Die Kirchendachkonstruktionen der Brüder Grubenmann

Autor(en): **Conzett, Jürg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Appenzellische Jahrbücher**

Band (Jahr): **136 (2008)**

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-283411

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Kirchendachkonstruktionen der Brüder Grubenmann

Jürg Conzett

Ziel dieses Beitrags ist es, mögliche Denkweisen der Brüder Jakob und Hans Ulrich Grubenmann bei der Konzeption ihrer Kirchendächer zu erhellen. Da keine geschriebenen Unterlagen zu dieser Frage vorhanden sind, kann man heute derartige Denkweisen nur anhand der gut erhaltenen und dokumentierten Konstruktionen und deren zeitlicher Reihenfolge festzustellen versuchen. Diese Arbeit ist also eher hypothetisch. Obwohl ich dadurch nicht sicher weiss, wieweit die nachfolgenden Behauptungen stimmen, sollen sie doch gewagt werden, denn sie führen zu Einsichten, die ohne diesen Versuch fehlen würden. Grundlage jeder Auseinandersetzung mit den Brüdern Grubenmann ist einerseits das Werk Joseph Killers[1], andererseits die von Rosmarie Nüesch aufgebaute Grubenmann-Sammlung in Teufen[2].

1 Joseph Killer: Die Werke der Baumeister Grubenmann. Diss. ETH Zürich. Zürich 1942. – Später in Buchform in verschiedenen Auflagen publiziert: Zürich 1959, Basel 1985, Dietikon 1998.

2 URL http://www.grubenmann-sammlung.ch (6. August 2009).

Zwei Konstruktionstypen

Die Kirchendächer der Brüder Grubenmann lassen sich in zwei Gruppen einteilen, in Dächer mit *liegendem Stuhl* (Abb. 1) und in *gewölbte Dachkonstruktionen*. Beispiele für Dächer mit liegendem Stuhl finden sich unter anderen in Gossau (1732), Eschenbach (1753), St. Gallenkappel (1755), Hombrechtikon (1759), Mollis (1761), Teufen (1779) und Trogen (1781). Auch die grösste Grubenmann-Kirche in Wädenswil (1767) gehört in

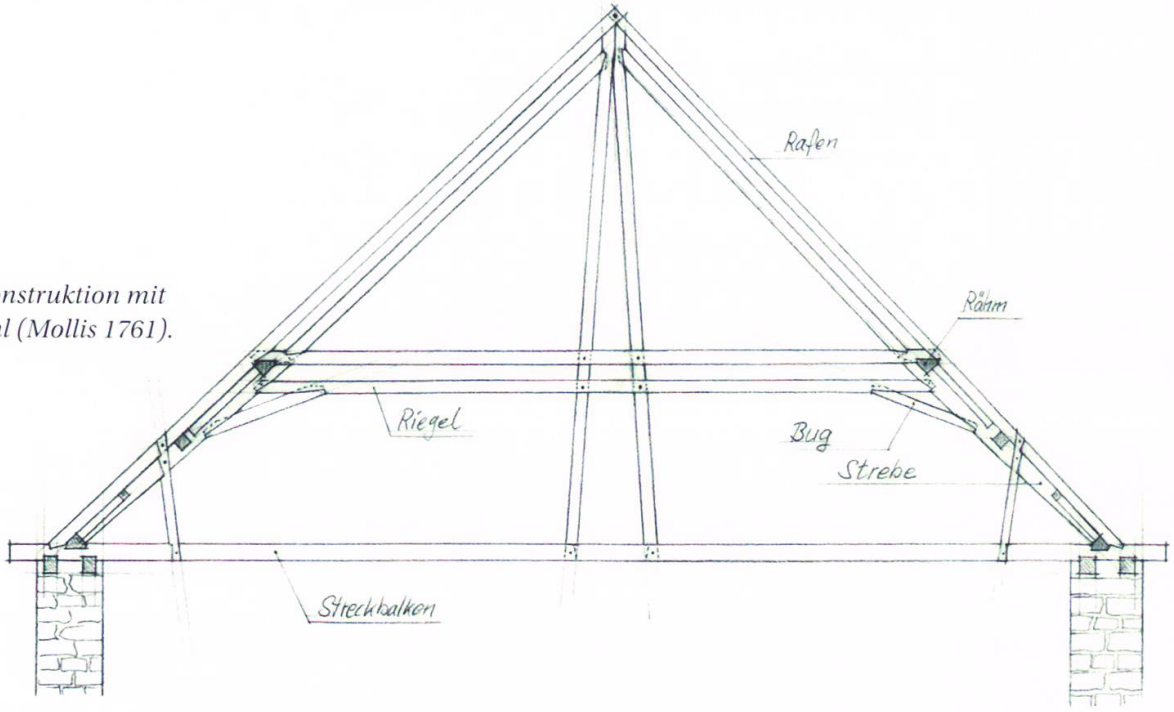


Abb. 1: Dachkonstruktion mit liegendem Stuhl (Mollis 1761).

diese Gruppe, obwohl ihr Dach mit gekreuztem Giebel und sich kreuzweise durchdringenden Bogen, welche die Decke tragen, komplexer als die übrigen aufgebaut ist.

