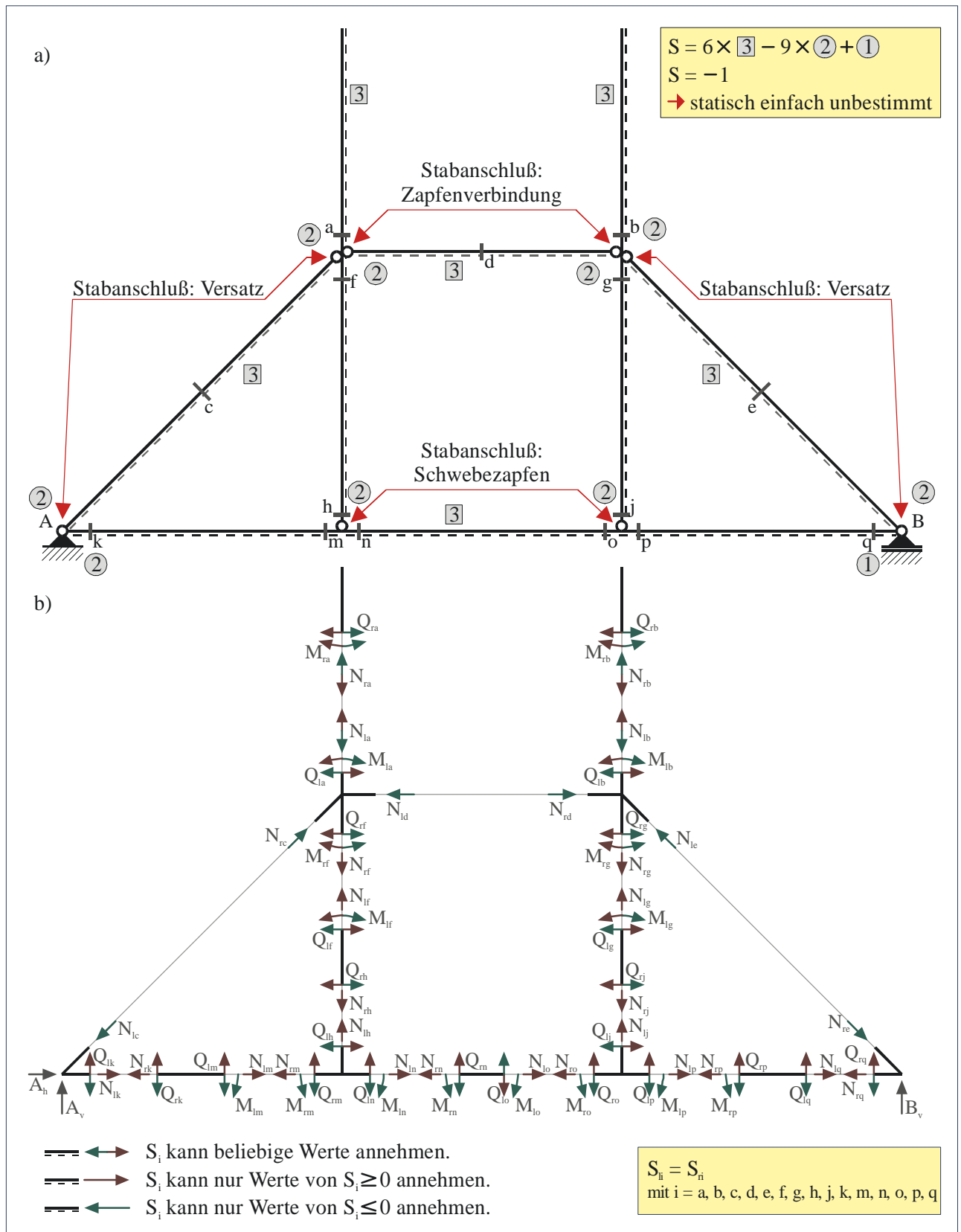


Bild 2.4.5: Antrag repräsentativer innerer Kopplungen unter Berücksichtigung der infolge korrekter Ausbildung der Einzelstab-Anschlußpunkte übertragbaren Kräfte.

- a) Definition der Einzelstab - Unterseiten und der Schnittstellen  $i$ .  
 b) Antrag der inneren Kopplungen:  
 l ... linkes Schnittufer;  
 r ... rechtes Schnittufer.



