

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 115/116 (1940)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Finnische Holzkirchen  
**Autor:** Henniger, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-51175>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 02.10.2025

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



Abb. 3. Holzkirche in Tornio, erbaut 1684/86, gut erhalten



Abb. 4. Kirche Sammatti, 1754 (Verschindelung durch Blech ersetzt)

fall ist ein Schientunnel auch weniger empfindlich gegen Vergasung oder Zerstörung der Lüftungsanlagen, da bei elektrischem Betrieb zeitweise auch ohne künstliche Ventilation gefahren werden kann.

Die Projektverfasser sehen einen Vorzug darin, dass der Autotunnel für freie Durchfahrt gestatte, z. B. mit Lastwagen direkt von Birmingham nach Lyon zu fahren. Es ist doch die Frage, ob es nicht viel wichtiger ist, Eisenbahnwagen ohne Umlad von England z. B. nach Marseille oder Genua rollen lassen zu können oder umgekehrt. Dies umso mehr, als der Lastwagen auch nicht umzuladen, sondern nur in einer dem Tunnel benachbarten Station auf einen Rollschemel und auf der andern Seite wieder davon herunterzufahren braucht.

Aus Automobilistenkreisen sind schon gegen die viel kürzern, in unsern Alpen vorgesehenen Tunnel Bedenken wegen der Fahr-sicherheit in langen Tunneln geäußert worden. Für Tunnel von nur wenigen Kilometern sind zwar diese Bedenken übertrieben,

für einen solchen von über 45 km dagegen sind sie es sicherlich nicht. Man denke an die Erfahrungen auf langen Geraden von Autostrassen! Es ist nicht ausgeschlossen, dass Touristen, nachdem sie durch eine einmalige Durchfahrt ihre Neugierde und Sensationslust befriedigt haben, bei spätern Fahrten vorziehen werden, ihren Wagen, wie früher, per Schiff über den Kanal befördern zu lassen.

«Autotunnel England-Frankreich» klingt recht grosszügig und modern. Praktisch, besonders wirtschaftlich hat aber alles seine vernünftigen Grenzen.

C. Andreae

### Finnische Holzkirchen

Für die Zeit um das Jahr 1000 lassen sich für Europa mit Sicherheit drei Kreise feststellen, die alle in Holz bauten: der Osten mit seinem Blockbau, der Westen mit seinem Fachwerkbau und der Nordseekreis mit seinem Stab- bzw. Mastenbau.

Beim Stabbau wurde der Raumabschluss durch Wände gebildet, die aus lotrecht nebeneinander gestellten Stämmen errichtet waren. Diese Bauweise muss im Gebiet der Nord- und Ostsee weite Verbreitung gehabt haben, wie die Reste der Kirche in Hemsö auf Gotland erweisen, die inzwischen wiederhergestellt wurde. Ein ganz ähnlicher Bau ist am andern Ende des Nordseekreises in der Kirche von Greenstead in Essex erhalten geblieben. Während beim Stabbau das Dach von den Wänden getragen wird, sind diese bei den Mastenkirchen nur Raumbegrenzung, da die gesamte Dachlast von den Ständern aufgenommen wird, die mastengleich im Innern aufgestellt und mit den Aussenwänden nur durch Streben verbunden sind. Der Mastenbau ist vor allem in Norwegen heimisch und wahrscheinlich in seinen Anfängen von Schiffbaumeistern geschaffen. Auch die Drachenköpfe an den Giebeln weisen auf den Schiffbau als Ausgangspunkt zurück. Als Vertreter des Haupttypus mit zwölf Masten sei die Kirche von Borgund erwähnt, die um 1150 entstand.

Das Fachwerk ist kennzeichnend für die Gebiete, in denen das Holz sparsam geworden war oder die zur Verfügung stehenden Arten sich nicht für den reinen Holzbau eigneten. Schon die Römer kannten den Fachwerkbau, Vitruv tadelt ihn als feuergefährlich. Im Kirchenbau können wir das Fachwerk in ganz Norddeutschland nachweisen.



Abb. 6. Altfinnische Kreuzkirche in Antrea (hierzu Abb. 5) Heute in russisch-bolschewistischem Besitz!

