

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111/112 (1938)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Neue reformierte Kirche Zürich-Wollishofen: Arch. W. Henauer & E. Witschi, Zürich  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-49751>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

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



Abb. 3. Blick von Süden auf Wohnhäuser und Kirche mit Glockenturm

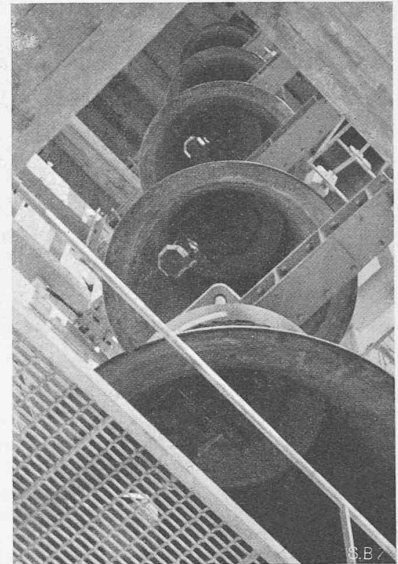


Abb. 4. Blick in den Glockenturm mit den übereinanderhängenden Glocken

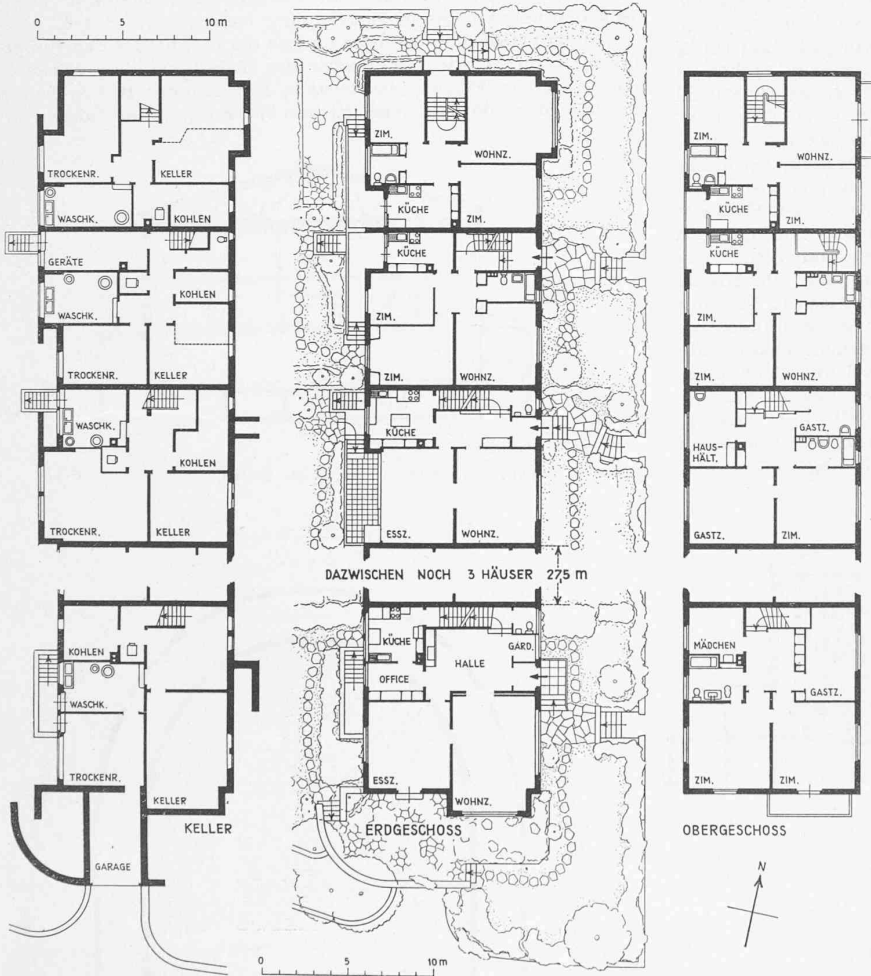


Abb. 1. Ein- und Zweifamilien-Wohnhäuser, als westliche Randbebauung des Kirchenvorplatzes auf der Egg in Wollishofen. — Masstab 1 : 400