Bild 2.4.6: Schwebzapfen im Dachtragwerk der Weinbergkirche zu Dresden-Pillnitz. Infolge der Existenz doppelter Hängesäulen sind auch doppelte Schwebzapfen vorhanden.

schlüssige Verbindung zwischen beiden Teilen in senkrechter Richtung zur Hängesäulenachse gegeben ist. In Längsrichtung der Hängesäulenachse verhindert ein etwa 2 - 5 cm breiter Luftspalt jegliche Übertragung von Kräften. Die genügende Ausbildung dieses Luftspaltes ist verantwortlich für die richtige Wirkweise des Schwebzapfens und damit des Strebenwerkes. Eine an der Hängesäule befestigte und den Spannbalken umfassende eiserne Lasche sorgt dafür, daß der Spannbalken an der Hängesäule angehängen werden kann. Damit schwebt<sup>26</sup> die Hängesäule über dem Spannbalken, während selbige an der Hängesäule hängt.<sup>27</sup> Aus mechanischer Sicht sind damit an einem als Schwebzapfen ausgeführten Knoten Querkraftkopplungen<sup>28</sup> vorhanden, während sich die Längskraftkopplung ausschließlich auf die Übertragung von Zugkräften beschränkt. Biegemomente können mit einem Schwebzapfen nicht übertragen werden.

Im Strebenwerk werden die Druckstreben jeweils beidseitig mit Versätzen, der Spannriegel mit Zapfenverbindungen am Spannbalken und an den Hängesäulen angeschlossen, diese Verbindungen sind vornehmlich zur Übertragung von Längsdruckkräften geeignet, nicht aber zur Übertragung von Längszugkräften.<sup>29</sup>

In der exakten Ausformung der Knotenpunkte als Versatz und als Schwebzapfen mit den damit zwangsläufig verbundenen mechanischen Wirkweisen äußert sich die mechanische Intelligenz eines Strebenwerkes. Die Fähigkeit zur Lastabtragung erfolgt an allen Knotenpunkten des Strebenwerkes für alle Längskräfte klar fallweise, sämtliche Schwebzapfen übertragen ausschließlich Zugkräfte, die Versätze der Druckstreben und die Zapfenverbindungen des Spannriegels

<sup>26</sup> Aus dieser Eigenschaft resultiert die Bezeichnung Schwebzapfen.

<sup>27</sup> Vgl. Bild 2.4.5 b. Diese Eigenschaft des Strebenwerkes führt zu der herkömmlich gebräuchlichen Bezeichnung Hängewerk.

<sup>28</sup> Die Klassifizierung der Kopplungen erfolgt aus der Sicht der Stabachse der Hängesäule.

<sup>29</sup> Diese Knotenpunktausbildungen sind in der Lage, im begrenzten Umfang Querkräfte zu übertragen, allerdings treten diese in allen wesentlichen Lastfällen in den Druckstreben und im Spannriegel nicht auf. Biegemomente können nur in einem zu vernachlässigendem Maße übertragen werden.