Als Grenze für die Blockbauweise nach Westen nimmt Strzygowski die Linie von der tiefsten Einbuchtung der Adria bis hinauf etwa nach Rügen an. Wie weit sich die Verbreitung nach Osten ausdehnte, ist schwer zu sagen. Doch wird der Blockbau ursprünglich ganz Osteuropa und Armenien bis zum Pamir und Hindukusch umfasst haben. Noch heute ist er von Finnland bis in den Balkan hinein heimisch und war es schon zu einer Zeit, von der allein römische Schriftsteller uns Nachricht hinterliessen. Die Baugesinnung dieses ganzen Gebietes ist durch die Blockbauweise, d. h. die Bildung der Wände aus waagerechten Hölzern, geprägt.

So mannigfaltig sich die europäischen Blockkirchen im einzelnen darstellen, zeigen sie doch in ihren Grundzügen tiefe und wesentliche Uebereinstimmung. Gemeinsam in unverkennbarer Deutlichkeit von der römischen Basilika unterschieden, lassen sie sich gegeneinander nicht leicht abgrenzen. Es ist, als wäre ihr Ursprung ein gemeinsamer, die Rechteckform des Nordens durch die Tradition des nordischen Kult- und Hallenbaues beeinflusst, während im Osten das auf den altslawischen Feuertempel zurückführende Quadrat als Einheitszelle beibehalten wurde. Es liegt in der Natur des Holzes begründet, dass das Quadrat am Anfang des Blockbaues steht: Je mehr sich der Grundriss vom Quadrat entfernte, umso grösser wurden die Schwierigkeiten bei der Herstellung von Längsverbänden. Einen Ausweg suchte man durch den Uebergang zum Kreuzbau zu finden.

Als hauptsächlichste Leitgestalten dieser Bauweise müssen wir die aus drei Quadraten zusammengesetzten Längskirchen und die aus fünf Quadraten bestehenden Kreuzkirchen unterscheiden, von denen der in Russland sonst noch vorkommende Vierstützenbau zu trennen ist, da er nicht durch eine Aneinanderreihung einzelner Räume entstanden ist, sondern von vornherein eine Einheit bildet. Weitere Eigenheiten mögen sich aus der Verschiedenartigkeit der Religionen entwickelt haben, wie z. B. die Bilderwand (Ikonostasis) russischer Kirchen, die den Altarraum vom Gemeindehaus trennt. Sie ist ein untrügliches Kennzeichen, nach dem wir in Grenzgebieten sofort die Zugehörigkeit zum orthodoxen Glauben bestimmen können. Die drei Türen dieser Wand sind nur durch Vorhänge geschlossen. Durch die mittlere, die sog. Zarentür, darf seit 1551 nur der Priester schrei-



Abb. 7. Klassizistische Holzkirche in Jisalmi, Finnland

ten, während die beiden Nebentüren der Umwandlung des Altars durch die Gemeinde dienen.

Die finnischen Holzkirchen gehören ohne Ausnahme dem Typus der Blockkirche mit Sparrendach an, jener Mischform von west- und osteuropäischer Bauweise, die sich auch bei den zur römischen Kirche bekehrten Westslawen findet, wogegen bei den orthodoxen Slawen auch das Dach aus liegenden Stämmen gebildet wird. Der Zusammenhang mit den schwedischen Holzkirchen ist nicht zu verkennen, doch nehmen selbst schwedische Forscher, wie Erixon, den Weg des Blockbaues vom Osten über Finnland nach Schweden als wahrscheinlich an. Die Zwiebelkuppel russischer Kirchen, die in Schweden nicht selten vorkommt, tritt in Finnland nur vereinzelt in Erscheinung.

Die ältesten finnischen Holzbauten sind die Langkirchen mit spitzem Turm oder Dachreiter, der oft den einzigen äusseren Schmuck des Gotteshauses bildet. Sie stammen noch aus der Zeit, in der die Bauern, die einst zum Kirchenbau zusammentraten, sich damit begnügten, ein festes Haus mit einem grossen Predigtsaal und einem sicheren Dach darüber zu besitzen. So taten sie nur das Notwendigste mit den einfachsten Mitteln (Abb. 1 und 2). In der Schlichtheit der äusseren Erscheinung, in der Klarheit des Grundrisses und der Bodenständigkeit heimatlicher Bauweise, mit der die Erbauer ihre Achtung vor der umgebenden Natur bezeugten, liegt es begründet, dass sich diese Gotteshäuser so harmonisch dem Landschaftsbild einfügen. Einst aus der Not geboren, wurden sie später zu Gipfelpunkten ländlicher Baukunst, die uns in ihrer Unbewusstheit einen klaren Begriff von der Eigenart früher finnischer Holzarchitektur vermitteln.