Verhältnisse immer ungünstiger sind als bei flachen, so empfiehlt es sich nicht, sie in Rechnung zu bringen. Bei flachen Trägern und Platten fällt die Verankerung durch Bügel meist unvollkommen aus, wenn sie nicht ganz wegfällt, und dann ist ihr Nutzen zur Aufnahme von Druckspannungen höchst fraglich.

Die hier gemachten Vorschläge mögen dem an die üblichen Koeffizienten Gewöhnten etwas kühn erscheinen. Doch wenn der Konstrukteur in extremen Fällen Vorsicht walten lässt, so ist die Sicherheit völlig ausreichend, besonders wenn man gemäss meiner früheren (in den französischen Vorschriften bereits berücksichtigten) Anregung nicht nur für Stösse, sondern auch für Veränderlichkeit der Lasten zu diesen einen Zuschlag von 10 bis 20% macht.

### Neue Reformierte Kirche Zürich-Wollishofen

Arch. W. HENAUER & E. WITSCHI, Zürich

Auf der prachtvoll gelegenen Wollishofer «Egg» ist aus den Wettbewerben von 1930 (Bebauungsplan, siehe «SBZ», Bd. 96, S. 195\* und 206\*) und 1931 (Kirche, s. «SBZ», Bd. 98, S. 5\*) eine Baugruppe entstanden, die allgemeine Anerkennung findet. Dominante ist die Kirche, die sich mit ihrem Halbbrund dem Nordrand des Egghügels anschmiegt. Sie hat sich gegenüber dem erstprämierten Wettbewerbentwurf ihrer Erbauer in den Grundzügen kaum geändert. Seeseitig ist mit ihr der Turm, westwärts ein Unterrichtsraum verbunden, an den sich das Pfarrhaus anschliesst. Gleichsam als dessen Fortsetzung läuft südlich davon die Wohnhausreihe dem Westrand des Hügels entlang, der auf seinem breiten Rücken eine grosszügig hingelegte Rasenfläche trägt, nebst der Zufahrt zur Kirche und einem breiten seeseitigen Fussweg mit Aussichtsbänken (Abb. 2). Dieser Komplex von Bauten und Grünanlagen ist bis in alle Einzelheiten ein so gelungenes Ganzes, dass er hier auch als solches zur Darstellung kommen soll.

Die Reihenhäuser bedürfen kaum weiterer Erklärung; es mag genügen, darauf hinzuweisen, wie fein in beiden Fassaden die Unterschiede zwischen Ein- und Zweifamilien-Häusern zum Ausdruck kommen, ohne dass die durchlaufende Einheitlichkeit der Reihe als Ganzes darunter leidet. Leider gibt es noch keine Aufnahme, auf der die gegenseitige Abstimmung der Baumassen zum Ausdruck kommt. Es liegt aber darin zweifellos für den von Süden herannahenden Besucher ein Hauptreiz: begleitet von der niederen Hausreihe, erblickt er nachher die Körper von Pfarrhaus und Kirche, die mit zunehmender Masse und Höhe zum Schlussakzent des Turmes hinüberleiten. Pfarrhaus, Kirche und Turm stehen zusammen, trotz ihrer ganz verschiedenen Formen, in vollendetem Gleichgewicht als Abschluss der grossen Terrasse da. Die grosse Fläche der Kirchen-Stirnwand wird durch Reliefplastik von Otto Bänninger (Zürich-Paris) belebt.

Das Gelände ist auch auf der Nordseite der Kirche durch den offenen Umgang (Abb. 5 und Tafel 1), der zu allen Zeiten von den Spaziergängern gern benützt wird, aufs beste ausgenützt. Zwei Fusswege winden sich in schmiegsam trassierten Kehren aus der Tiefe zu ihm hinauf.