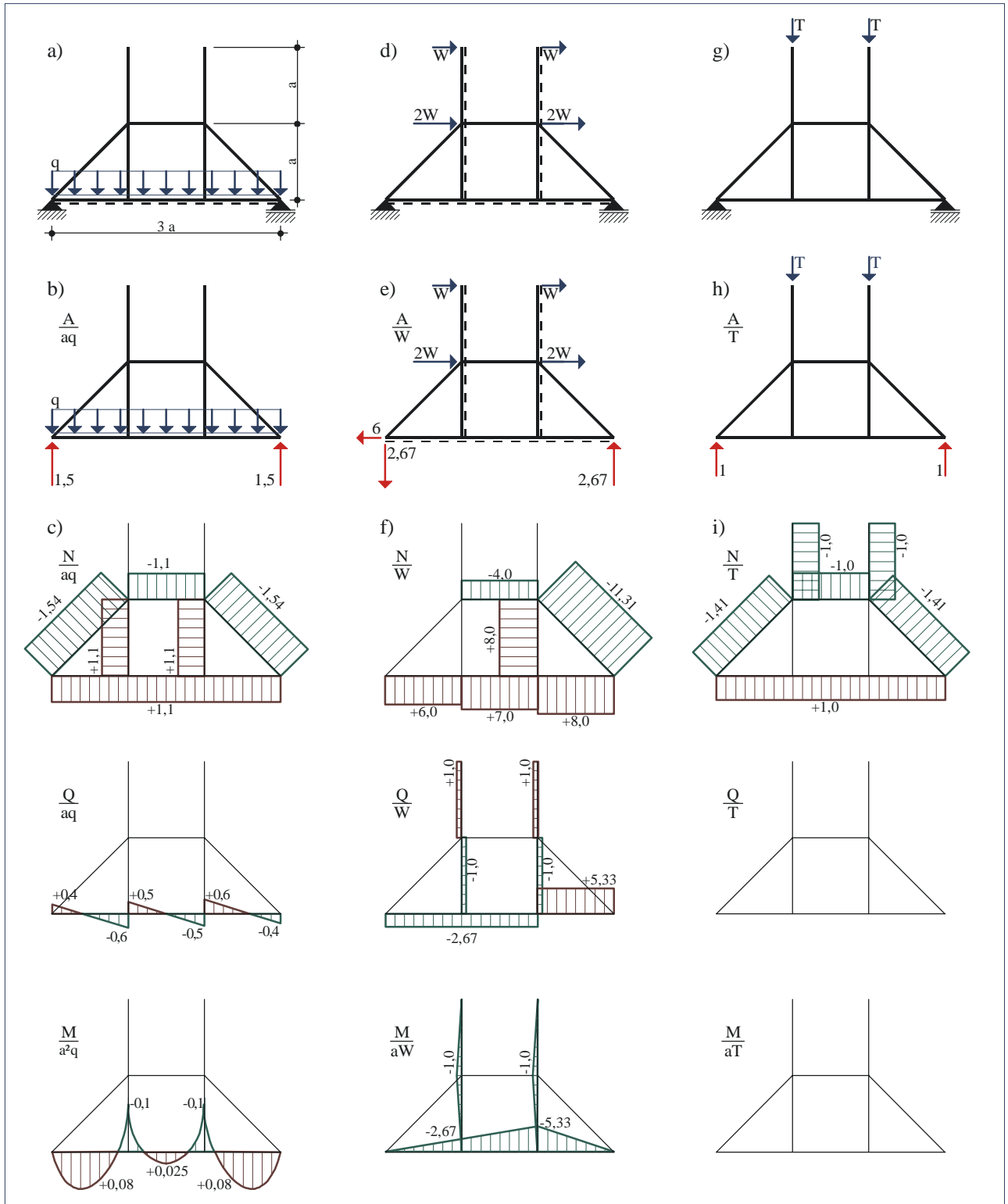


Bild 2.4.7: Auflagerreaktionen und Schnittkraftzustände für ein Strebenwerk infolge wesentlicher (charakteristischer) Lastfälle.

- a-c) Lastfall: Eigenlast der angehängten Decke  $q$  (gleichförmig verteilt).
- d-f) Lastfall: Windlast auf das Dach  $W$  (nur horizontaler Anteil).
- g-i) Lastfall: Eigenlast des Turmes  $T$ .
- a, d, g) Geometrie und Lastbild.
- b, e, h) Auflagerreaktionen.
- c, f, i) Schnittkraftzustandslinien.