Merkmale liegender Dachstühle

Bei liegenden Dachstühlen ruhen die *Rafen* oder *Dachsparren* auf längslaufenden horizontalen Hölzern, die *Rähm* genannt werden. Die Rähm liegen etwa alle 3 m auf *Bindern*, die aus schräggestellten *Streben* und horizontalen *Riegeln* bestehen. Die Fusspunkte der Binder werden durch *Streckbalken* zusammengehalten. Die statische Wirkung der Binder kann man sich als diejenige übereinandergestapelter *Sprengwerke* vorstellen. Sämtliche Bauteile sind in kurzen Abständen gestützt und können sich nur geringfügig verformen. Allerdings ist das Tragwerk als Ganzes unter einseitig gerichteten Einwirkungen, etwa Wind, viel beweglicher als unter symmetrischer Last. Deshalb werden die Knotenpunkte zwischen Streben und Riegel durch *Büge* rahmenartig versteift, sodass die Verformungen und Spannungen auch unter asymmetrischen Einwirkungen begrenzt bleiben (Abb. 2).

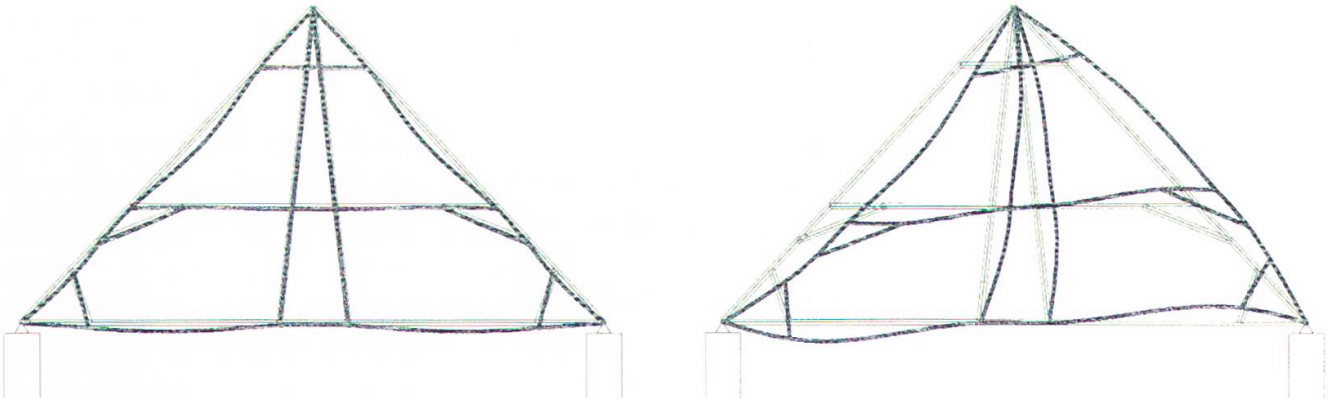


Abb. 2: Verformungen eines liegenden Dachstuhls unter symmetrischer (Schnee-) und asymmetrischer (Wind-)Einwirkung.

Merkmale gewölbter Dachkonstruktionen

Die zweite Gruppe der gewölbten Dachkonstruktionen (Abb. 3) zeichnet sich dadurch aus, dass der höchste Punkt der Kirchendecke *über* der Krone der Längsmauern liegt. Ich nehme an, dass diese Konstruktionsweise vor allem aus Sparsamkeitsgründen gewählt wurde, um hohe Kirchenräume mit niedrigeren Mauern als bei liegenden Dachstühlen zu schaffen, denn es gibt keine Anzeichen für persönliche Vorlieben der Brüder Grubenmann für das eine oder andere System; auch entschieden sie sich wiederholt immer wieder für das eine oder andere. Die Sparmassnahme der gewölbten Dachkonstruktion sollte nicht durch Streckbalken oder Zugstangen, die den überwölbten Kirchenraum durchdringen, offensichtlich werden. Vielmehr waren nach heutigen Begriffen *ingenieurmässige Fertigkeiten* gefragt, um diese zunächst widersprüchlich erscheinenden Anforderungen zu bewältigen.

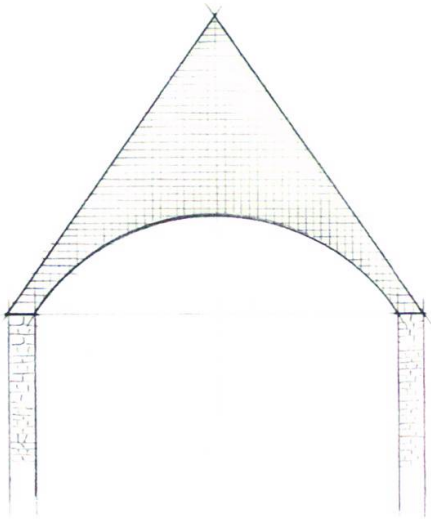


Abb. 3: Entwurfsraum für Dachkonstruktion mit gewölbter Dachkonstruktion.