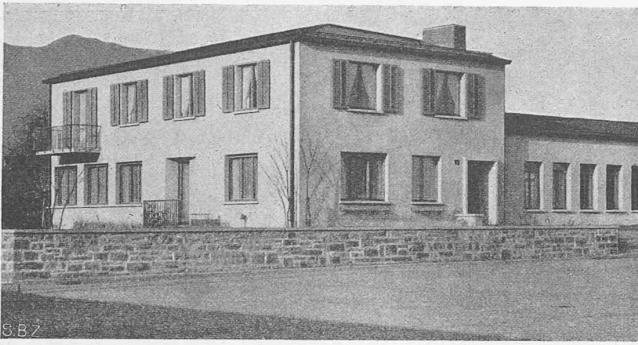


Abb. 7. Das Pfarrhaus, aus Südwesten, rechts Unterricht

Nun zum wichtigsten Teil, zum Innern der *Predigtkirche*.

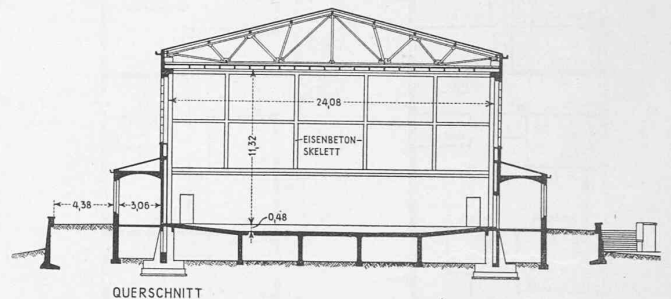
So gut wie jeder andere Zweckbau, kann auch eine protestantische Kirche — wie übrigens die Gemeinde, der sie dient, selbst — nur von innen nach aussen gebaut werden. Das Kirchengebäude ist nicht mehr als das Haus, in dem die Gemeinde sich versammelt. So liegt es hier vor: *ein* Saal, der die *ganze* Gemeinde aufnimmt. Diese sitzt nicht steif in Reih und Glied, sondern in einem nach aussen leicht ansteigenden Halbkreis versammelt um den, der das Wort verkündigt. Neben der Kanzel steht der Abendmahlstisch gleicherweise inmitten der Gemeinde. Eine selbstverständlichere Lösung dieses oft diskutierten Problems scheint uns kaum denkbar. Der Schwierigkeit, bei dieser Anordnung der Sitzreihen die Blendung zu vermeiden, ist durch verhältnismässig grosse Raumhöhe mit hochliegenden Fenstern einigermaßen begegnet; ihre Scheiben sind aus Antikglas in leichten Tönen von bläulich, grünlich, grau und rosa. Um die im Programm geforderte Sängerempore nicht als Nische im Gesamtraum oder als Einbau wirken zu lassen, hat der Architekt eine originelle Lösung gefunden: er gestaltete die Kanzelwand als Holzgitter, das den Predigtraum optisch abschliesst und dabei doch den Klang von Orgel und Chor akustisch einwandfrei durchdringen lässt. Die Trennung des Sängerkhors von der Gemeinde ist der einzige Nachteil dieser Lösung, mit dem man sich aber, angesichts der verhältnismässig seltenen Festtage mit Chorgesang, in Wollishofen bald abgefunden hat.