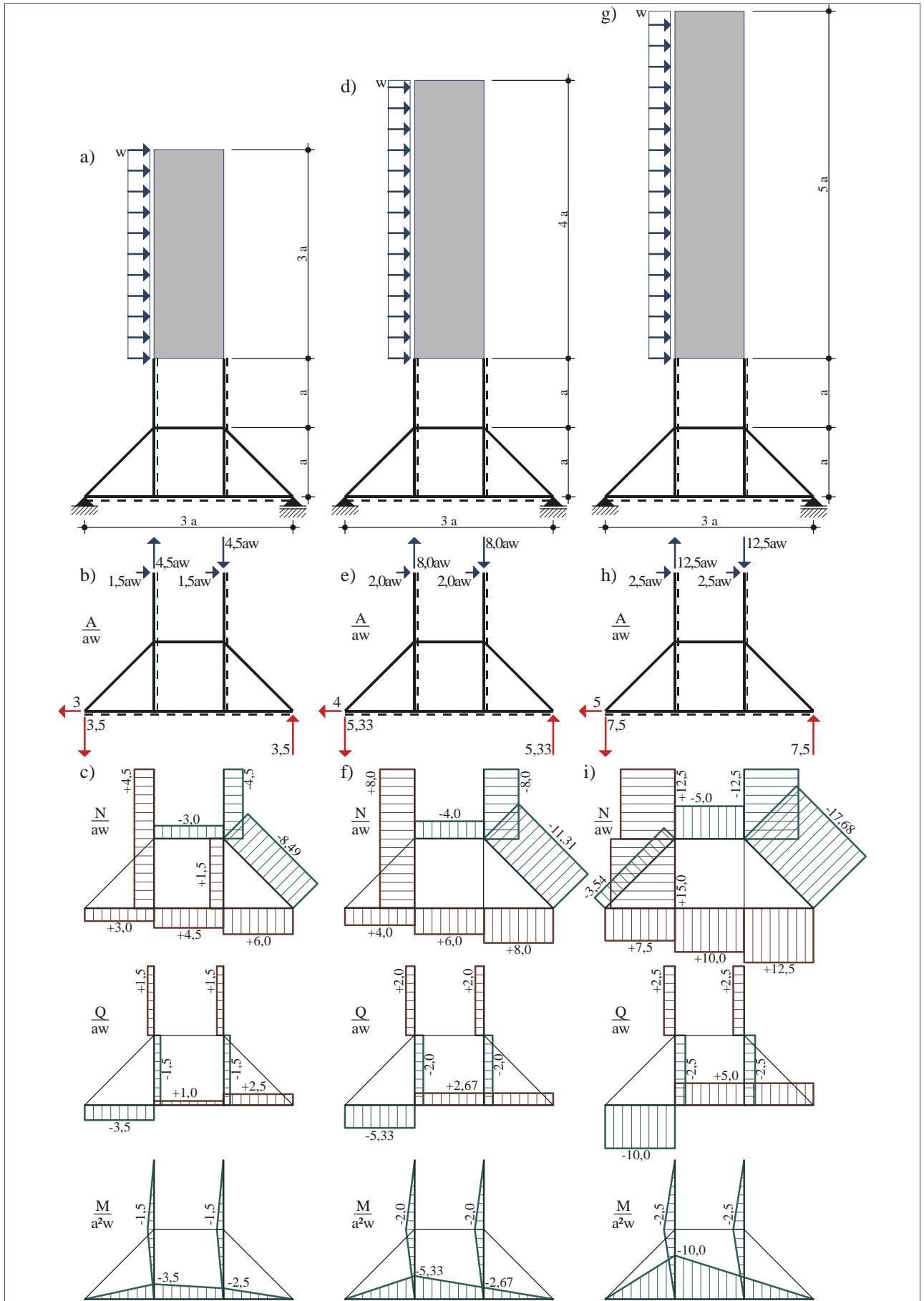


Bild 2.4.8: (Bildunterschrift siehe übernächste Seite)