Die Glockentürme stehen in der Regel isoliert (Abb. 3 bis 5, 7 und 8). Dies gibt den finnischen wie allen nordischen Holzkirchen ihr charakteristisches Gepräge. Am rassisten sind die Türme dort, wo die Formen noch ganz dem Holzbau entwachsen sind; aber auch die barocken Hauben mit den weich geschwungenen Dächern und die klassizistischen Lösungen wirken in ihrer Art reizvoll und nicht einer gewissen Strenge entgehend. Ihre isolierte Stellung dürfte auf die Feuergefahr und die Besorgnis, das Schwingen der Glocken möchte die übrige Konstruktion gefährden, zurückzuführen sein. Die Bauweise bringt einen gewissen Zusammenhang mit den hölzernen Wehrtürmen zum Ausdruck, wie ein Vergleich mit Abbildungen der ganz aus Holz errichteten Burg zu Leobschütz erkennen lässt. Die eigenwillige Stellung weckt Erinnerungen an die norwegischen Anlagen und lässt ihren gemein-

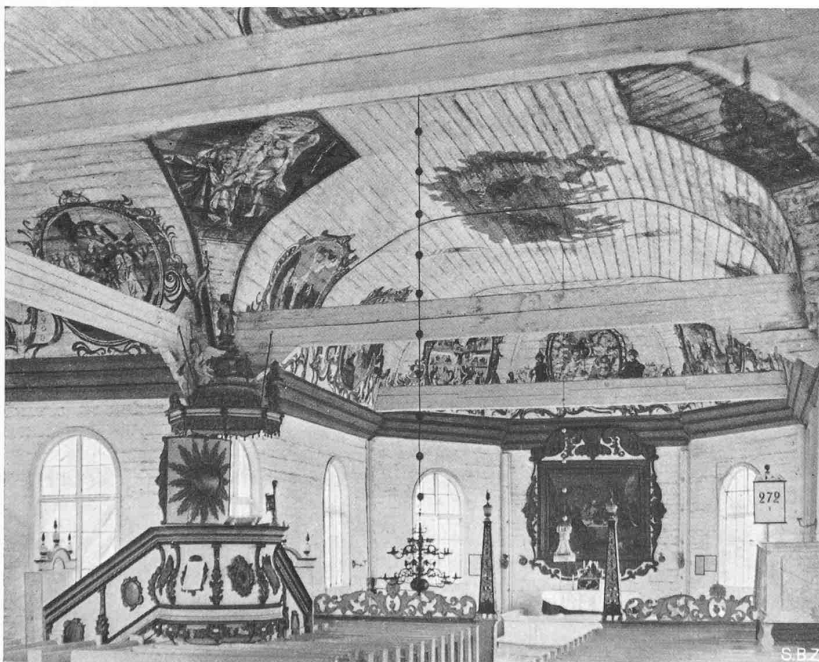


Abb. 9. Hölzerne Kreuzkirche Paltamo, erbaut 1726, ausgemalt 1780 mit reichgeschnitzter Chorschranke



Abb. 8. Finnische Holzkirche in der Provinz Ostrobothnien, erbaut 1822

samen Ursprung in nordischer Tradition suchen. Die Glockentürme sind aufschlussreich dafür, dass auch der Ständerbau den finnischen Zimmerleuten geläufig war. Wenn sie sich seiner sonst im Kirchenbau nicht bedienten, müssen wir den Grund darin sehen, dass die Blockwände wärmehaltiger sind, was für die Glockentürme jedoch bedeutungslos war.

Im grossen Gebiet des Holzkirchenbaues nehmen die finnischen Gotteshäuser eine Sonderstellung ein, da sie den Einfluss der Holzbauweise auf die Kirchenbaukunst des Abendlandes und vor allem auf die Entwicklung des Barocks im Norden deutlich erkennen lassen. So müssen wir z. B. nach Finnland gehen, wenn wir zeigen wollen, dass die Steinschranken des Südens schon lange vorher im Norden in Holz da waren; denn in ganz Finnland lassen sich noch heute Reste des alten Brauchs nachweisen, das Kirchenschiff durch Schranken in einen Altar- und einen Gemeinderaum zu trennen, wie wir es in ähnlicher Weise auch bei den orthodoxen Bauten sahen.