Der ganze Innenraum ist in hell gebeiztem Tannenholz ausgekleidet und in gleichem Material sind auch die Emporenabschlusswand und die Balken der Kassettendecke ausgeführt. Zweifellos ist es diesem warmen, ungemein ansprechenden Baustoff zu verdanken, dass die Wollishofer — zu denen der Schreiebold gehört — sich vom ersten Tag an dermassen zuhause fühlten in ihrer neuen Kirche. Erstaunlich ist aber, wie sich diesem Eindruck der Geborgenheit jener andere zugesellt: die feierliche Würde des Raums. Was heute mancherorts mit vielen Künsten gesucht aber nicht erreicht wird, ist in Wollishofen mit den einfachsten Mitteln und ohne jedes Mätzchen, ohne Anleihe bei historischen Formen Tatsache geworden: der Kirchenraum atmet die selbstverständliche, hoheitsvolle Feierlichkeit des Gotteshauses.

Zu unserm grossen Leidwesen vermögen die Photos nur einen schwachen Abglanz der tatsächlichen Raumwirkung zu geben, sie bleiben, umgekehrt wie gewöhnlich, weit hinter der Wirklichkeit zurück. Einige Angaben über die Farben mögen immerhin die Bilder noch ergänzen.

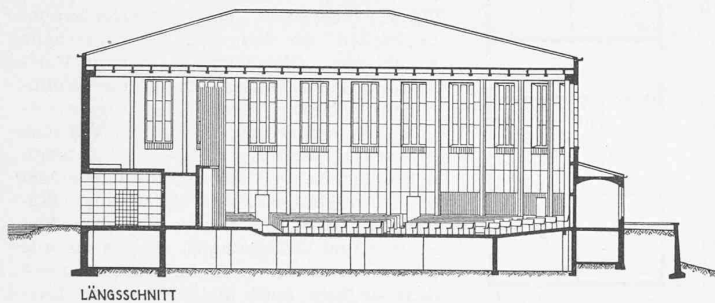
Der Boden aus satt rotbraunen, weiss ausgefugten Klinkern ist auch im geeigneten Teil ohne Stufen noch gut zu begehen. Seiner Farbe antworten die cadmiumroten Kassetten der Decke; die Beleuchtungskörper sind darin eingelassen, sodass sie praktisch überhaupt nicht in Erscheinung treten.

In der Gliederung der Wand geben die Tragpfeiler den Hauptakzent, während die Deckleisten der Tafelung nur schwach, aber doch die Flächen belebend in Erscheinung treten. Durch die Jalousien, die zum Austritt von Warmluft unter jedem Fen-



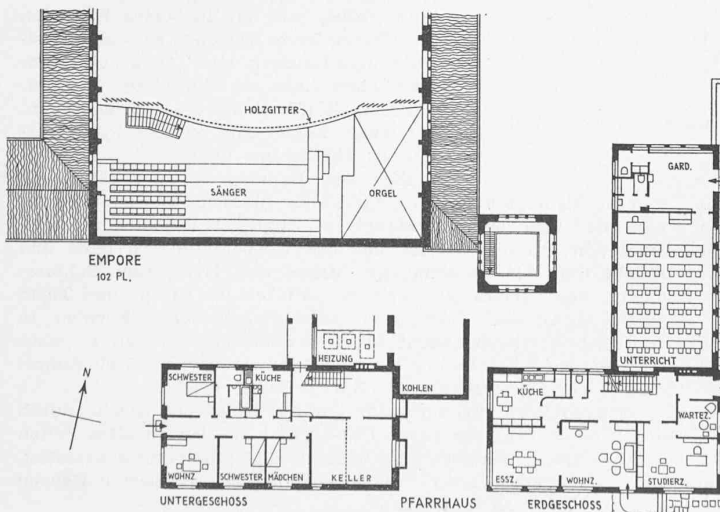
QUERSCHNITT

Abb. 6. Konstruktionsschnitt gegen die Südwand gesehen. — 1:500



LÄNGSSCHNITT

0 5 10 15 20 25 m

EMPORE  
102 PL.