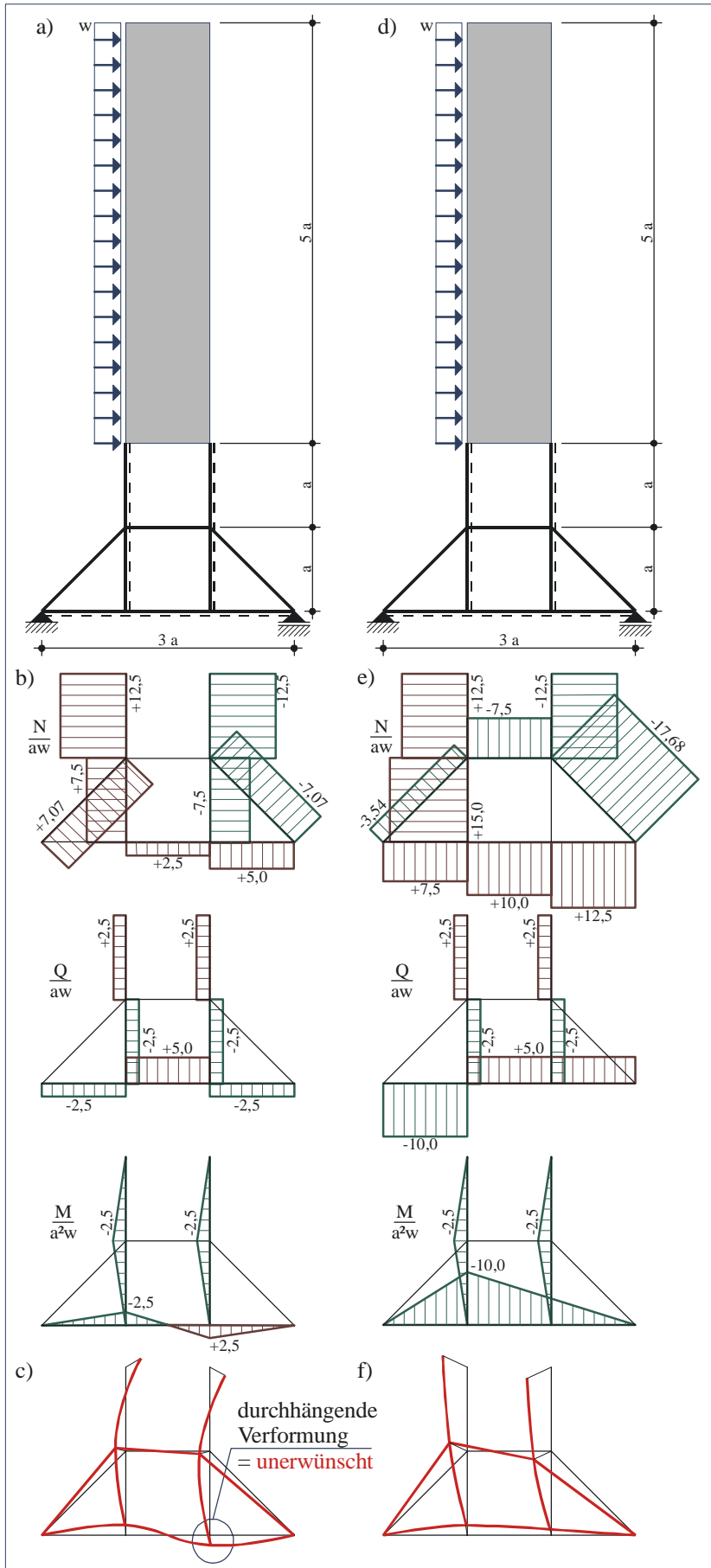


Bild 2.4.9: (Bildunterschrift siehe folgende Seite)

Druckkräfte.<sup>30</sup> Für eine jeweilige Negation ist eine Kraftübertragung an diesen Knotenpunkten ausgeschlossen.<sup>31</sup> Eine Zulassung dieser Kraftübertragungen hingegen vergleichmäßig zweifelsfrei den Spannungszustand im Strebenwerk, allerdings erfüllt der Verformungszustand in diesem Fall nicht die Forderung, daß die Durchbiegung des Spannriegels und damit der angehängten Decke minimiert, bestenfalls gar ausgeschlossen werden soll.<sup>32</sup> Unter Berücksichtigung einer zwingenden Einschränkung der Kraftübertragungen reduziert sich möglicherweise die Anzahl der unbekanntenen Kopplungen im Strebenwerk, damit ist für ausgewählte Lastfälle trotz der weiterhin vorhandenen statischen Unbestimmtheit eine Bestimmung der Kopplungen und damit der Schnittkraftzustände anhand der Auswertung der Gleichgewichtsbedingungen möglich.<sup>33</sup> Das Verhältnis angreifender

Bild 2.4.8: Auflagerreaktionen und Schnittkraftzustände für ein Strebenwerk infolge des wesentlichen (charakteristischen) Lastfalls Wind auf den Turm w für Türme mit unterschiedlichen Höhen gegenüber ihrer Grundrißbreiten.

- a-c) Geometrische Ausbildung des Turmes: Dreifache Turmhöhe gegenüber seiner Grundrißbreite.
- d-f) Geometrische Ausbildung des Turmes: Vierfache Turmhöhe gegenüber seiner Grundrißbreite.
- g-i) Geometrische Ausbildung des Turmes: Fünffache Turmhöhe gegenüber seiner Grundrißbreite.<sup>34</sup>
- a, d, g) Geometrie und Lastbild.
- b, e, h) Auflagerreaktionen.
- c, f, i) Schnittkraftzustandslinien.