Vom Sparrendach zum Kehlbalkendach

Ein erster Konstruktionsgedanke könnte vom Urtyp des *Sparrendachs* ausgegangen sein: zwei Sparren stützen sich über Holzschwellen auf je einem Erdwall und halten sich gegenseitig. Hohe Schneelasten können durch eine steile Dachneigung vermieden werden, weil der Schnee in diesem Fall laufend abrutscht. Bei grösseren Dimensionen des Dachs kann ein Durchbiegen der Sparren unter ihrer eigenen Last oder unter Winddruck durch einen oder mehrere *Kehlbalken* vermindert werden. Die statische Wirkung des Kehlbalkendachs ist mit derjenigen des liegenden Stuhls nahe verwandt. Doch gibt es beim Sparrendach in seiner reinen Form keine Binder mehr, wie beim liegenden Stuhl; die Binder sind sozusagen auf alle Sparrenpaare verteilt. Dadurch werden die Rähm überflüssig. Die zusammenhaltende Wirkung des Streckbalkens ist ersetzt durch die seitlich unverrückbaren *Widerlager*.

Problem «Steifigkeit» und Einbau von Streben

Auch beim Kehlbalkendach stellt sich die Frage nach der Steifigkeit des Tragwerks unter einseitigen Lasten. Das klassische Kehlbalkendach widersteht derartigen Einwirkungen nur durch die Biegesteifigkeit der Sparren; die Kehlbalken sorgen lediglich dafür, dass beide Sparren eines Paares in gleichem Mass gebogen werden. Verbessern kann man dieses Verhalten nur durch das Einbauen zusätzlicher Streben. Zum Beispiel ist im bischöflichen Schloss in Chur ein Kehlbalkendach durch abwechselnd von der linken wie der rechten Seite aufsteigende Streben gegen asymmetrische Einwirkungen versteift (Abb. 4).

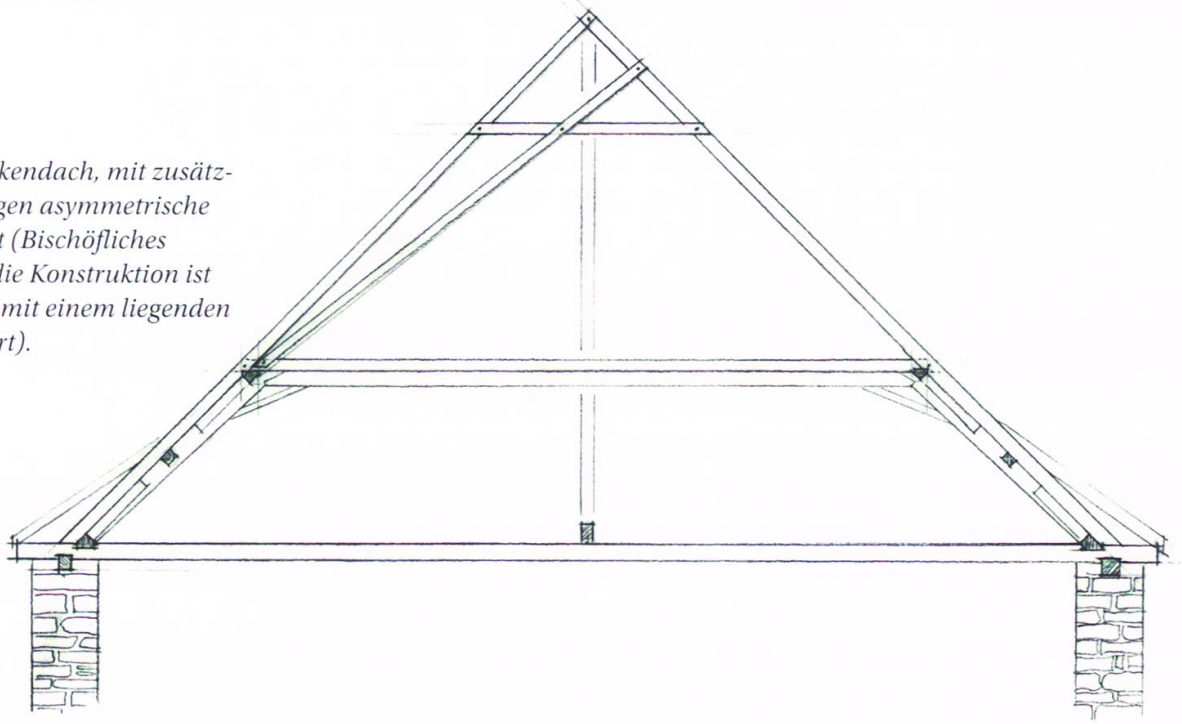


Abb. 4: Kehlbalkendach, mit zusätzlicher Strebe gegen asymmetrische Lasten verstärkt (Bischöfliches Schloss, Chur; die Konstruktion ist im unteren Teil mit einem liegenden Stuhl kombiniert).

Werden derartige Zusatzstreben vervielfacht, sind die Sparren in kürzeren Abständen unterstützt (Abb. 5). Das Kehlbalken-Prinzip wird damit leistungsfähiger und gleichzeitig gegen asymmetrische Lasten steifer. Diese Anordnung gekreuzter Druckstreben ist seit der Zeit der Gotik bekannt. Bei höheren Mauern wird ein seitliches Ausweichen durch Zugbalken verhindert, die in gewissen Abständen die Holzschwellen verbinden. Die grösseren Abstände dieser Zugbalken weisen darauf hin, dass sie nicht als Teile der eigentlichen Dachkonstruktion konzipiert sind, sondern zum Unterbau (Mauern, Schwellen) gehören, der vertikal und horizontal unverschiebbare Auflager sicherstellen soll. Die Dachkonstruktion bildet statisch eine Art Gewölbe, das sich mit schräg gerichteten Auflagerkräften auf die Mauerschwellen abstützt.