UNTERGESCHOSS

PFARRHAUS

ERDGESCHOSS

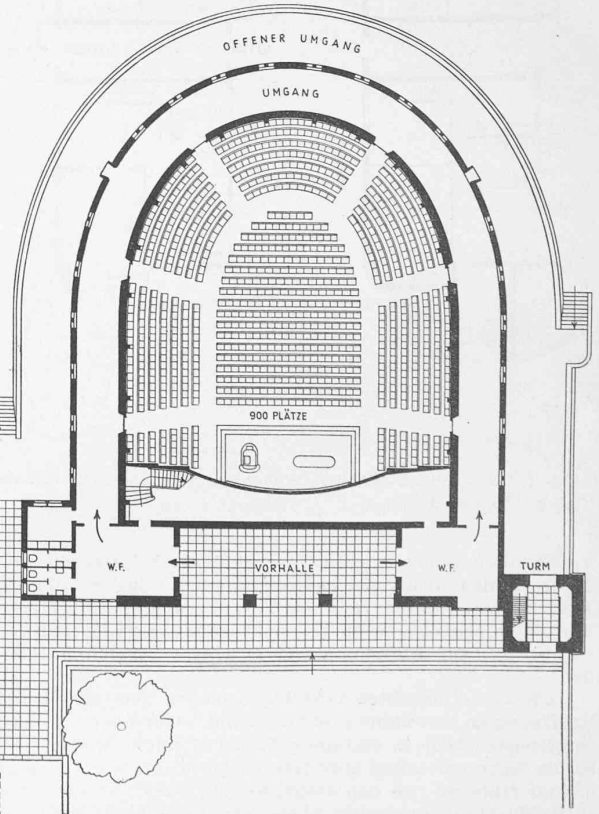


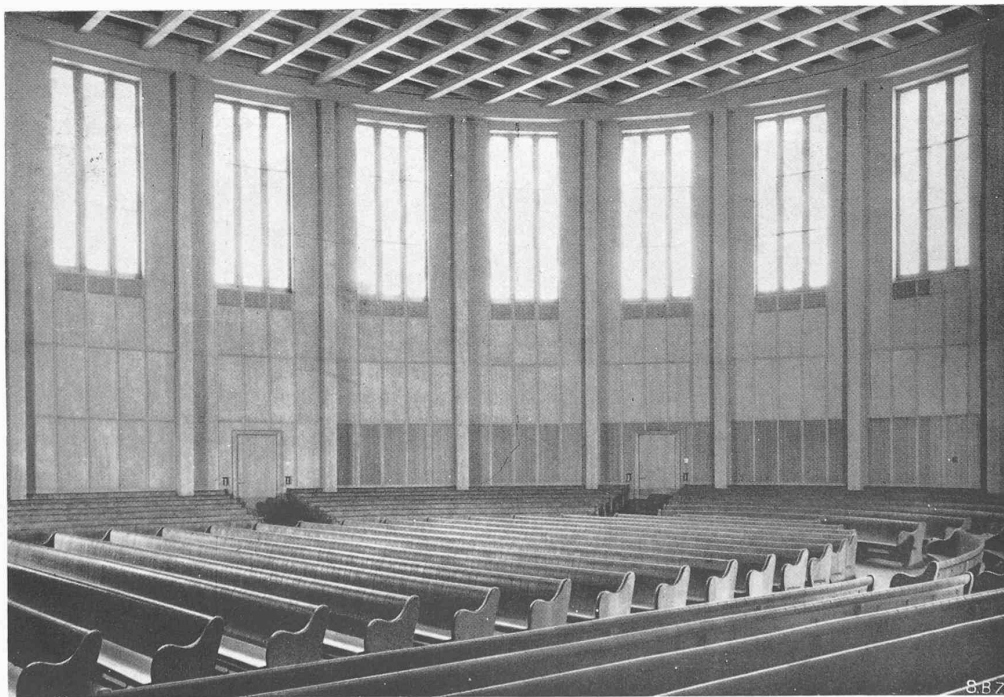
Abb. 5. Grundrisse und Längsschnitt von Kirche, Unterrichts- und Pfarrhaus. — Masstab 1:500