Sehr gut erhaltene Einrichtungen dieser Art befinden sich in Paltamo und Tornea, wo die obeliskentartigen Pfeiler zur Betonung des Eingangs durch kostbare Schnitzarbeiten verziert sind (Abb. 9). Ein noch älteres vorzügliches Beispiel ist in Hailuoto an der finnischen Westküste zu sehen. Die aus dem Jahre 1667 stammende Kirche in Pyhamaa (Abb. 10) zeigt unter einer flachen Tonnendecke eine vollständige Trennwand aus liegenden Stämmen, nur von gedrehten Stäben, die den Deckenbalken aufnehmen, durchbrochen. (Hier dürfte es sich um eine Zwischenform von Ikonostasis und Chorschranke handeln.) Selbst hoch oben in Lappland finden wir Holzkirchen mit Chorschranken, die sich durch volkstümliche Giebelbemalung auszeichnen.

Auch die Kreuzform des Grundrisses, die seit dem 18. Jahrhundert im christlichen Kirchenbau vorherrscht, ist nicht erst durch das Drängen des Protestantismus zur Predigtkirche entstanden, sie ist ein Typ, der im Osten vom reinen Blockbau seinen Ausgang nahm und eine ausgeprägte Endform darstellt, deren

Entwicklung sich in Finnland geschlossen nachweisen lässt. Der Einfluss auf die Zentralbauten in Stein ist unverkennbar. Die Vermutung liegt nahe, auch den Ursprung des Kuppelquadrats in der Holzbauweise zu suchen, denn die Neigung zur Wölbung liegt zutiefst im Wesen des Blockbaues begründet. Die ältesten erhaltenen finnischen Holzkirchen tragen alle Tonnendecken. Aus der Durchdringung der Gewölbe über den Kreuzarmen bildete sich zwangsläufig das Kreuzgewölbe, das in unzähligen Variationen vorkommt. Sobald nun die Ecken unter  $45^\circ$  abgeschrägt wurden, ergab sich die Anwendung von Diagonalgurten, die die einzelnen Gewölbe voneinander trennten oder zur Kuppelbildung führten, mit der für Finnland so charakteristischen flachen Mitte. Fast alle Gewölbe sind durch Verschalung gebildet; doch treffen wir vereinzelt auch Blockkirchen, in die Tonnen aus vollen Stämmen eingehängt sind. Am häufigsten kommt die Kreuzkirche ohne aussen sichtbare Kuppel vor. Den Scheitelpunkt schmückt ein einfacher Dachreiter oder eine Laterne (vgl. z. B. Abb. 6).

Oft ist durch hellen Anstrich ein frischer farbiger Klang in die sonst so stille nordische Landschaft getragen, was besonders verständlich wird, wenn wir an den unendlich langen, lichtarmen finnischen Winter denken. Gotteshaus und Glockenstuhl heben sich dadurch ebenso romantisch ab gegen den rötlich verblässenden Abendhimmel, wie gegen hartgraue und wildgezackte Wolkenwände, während die weiche und zitternde Wasserspiegelung in den Seen die Wucht der Baumassen ins Unwirkliche steigert (Abb. 8).

Im Gegensatz zu der strengen Sparsamkeit an Schmuck, die sich im Aeusseren kundtut, steht das Innere, wo selbst nach der Reformation die Bildfröhlichkeit nicht abreisst und die lebendige Kraft starker bäuerlicher Volkskunst weiter Bestand hat. Fast überall ist die Farbe meisterlich angewandt. Ueber dem Fussboden ist alles hell getönt. Nur konstruktive Glieder sind dunkler. Das Licht flutet durch die grossen Fenster auf die Plätze der Gemeinde und bezeichnet deutlich und klar die Kanzel an der nord-östlichen Ecke der Vierung und den Altar in der Hauptaxe.