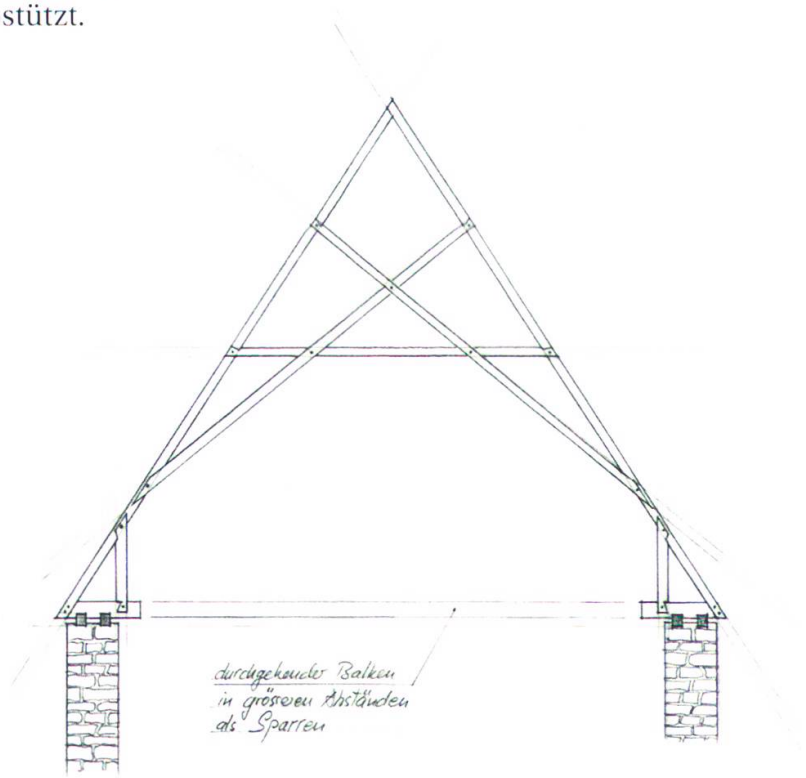


Abb. 5: Dach mit gekreuzten Streben ohne Binder und Rähm (Predigerkirche Zürich, frühes 14. Jahrhundert).

Im 18. Jahrhundert spielen ähnliche Konstruktionen im englischen Holzbrückenbau eine wichtige Rolle (Westminster Bridge, London 1737–1746, «Mathematical Bridge», Cambridge 1749). Bestimmt waren die Brüder Grubenmann mit den gotischen Vorbildern vertraut, vielleicht kannten sie auch die englischen Brücken aus Publikationen (Abb. 6).

Bei einer Dachkonstruktion aus gekreuzten Streben lässt sich die gewölbte Decke direkt an die umhüllenden Streben befestigen (Abb. 7). Voraussetzung für die günstige Wirkung dieser Konstruktion ist allerdings die bereits erwähnte Unverrückbarkeit der Widerlager gegen horizontale Kräfte. Solange diese Voraussetzung erfüllt ist, ergeben sich geringe Spannungen und geringe Verformungen in der Dachkonstruktion.

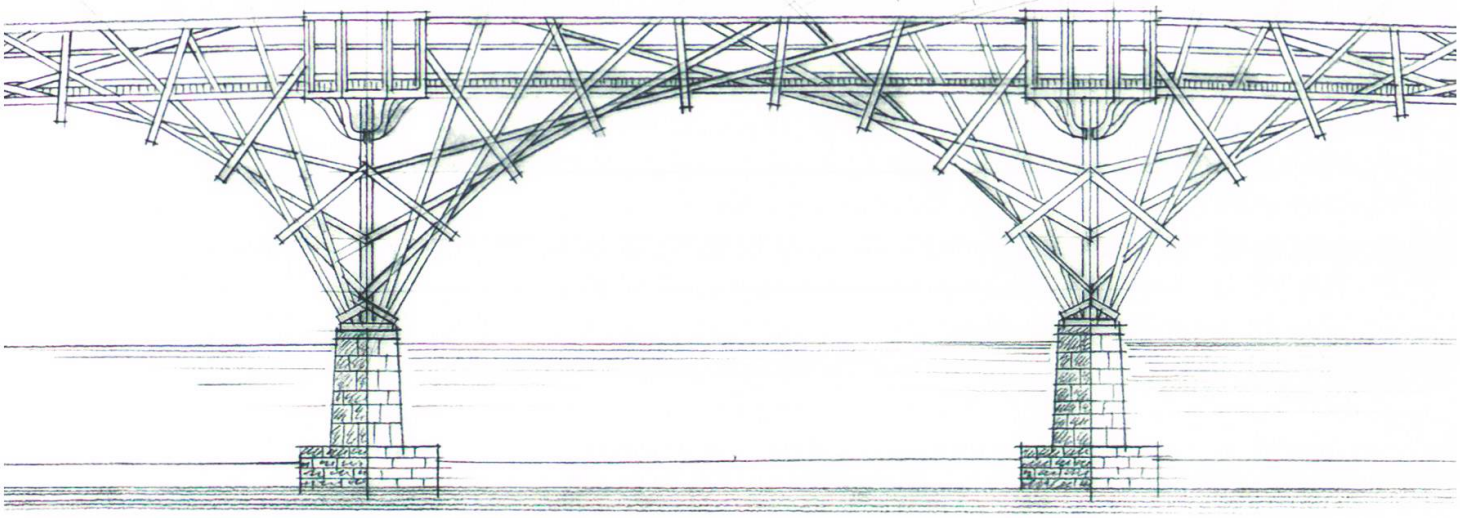


Abb. 6: James King: Entwurf einer hölzernen Westminster Bridge, London (1737).