Bild 2.4.9: Gegenüberstellung der Schnittkraftzustände und der Verformungsfiguren für ein Strebenwerk infolge des wesentlichen (charakteristischen) Lastfalls Wind auf den Turm w für einen Turm mit einer fünffachen Höhe gegenüber der Grundrißbreite unter Berücksichtigung des Ansatzes unterschiedlicher mechanischer Wirkweisen der Einzelstab-Anschlußpunkte.

- a-c) Verzicht auf den Ansatz einer fallweisen mechanischen Wirkweise der Einzelstab-Anschlußpunkte.
- d-f) Berücksichtigung des Ansatzes einer fallweisen mechanischen Wirkweise der Einzelstab-Anschlußpunkte.
- a, d) Geometrie und Lastbild.
- b, e) Schnittkraftzustandslinien.
- c, f) Verformungsfiguren (überhöhte Darstellung).

<sup>30</sup> Gelegentlich finden sich Strebenwerke, an denen die Versätze zum Anschluß der Druckstreben und des Spannriegels mit eisernen Laschen gefaßt sind, womit die Aufnahme von Zugkräften an diesen Knotenpunkten möglich wird. Für alle sinnvoll denkbaren Lastfälle an einem praktisch ausgeführten Strebenwerk, dessen mechanische Wirkweise durch eine exakte Ausbildung der Schwebezapfen gewährleistet ist, ist diese eiserne Lasche nicht erforderlich, da in den Druckstreben und in dem Spannriegel niemals Zugkräfte auftreten. Bei ihrem Vorhandensein stellt sich zwar ein gleichmäßigerer Spannungszustand im Strebenwerk ein, die Vorgabe, die Verformung des Spannriegels nach unten durchhängend auszuschließen, kann aber nicht erfüllt werden.

<sup>31</sup> Vgl. Bild 2.4.5 b mit dem Antrag repräsentativer innerer Kopplungen unter Berücksichtigung der infolge korrekter Ausbildung der Einzelstab - Anschlußpunkte übertragbaren Kräfte.

<sup>32</sup> Vgl. Bild 2.4.9. Auch diese Tatsache wird in den bauteoretischen Schriften des barocken Zeitalters erwähnt, JOHANN JACOB SCHÜBLER bemerkt dazu 1731: „... Damit sich aber die zusammengesetzten Streben und der Lagerbalken wegen einiger Umstände halber, so die Erfahrung gelehret nicht beugen, und in freyen herüberliegen durch ihre eigene Last zu einer Veränderung verleitet werden, so will STURM 2 Stützen zwischen die Streben und den Lagerbalken anbringen, und giebt daher zwey perpendicular stehende eiserne Spindel an, die den Lagerbalken aufwärts an die beyden Streben halten sollen ...“. (Schübler, 1731).

<sup>33</sup> Beispielsweise wird für den Lastfall Eigenlast des Turmes formal gar ein statisch überbestimmter Zustand erreicht, die vorhandenen Kopplungen, die hier Null werden, dienen allerdings der Aussteifung und verhindern ein Gesamtstabilitätsversagen des Strebenwerkes, vgl. Bild 2.4.7 g-i.

<sup>34</sup> Das Verhältnis von Turmhöhe zu Grundrißbreite beträgt für den Turm des Ersten Projektes der dresdner Frauenkirche (1724) mit 32,7 m zu 6,87 m 4,75 : 1. Vgl. dazu auch Abschnitt 3.3, Bild 3.3.2.

horizontaler und vertikaler Lasten steuert die Form des Lastabtrags, deutlich sichtbar wird dies im Lastfall Wind auf den Turm. Entsprechend der jeweiligen Konstellation werden beide Schwebzapfen zur Zugkraftübertragung herangezogen, während eine Druckstrebe zum Nullstab wird<sup>35</sup>, oder ein Schwebzapfen verhindert den Lastabtrag, wobei der Druckbogen über die Druckstreben und den Spannriegel vollständig aufgebaut sein muß<sup>36 37</sup>.