Allein aus der Klarheit von Farben und Formen ist hier eine räumliche Stimmung erwachsen, die jeden Beschauer in ihren Bann zwingt und das Wesen des Protestantismus so eindeutig spiegelt, dass wir die finnischen Holzkirchen in ihrer voll-



Abb. 10. Hölzerne Chorschranke der Kirche in Pyhamaa (vgl. Abb. 1) Eine der ältesten finnischen Holzkirchen

kommenen Uebereinstimmung von geistiger Idee und baulicher Gestaltung als richtungweisend bezeichnen können.

Wenn wir die Ursachen erörtern wollen, die den Verfall finnischer Handwerkskunst verhinderten, während in andern Ländern, wie z. B. in Deutschland, die bodenständigen Bauweisen im 18. und 19. Jahrhundert immer mehr in Vergessenheit gerieten, so müssen wir den Grund hierfür in der Umwandlung Deutschlands vom Agrarstaat zum Industriestaat suchen, während in Finnland heute noch rd. 60% der Bevölkerung vom Ackerbau leben. Die Vorliebe für den Holzbau als eine echt nordische Bauweise ist noch heute im ganzen finnischen Volke lebendig. Die Nadelholzwälder spenden ihre Stämme immer noch in solchem Ueberfluss, dass bis in unsere Zeit hinein der Blockbau auf dem Lande vorherrscht.

Hans Henniger

### Schwingungsmessungen an gemauerten Glockentürmen

Basler Münster, Kirche Enge und Predigerkirche in Zürich  
 Von Prof. Dr. M. ROŠ, Direktionspräsident der E. M. P. A., Zürich

Aus den Ergebnissen der Schwingungsmessungen an den in Naturstein-Mauerwerk erbauten Glockentürmen des Münsters in Basel<sup>1)</sup> — 1926 und 1935 — (Abb. 1), der Enge-Kirche in Zürich<sup>2)</sup> — 1894 und 1926 — (Abb. 2), sowie der Predigerkirche in Zürich<sup>3)</sup> 1928/1929 (Abb. 3) lassen sich nachfolgende für die Praxis wertvolle Schlüsse ziehen:

1. Als kritisches Verhältnis der Schwingungszeiten der Glocken zur Schwingungszeit der Türme ist dasjenige von 3:1 zu betrachten. Dieses kritische Verhältnis ist durch geeignete Wahl der Abmessungen des Turmes und seines elastischen Verhaltens einerseits, sowie der Glocken, deren Aufhängung und Schwingungszeiten andererseits tunlichst zu meiden, um starken Resonanzerscheinungen von waagrechten Bewegungen vorzubeugen. Sollen daher starke Turmschwingungen vermieden werden, so darf die Glocken-Schwingungszeit weder mit der transversalen Grundschwingung des Turmes übereinstimmen, noch im Verhältnis von 3:1 (Normalfall) oder 5:1 (Ausnahmefall) stehen.

Die Schwingungsdiagramme lassen neben der Grundschiwingung auch die Oberschwingungen — in der Regel den dritten Oberton — deutlich erkennen (Abb. 4).

2. Durch geeignete Wahl der Höhe der Glocken-Auflagerung lassen sich die Fliehkräfte und damit auch die auf die Lager der Glockenaufhängungen wirkenden waagrechten Kräfte<sup>4)</sup>, die die waagrechten Bewegungen erzeugen und die Schwingungen wach rufen, bedeutend vermindern, ohne oder ohne wesentliche Beeinflussung der Schwingungszeiten der Glocken und damit ohne Störung der Tonhöhe (Grundschwingung) und Klangfarbe (Oberschwingungen). Als wirksamste Massnahme zur Verminderung starker Turmschwingungen erweist sich die geeignet gewählte, tiefe Glockenlagerung zur Herabsetzung der Fliehkräfte, wie in Basel. Sie ist einfacher als die anderen zwei Möglichkeiten: Erhöhung der Steifigkeit des Turmes oder Federzapfenlagerung der Glockenaufhängungen zur Veränderung der Schwingungszeiten der Glocken.

3. Zuzufolge störender Einflüsse, die von der Verschiedenheit der schwingenden Glocken herrühren, sowie infolge der Hysterese des Spannungs-Verformungsverlaufes von Mauerwerkskörpern, derzufolge sich auch der Elastizitätsmodul und damit die Eigenschwingungszeit des Turmes verändern, stellen sich selbsttätige Dämpfungserscheinungen ein, die nachteiligen Folgen einer starken Interferenz und damit unzulässig hohen Beanspruchungen des Turmmauerwerkes vorbeugen.