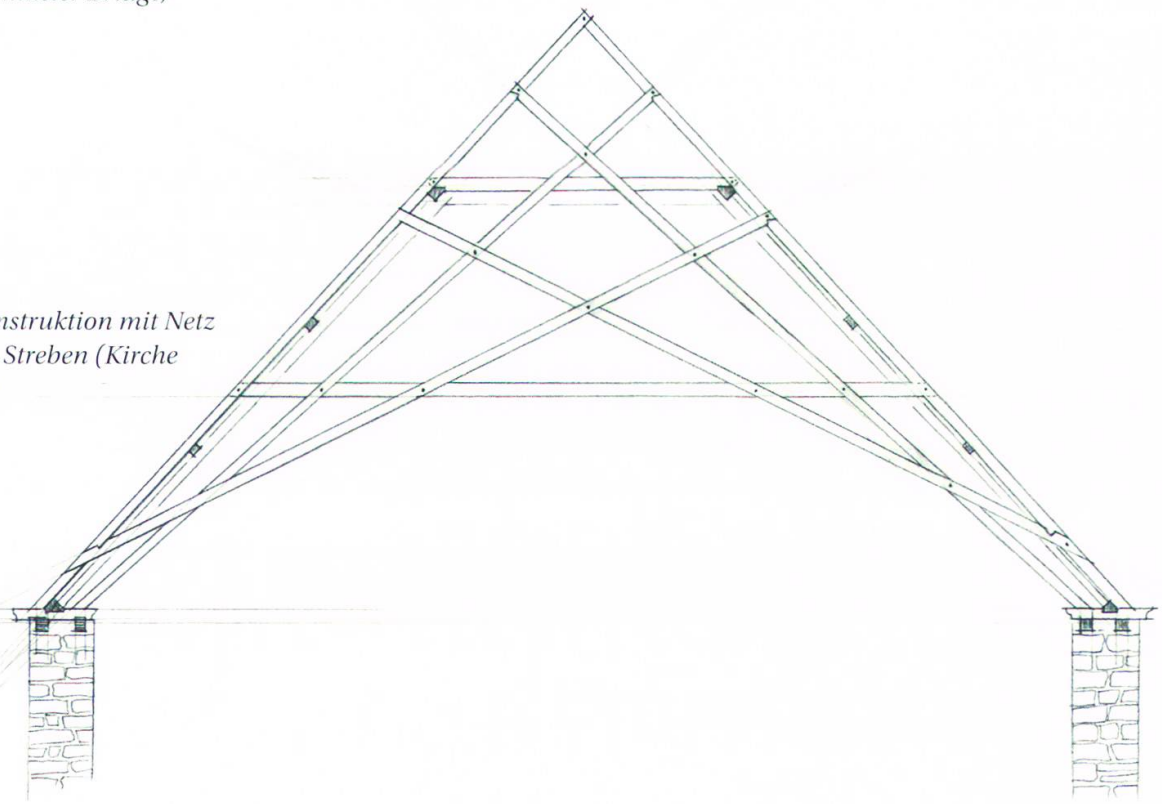


Abb. 7: Dachkonstruktion mit Netz sich kreuzender Streben (Kirche Neukirch 1727).

Folge des Verzichts auf «gotische» Zugbalken

Bei ihren frühen gewölbten Dachkonstruktionen liessen die Brüder Grubenmann die horizontalen «gotischen» Zugbalken weg. Man kann sich vorstellen, dass sie die Kronen der Längsmauern als horizontal unverrückbar betrachteten. Möglich ist, dass sich diese Mauern anfänglich tatsächlich so verhielten. Das oft zu beobachtende, nach aussen gerichtete Überhängen derartiger Längsmauern könnte sich erst im Lauf der Zeit ausgebildet haben, sei es durch Rissbildung in den Mauerwerksfugen oder durch ein allmähliches ungleiches Setzen des Baugrunds mit entsprechendem Verkippen der Fundamente.

Sobald sich die Fusspunkte der Dachtragwerke durch horizontales Verschieben der Mauern auseinander bewegen, verändert sich die Beanspruchung des Dachtragwerks in gravierender Art und Weise. Die ursprünglich auf Druck beanspruchten unteren Streben müssen in diesem Fall das Dach und die Mauern über das Kirchenschiff hinweg zusammenbinden und werden dadurch plötzlich auf Zug beansprucht – statt auf Druck, wie vermutlich gedacht. An den gegenüberliegenden Enden der Streben werden die Sparren nach unten gezogen, statt gestützt – die zuerst beabsichtigte Wirkung verkehrt sich in ihr Gegenteil. Die horizontal laufenden Riegel widerstehen dieser nach unten ziehenden Einwirkung auf die Sparren, sie werden aber dadurch viel stärker gedrückt als im ursprünglichen, unten unverschobenen Zustand. Dass sich die Brüder Grubenmann dieser vom Idealfall stark abweichenden statischen Möglichkeiten durchaus bewusst waren, zeigt die *zugfeste*, schwalbenschwanzförmige Verbindung zwischen Streben und Sparren. Wegen der starken Verbiegungen und lokal hohen Spannungen ist diese Konstruktion für auseinanderdriftende Fusspunkte schlecht gerüstet.