ANSICHT AUS NORDWEST



AUS OSTEN, LINKS UNTERRICHTSZIMMER UND PFARRHAUS



NEUE REFORMIERTE KIRCHE IN ZÜRICH-WOLLISHOFEN

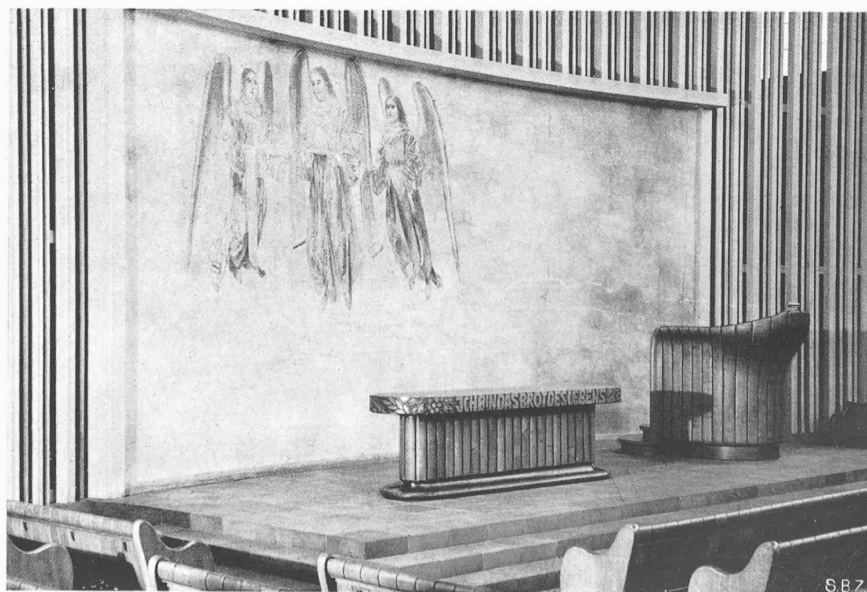
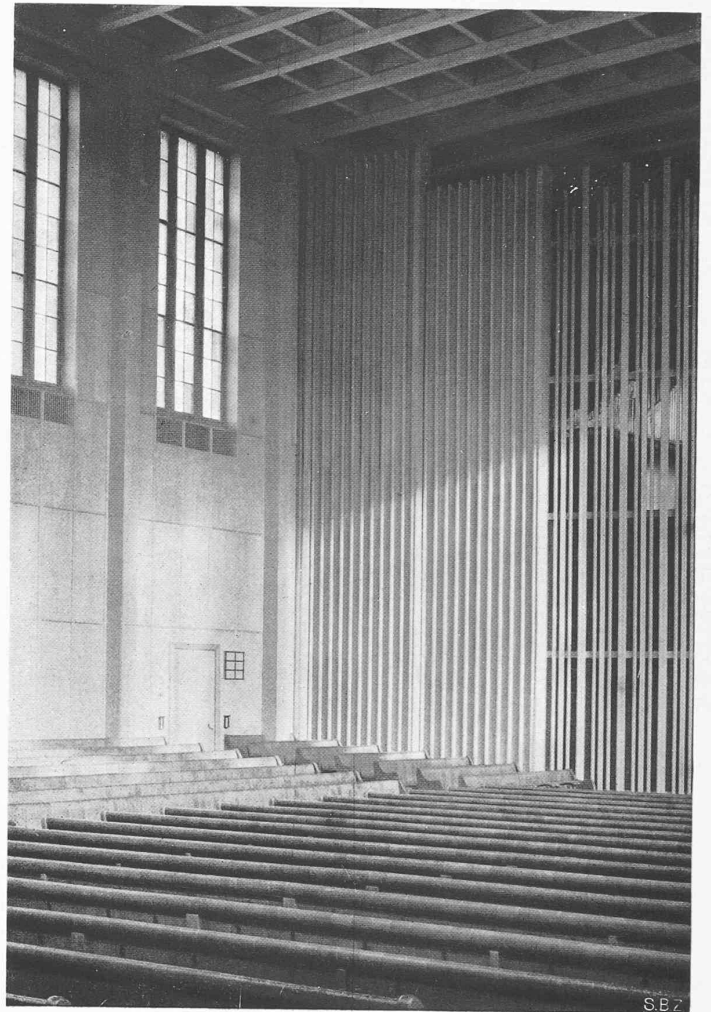
Architekten W. HENAUER & E. WITSCHI, Zürich