In der Beurteilung der Schnittkraftzustände infolge wesentlicher (charakteristischer) Lastfälle zeigt es sich, daß für alle Lastfälle die Druckstreben und der Spannriegel als Pendelstäbe, der Spannbalken für symmetrische Lastfälle bedarfsweise als Pendelstab als auch als Biegeträger und für asymmetrische Lastfälle nur als Biegeträger und die Hängesäulen hingegen stets als Biegeträger wirken.

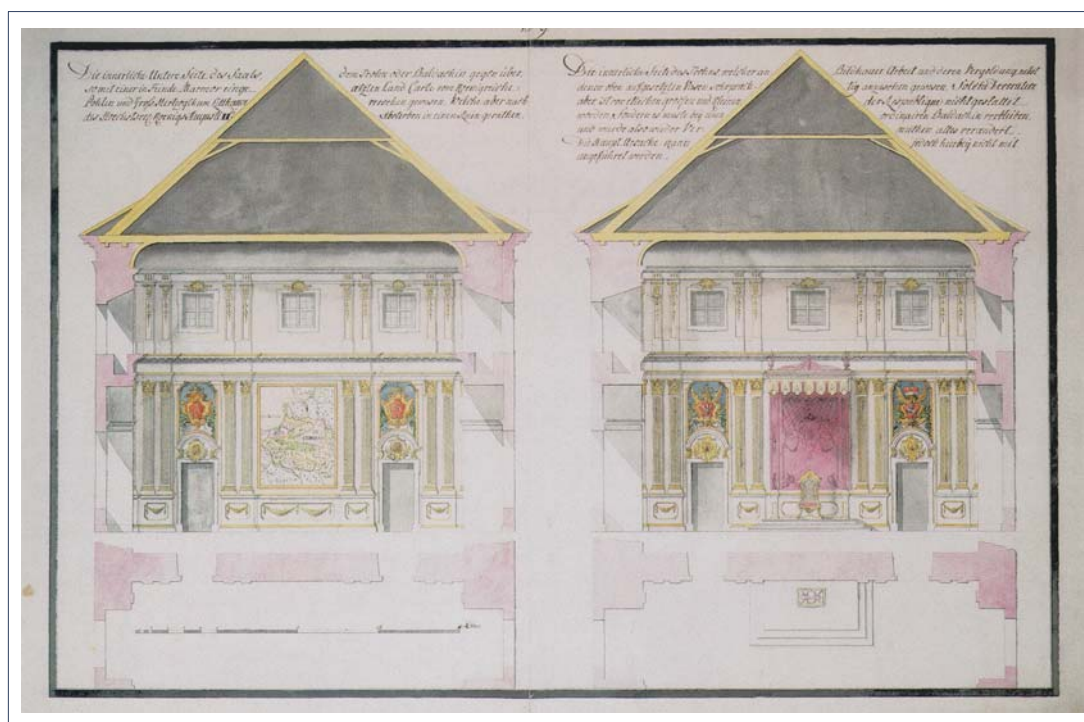


Bild 2.4.10: Beispiel für die Abbildung eines Dachtragwerkes als „Black Box“ innerhalb einer Gebäudeschnittdarstellung.

Darstellung des Senatorensaals im Warschauer Schloß. Zeichnung nach ZACHARIAS LONGUELUNE um 1720.<sup>38</sup>

Strebenwerke einschließlich der Schwebzapfen sind auf uns in den noch erhaltenen ausgeführten Bauten überkommen. Zusätzlich dazu existieren gelegentlich Abbildungen von Dachtragwerken, die über die beschriebene Herangehensweise mittels „Black Box“ hinausgehen. Sie finden sich ob der gewählten Maßstäblichkeit und Detailtreue nicht in den von GEORGE BÄHR

<sup>35</sup> Vgl. Bild 2.4.8 a-c.

<sup>36</sup> Vgl. Bild 2.4.8 g-i.

<sup>37</sup> Beim Übergang zwischen diesen beiden beschriebenen Zuständen kann sich für ein ausgewähltes (theoretisches) Lastkollektiv die gleichzeitige Nichtinanspruchnahme einer Druckstrebe und eines Schwebzapfens einstellen, vgl. Bild 2.4.8 d-f.