3 In der schweizerischen Bauzeitung vom 21.1.1905, S. 38, wird die 1902 abgebrochene Grubenmannkirche von Weinfelden beschrieben. Der Querschnitt der Dachkonstruktion ähnelt stark demjenigen der Kirche von Neukirch. Das unter dem First verlaufende Hängewerk wurde meines Erachtens später eingezogen.

Ergänzung der gekreuzten Streben mit vertikalem Pfosten

Die Brüder Grubenmann müssen dies nach dem Bau der Kirchen in Weinfelden[3] (1726) und Neukirch (1727) auch festgestellt haben (Abb. 8). In den folgenden Dachtragwerken von Häggenschwil (1728) und Eggersriet (1738) werden deshalb die gekreuzten Streben mit einem vertikalen Pfosten ergänzt. In Häggenschwil «schwebt» dieser noch zwischen den Riegeln, in Eggersriet läuft er bis zum Knotenpunkt der Sparren im Dachfirst durch (Abb. 9). Damit werden Verbiegungen der Sparren im oberen Dachteil vermieden; die prekären Verhältnisse bei den Fusspunkten bleiben jedoch noch unverändert.

Abb. 8: Verformungen des Dachtragwerks der Kirche Neukirch unter Eigenlast und Schnee.

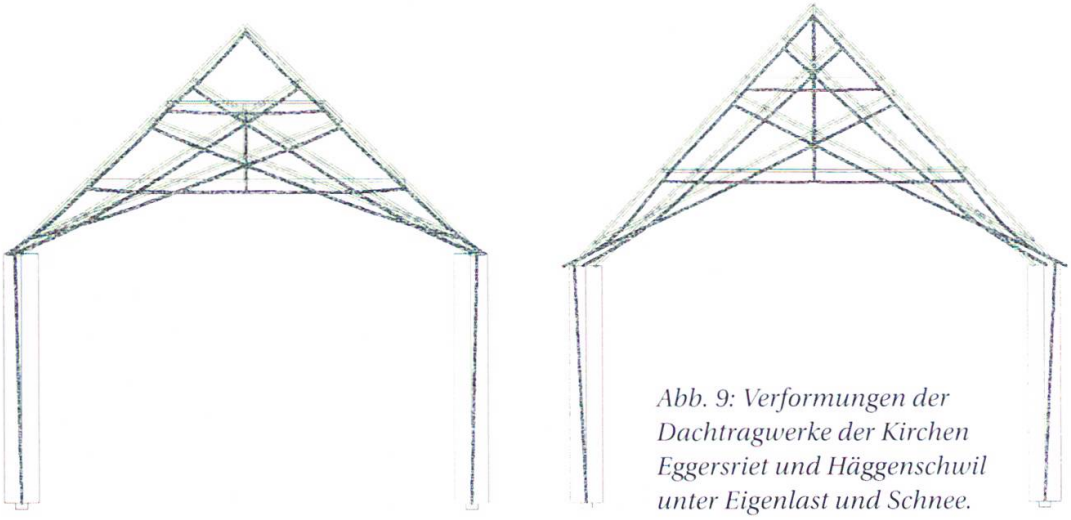


Abb. 9: Verformungen der Dachtragwerke der Kirchen Eggersriet und Häggenschwil unter Eigenlast und Schnee.

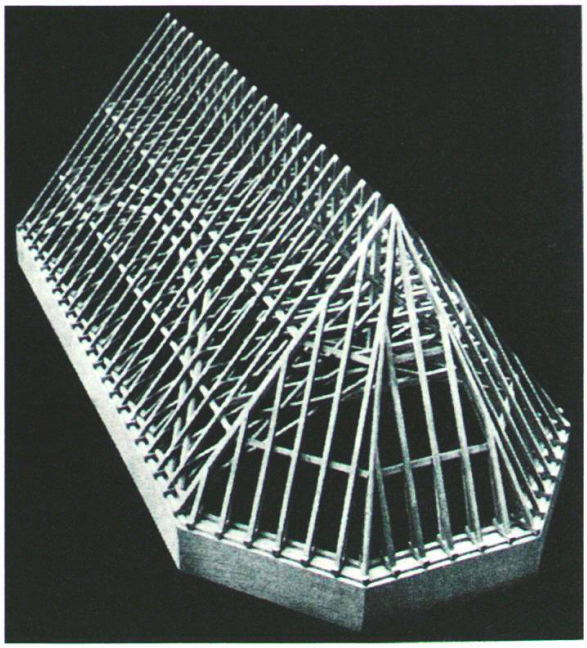


Abb. 10: Typisches Verformungsbild einer Kirchenwand: nachgiebige Wand, steife Ecken (Grub AR 2002).