4. Die infolge der Glockenschwingungen verursachten waagrechten Turmbewegungen in der Grössenordnung von  $\pm 5$  mm — Schwingungsamplitude der Turmspitze 10 mm — und dadurch wachgerufenen Mauerwerk-Spannungen, deren rascher Wechsel sich über die Grundspannungen aus Eigenlast überlagert, dürfen bei einem gesunden Mauerwerk und Verhältnissen, ähnlich den vorliegenden, als ohne nachteilige Folgen für die Festigkeit, Ermüdung und Stabilität der Türme gewertet werden.

5. Die Transversalschwingungen des Turmes, in Gemeinschaft mit den mitbedingten Neigungs- und Vertikal-Schwingungen,

<sup>1)</sup> M. Ros: Die Schwingungen der Glockentürme des Münsters in Basel sowie der Enge-Kirche und Predigerkirche in Zürich. Bericht Nr. 127 der E. M. P. A., Zürich, April 1940.

<sup>2)</sup> W. Ritter: Die Schwingungen des neuen Kirchturms in Enge. «SBZ» Bd. 29, S. 42\* (1897).

<sup>3)</sup> P. König: Schwingungs- und Erschütterungsmessungen mit dem transportablen Universaleismographen. Promotionsarbeit E. T. H., Nr. 601, Zürich 1930. Ferner in «SBZ» Bd. 100, S. 195\*.

<sup>4)</sup> Vergl. G. Schneider: Ueber Lagerdrücke schwingender Glocken. «SBZ» Bd. 110, S. 241\*.