<sup>38</sup> Gezeigt wird nicht ein dresdner Gebäude, allerdings kann diesem nach ZACHARIAS LONGUELUNE (1669-1748) angefertigten Plan eine Verbindung zu planerischen Vorgehensweisen in Dresden bescheinigt werden, da LONGUELUNE als kursächsischer Oberlandbaumeister (seit 1718) selbstverständlich auch in Dresden tätig war.



autorisierten Darstellungen für seine Projekte zur dresdner Frauenkirche mit Holzkuppel. Im Gegensatz dazu wird an dieser Stelle ein sehr detailgerecht abgebildetes Strebenwerk mit herausgearbeiteten Schwebezapfen innerhalb einer Schnittdarstellung zur zeitlich nur geringfügig nach der Frauenkirche geplanten Katholischen Hofkirche in Dresden gezeigt.<sup>39</sup>

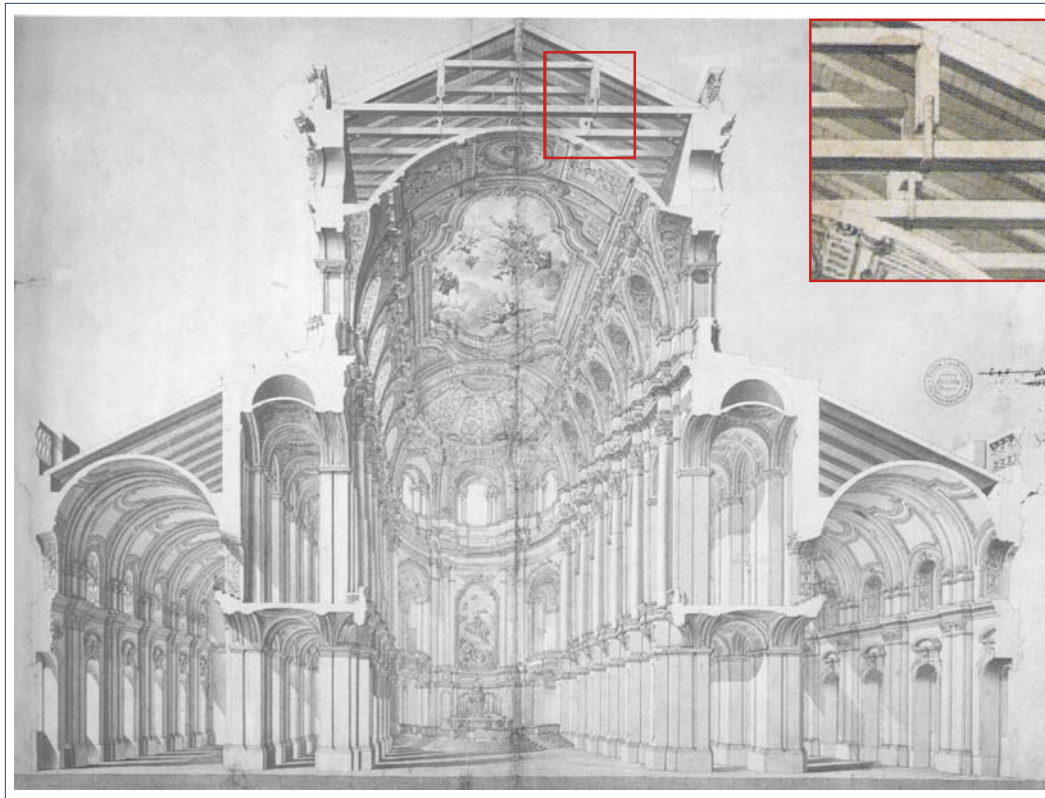


Bild 2.4.11: Katholische Hofkirche in Dresden, Querschnitt mit Tiefenperspektive (1747). Vergrößerte Wiedergabe des Schwebezapfens.<sup>40</sup>

Ohnehin führte die parallele Regentschaft der Wettiner in Sachsen und in Polen in diesem „augustäischen Zeitalter“ zu identischen Bearbeitungsmustern von landesherrlichen und privaten Bauaufgaben.

<sup>39</sup> Vgl. Bild 2.4.11.

<sup>40</sup> Die Darstellung stammt von SEBASTIAN WETZEL, entworfen und geplant wurde der Bau von GAETANO CHIAVERI, dessen Haltung zu GEORGE BÄHRs Frauenkirche in einem späteren Abschnitt untersucht wird, vgl. dazu Abschnitt 4.5.