Abb. 11: Der Bogen macht aus der Dachfläche eine steife Scheibe (Ebnat 1762).

Die Dachfläche als steife Scheibe

Als nächster Schritt folgt ein *grundsätzlich neues Konzept*, nämlich die *Ausbildung der schrägen Dachfläche als steife Scheibe*. Meines Wissens ist dies eine Erfindung der Brüder Grubenmann. Ausgangspunkt dieser Erfindung ist die Beobachtung, dass sich die Ecken der Kirchenschiffmauern nicht nach aussen bewegen und daher als Auflager unnachgiebiger sind als die übrige Wand (Abb. 10).

Eine steife Dachfläche, die sich auf diese Ecken stützt, kann die zwischen diesen Ecken liegenden Mauerteile nicht mehr nach aussen schieben. Ansatzweise helfen dazu schon die leicht asymmetrischen Verstrebungen der Dachflächen von Häggenschwil und Stein AR (1749). Wesentlich leistungsfähiger sind aber von Ecke zu Ecke durchgehende Bogen (oder «Stabpolygone») in der Dachfläche. Diese treffen wir zum ersten Mal noch in sehr gedrückter Form im Dach der Kirche Schwanden GL (1753), dann eher parabolisch geformt in Oberrieden (1761) und Ebnat (1762) (Abb. 11).

Wenn nun diese Bogen den gesamten seitlichen «Gewölbeschub» der Dachkonstruktion aufnehmen müssten, ergäben sich darin Kräfte in der Grössenordnung zwischen 10 und 20 Tonnen. Diese Kräfte zu übertragen und sie über den Gebäudeecken zu verankern – sei es in durchgehenden Schwellen oder durch eine Verzahnung mit dem darunterliegenden Mauerwerk – wäre ein grosser Kraftakt. Auch sind die Hölzer dieser Bogen *zwischen* die Binder gesetzt und erzeugen deshalb in den Binderstreben Querdruckspannungen. Die Nachgiebigkeit des Holzes auf Querdruck macht diese Bogen relativ weich, sodass sie

schon aus diesem Grund nicht den vollen Schub aufnehmen können und somit die Mauern nur teilweise entlasten. Der Gewölbeschub der Dachkonstruktion wird somit durch die gemeinsame Wirkung der Dachflächen-Bogen, der zugbeanspruchten Streben und des Kippwiderstands der Längsmauern aufgefangen, und es ist schwierig, die einzelnen Anteile genau zu bestimmen. Dieses gleichzeitige Zusammenwirken verschiedener Tragsysteme ist typisch für Holzkonstruktionen der vorindustriellen Zeit.[4] Erst im 19. Jahrhundert werden die bis heute anerkannten Verfahren der statischen Berechnung entwickelt, die auf ein eindeutiges *statisches System* angewiesen sind, um brauchbare Resultate zu liefern – das neu geprägte Ideal der klaren Konstruktion steht in scharfem Gegensatz zu den *überlagerten* Tragwerken der Grubenmann-Zeit.

4 Siehe dazu: Tom F. Peters: Transitions in Engineering: Guillaume Henri Dufour and the early 19th century cable suspension bridges. Basel 1987.

Dass die Bogen in der Dachfläche für die Brüder Grubenmann eindeutig zum Konzept der gewölbten Dachkonstruktionen gehören und nicht nur eine spezielle Form eines Windverbands sind, zeigt der Vergleich der gleichzeitig entstandenen Dachkonstruktionen der Kirchen von Mollis und Oberrieden. Beim liegenden Stuhl in Mollis sind die Dachflächen mit den althergebrachten gekreuzten Streben stabilisiert, der Dachflächen-Bogen bleibt den gewölbten Konstruktionen wie Oberrieden vorbehalten.

Eine virtuose Anwendung dieses Prinzips der steifen Scheiben sind die freitragenden Emporen der Kirche in Wädenswil, wo Bogen in der Ebene der geneigten Emporen ein Abgleiten der Hölzer (mit)verhindern (Abb. 12).

Die Einführung des Firstträgers

Ein zweites Konzept, um das unbefriedigende Verhalten der frühen gewölbten Konstruktionen zu verbessern, ist das Einführen eines *Firstträgers*. In der Kirche Grub AR (1752) finden wir diesen zum ersten Mal, zehn Jahre später wieder in Brunnadern.