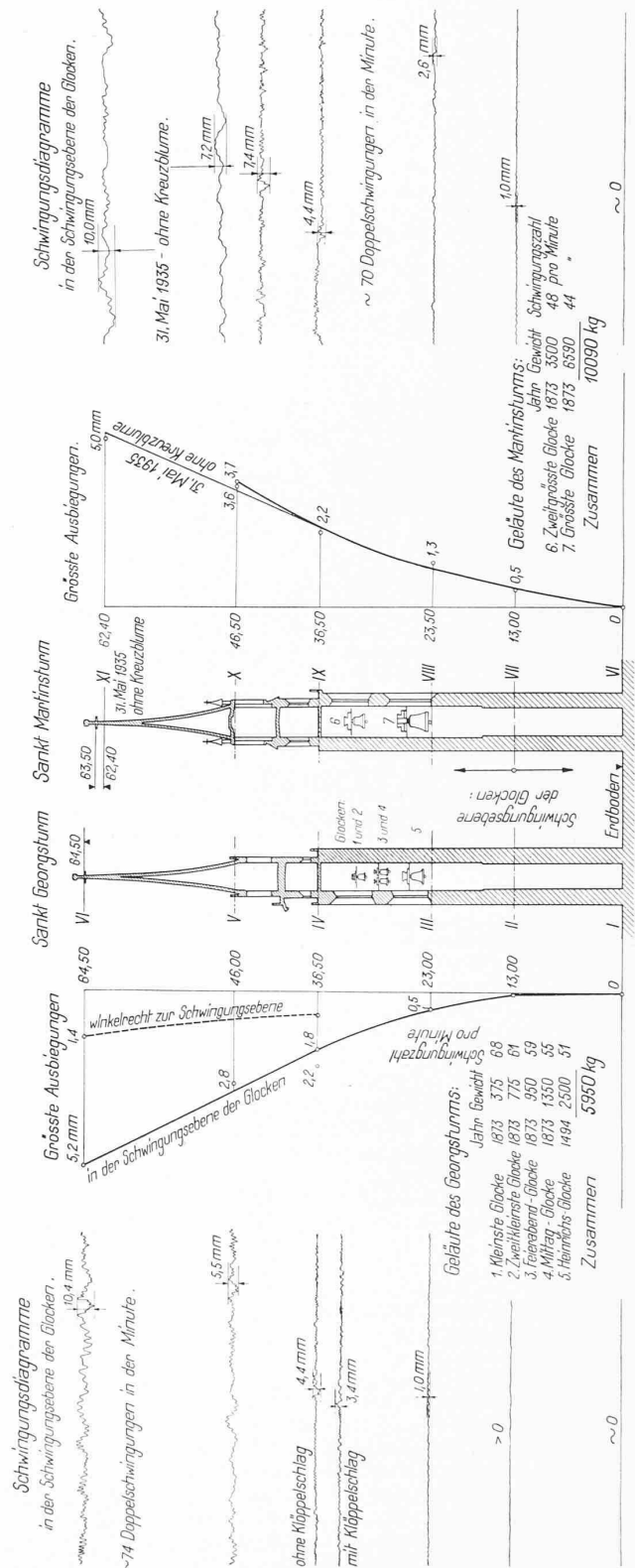


Abb. 1. Schwingungen der Glockentürme des Münsters in Basel bei vollem Geläute. Versuche von Prof. M. Ros 1926 und 1935 mit Schwingungszeichner Fraenkel-Leuner. Sandstein von Howingen, Wiesental. Elastizitätsmodul des Mauerwerkes  $E \approx 56500$  kg/cm<sup>2</sup>

wirken sich auf die Fundamente und den Boden aus und regen auch die anschliessenden Gebäude zu Schwingungen an, deren Intensität mit der Entfernung vom Herd, dem schwingenden Turm, abnimmt (vgl. P. König in Bd. 100, S. 197, Abb. 5 u. 6).

6. Für die Praxis wertvoll ist die aus Schwingungsmessungen ermittelbare Feststellung der Schwingungszeiten der einzelnen Glocken und der Eigenschwingungszeit des Turmes. Letzgenannte kann am einfachsten direkt aus den Schwingungsdiagrammen



Abb. 1. Aeltester Typ finnischer Holzkirchen, Pyhamaa. Vgl. Innenbild Abb. 10 auf S. 221. — Photos zu Abb. 1, 2, 5, 6, 9 und 10 von Finnlands Nationalmuseum; die übrigen Copyright Suomen-Matkut, Helsinki

die Innentemperatur des Tunnels, die etwa  $7^{\circ}$  sein dürfte, ansteigt. Selbstverständlich sind die in Autotunneln üblichen Ausrüstungen wie Beleuchtung, Mess- und Signalinstrumente, Feuerlösch-einrichtungen usw. vorgesehen; dazu Rohrpost-einrichtungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

Was die Bauausführung anbelangt, so sollen nach Angabe des Berichtverfassers die geologischen Verhältnisse von den frühern Projektstudien her vollständig abgeklärt sein. Auf Grund derselben wird erwartet, dass die Schwierigkeiten der Ausführung geringer sein werden als bei den meisten der ausgeführten, grossen Tunnel. Gestützt auf die im Jahre 1882 in den beiden Versuchstrecken mit den Rotations-exkavatoren System Beaumont erzielten Leistungen, wird mit einem Stollenfortschritt von etwa 50 m/Tag gerechnet (!). Erst soll ein Richtstollen von 3 m Durchmesser vorgetrieben werden, dem Vollausschub und Mauerung (Betonierung) folgen, und von dem aus alle Km durch einen Querschlag auch der Paralleltunnel in Angriff genommen werden soll; über die Ausführung der Lüftungsstollen wird nichts gesagt. Ausbruchmengen, wie sie hier in Betracht kommen, im vorgesehenen Bautempo zu fördern, ist natürlich ein Problem für sich. Die Projektverfasser nehmen an, dass das Material an Ort und Stelle zerkleinert und in Holzkanälen abgeschlämmt werden könnte. Ueber die Förderung des Mauerungs- bzw. Betonmaterials ist nichts gesagt. — Die Baukosten sind zu 4 Milliarden franz. Fr. geschätzt.

Für Einzelheiten, besonders solche der Lüftung, wird auf eine in Aussicht gestellte Broschüre verwiesen, die jedoch bis dahin nicht erhältlich war.

Das Projekt ist vorläufig nur generell und wird durch die erwähnte Studiengesellschaft wohl noch Aenderungen erfahren. Auf die Beurteilung der bautechnischen Einzelheiten muss hier verzichtet werden, da hierfür eine genauere Kenntnis der örtlichen Verhältnisse und des vorhandenen Studienmaterials erforderlich wäre. Nur zu dem erwarteten Baufortschritt und der für das Ausbruchmaterial vorgeschlagenen Förderart sei im Vorbeigehen ein Fragezeichen gesetzt. Zur Beurteilung der Einzelheiten der Lüftungsanlage muss die erwähnte Broschüre abgewartet werden. Immerhin sei auf die auffallend geringe Luftmenge hingewiesen, die für die Ventilation vorgesehen ist. Legt man deren Berechnung nur eine so geringe, von jedem Wagen entwickelte CO-Menge zu Grunde, wie sie für den Mersey-tunnel angenommen wurde, nämlich nur  $0,042 \text{ m}^3$  per Wagen in der Minute, so entwickeln 400 Wagen  $0,28 \text{ m}^3$  CO in der Sekunde. Für eine zulässige Konzentration von  $2,5:10\,000$  (vgl. «SBZ» Bd. 114, Seite 2), was für einen so langen Tunnel schon recht hoch ist, sind hierfür  $1120 \text{ m}^3/\text{s}$  oder rund 4 Millionen  $\text{m}^3$  pro Stunde Frischluft erforderlich und nicht  $950\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Für CO-Mengen, wie sie im Gutachten der Experten des Eidg. Oberbauinspektorates («SBZ» Bd. 114, Seite 1) angenommen wurden, wäre die erforderliche Luftmenge noch weit grösser. In einem so langen Tunnel sind vorsichtige Annahmen erst recht am Platze.

Die wichtigste Frage, die gestellt werden muss, ist jedoch die, ob grundsätzlich so lange Tunnel, die, wie der Aermelkanal, der Bosphorus- oder der Gibraltar-tunnel, die einzige Landverbindung zwischen Ländern und sogar Kontinenten bilden sollen, als Autotunnel für freie Durchfahrt zu projektieren sind, statt als Schienen- d. h. Eisenbahntunnel. Im bereits erwähnten Gutachten berechneten die Experten des Eidg. Oberbauinspektorates, dass die Bau- und Betriebskosten eines Tunnels für freie Durchfahrt



Abb. 5. Alte Holzkirche in Kristinestad, Finnland

bei Längen über 7 km höher würden als die eines Tunnels für elektrische Förderung auf Schienen. Bei einem so langen Tunnel, bei dem Zwischenschächte für die Lüftung ausgeschlossen und für die Luftzu- und -abfuhr eigene Stollen mit grossem Querschnitt notwendig sind (deren Ausführung schätzungsweise so viel kosten würde wie die des Tunnels selbst, vielleicht sogar noch mehr) ist dies erst recht der Fall. Das Anlagekapital muss für den freien Autotunnel selbst dann erheblich grösser werden als für den Eisenbahntunnel, wenn für diesen aus örtlichen oder Betriebsgründen das alte Längenprofil mit Entwässerungsstollen in Betracht käme, was nicht ohne weiteres anzunehmen ist. *Ein Eisenbahntunnel ist da ohne Frage wirtschaftlicher.* Die erwähnten Experten hatten allerdings für den Schientunnel eine kleinere Leistungsfähigkeit errechnet. Dies hing jedoch damit zusammen, dass im Gebirge ohne prohibitive Kosten nur beschränkte Verschiebe- und Verladeanlagen errichtet werden können. In der Ebene, besonders wenn der Tunnel auf beiden Seiten an bestehende Bahnnetze angeschlossen ist, liegen die Verhältnisse ganz anders. Das Verladen und Bilden der Züge braucht da gar nicht erst in unmittelbarer Nähe des Tunnels zu erfolgen. Auch die Frage des grossen, bei einem Alpentunnel den grössten Teil der Zeit brach liegenden Rollmaterials — Lokomotiven und Rollschemel — stellt sich hier ganz anders.

Durch Blockstationen im Tunnel kann die Zugsfolge entsprechend erhöht werden. Die von den Projektverfassern vorgesehenen Strassentunnelprofile gestatten übrigens — ohne Vergrösserung — eine viergeleisige Anlage. Will man sich, wie in frühern Projekten, mit zwei Geleisen begnügen, d. h. mit zwei eingelegigten Paralleltunneln, so wird die Einsparung an Anlagekapital noch grösser. Die Lüftung eines elektrisch betriebenen Eisenbahntunnels ist einfach und erfordert keine besonderen Stollen. Im Kriegs-



Abb. 5. Glockentürmchen in Antrea. Heute in russischen Händen