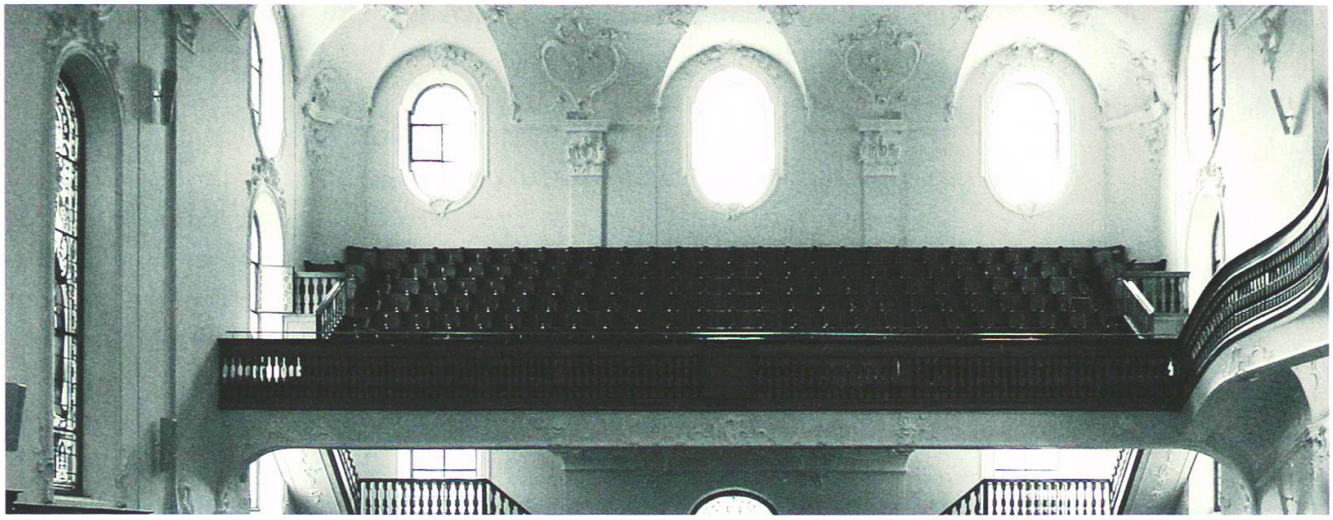
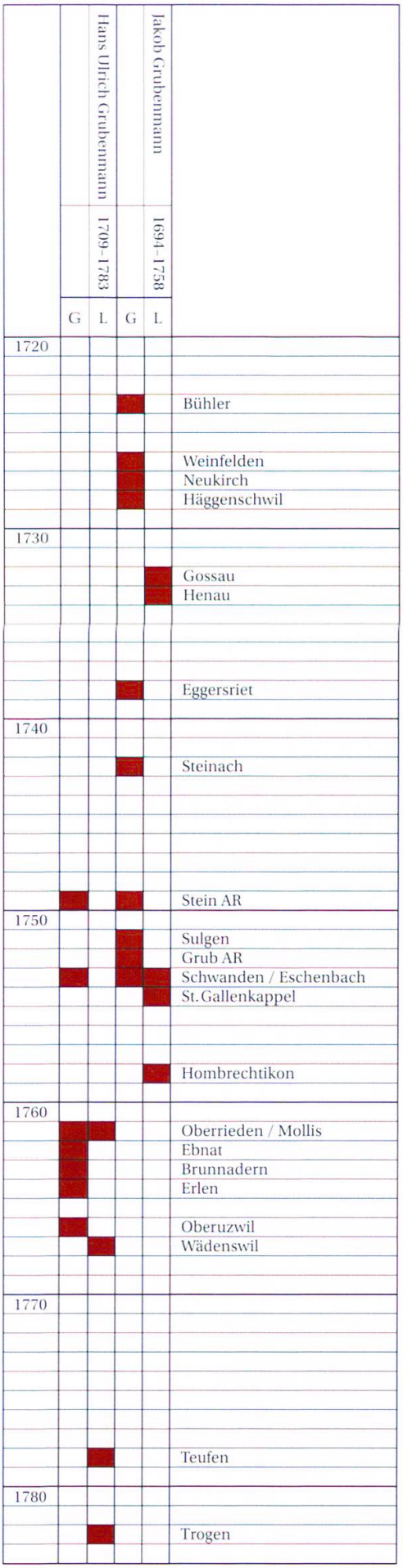


Abb. 12: Freitragende Emporen in der Kirche Wädenswil (1767).



Beide Firstträger sind Stabbogen (Stabpolygone) mit durchgehenden Streckbalken. Die gegen die Viertelspunkte der Spannweite hin aufgefächerten mehrteiligen Polygone in Brunnadern erscheinen wie Vorwegnahmen späterer Darstellungen der grafischen Statik für Drucklinien unter ungleich verteilten Lasten – ein eindrückliches Beispiel, wie genau die Brüder Grubenmann in ihren Alterswerken das Kräftespiel in ihren Tragwerken kannten (Abb. 13). Auch hier sind die Bogen relativ weich und nicht dafür gedacht, die gesamte Last des mittleren Dachteils zu übernehmen, sondern, wie vorher angesprochen, ihre Rolle in einer kombinierten Tragwirkung aus längs- und querorientierten Elementen zu übernehmen.

Abb. 13: Firstträger der Kirche Brunnadern (1763).

Viele Tragwerke der Brüder Grubenmann kann man generell als *Faltwerke* oder *Trägerroste* bezeichnen. Sie nehmen damit verschiedene Konzepte vorweg, die auch für einen heute tätigen Ingenieur aktuell sein können.[5]

5 Die Dachkonstruktion der Mehrzweckhalle Mastrils (1994) als betoniertes Faltwerk aus zwei gegeneinander geneigten Dachscheiben und darin eingelegten bogenförmigen Vorspannkabeln ist eine Umsetzung der Dachkonstruktion von Ebnat auf ein Betontragwerk.

Abb. 14: Zeitliche und persönliche Zuordnung liegender Dachstühle und gewölbter Dachkonstruktionen der Brüder Grubenmann (L: liegender Dachstuhl, G: gewölbte Dachkonstruktion).