NEUE REFORMIERTE KIRCHE  
ZÜRICH-WOLLISHOFEN

Arch. W. HENAUER & E. WITSCHI, Zürich

UMGANG WEISS, GRAUGRÜNER QUARZITBELAG  
INNERES IN HELLBRAUNER TANNE GETÄFERT



ABENDMAHLTISCH UND KANZEL IN EICHE  
WANDBILD VON PAUL BODMER, ROTBRAUNE TÖNE AUF LINDENHOLZGRUND  
GITTERWERK IN HELLBRAUN TANNE, BODEN ROTBRAUNE KLINKER

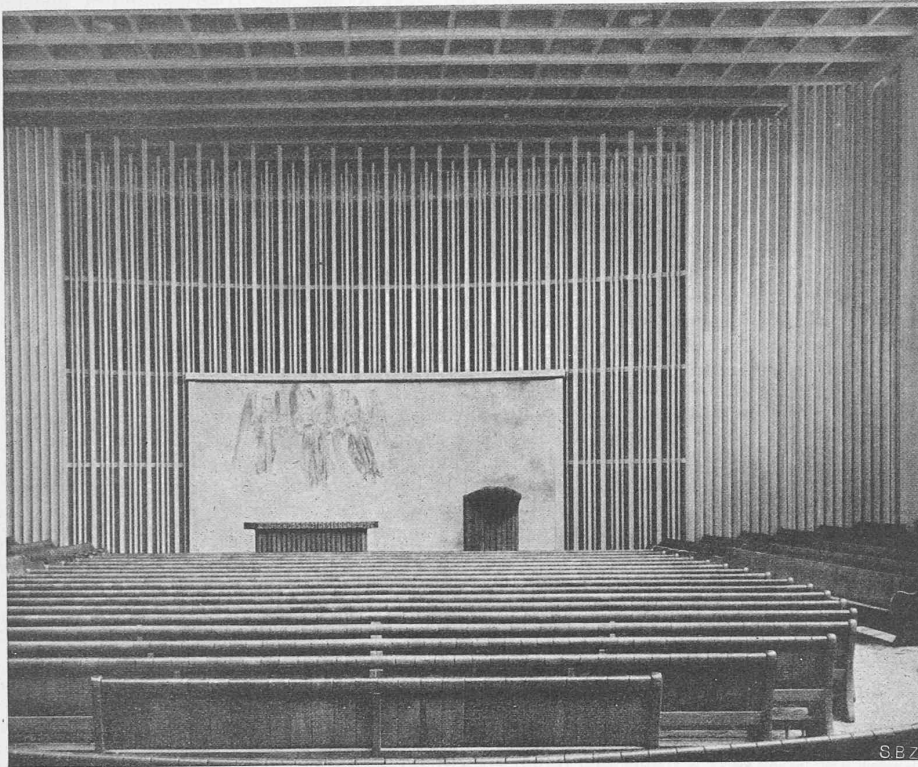


Abb. 8. Der Kirchenraum, gegen Kanzelwand und Sängerempore (hinter dem Gitter) In Wirklichkeit wirkt der gänzlich in Holzönen gehaltene Raum viel weicher und wärmer

ster angeordnet sind, ergibt sich eine hübsche Betonung der Fenstersimse, während die aus akustischen Gründen im hinteren, unteren Teil der Rundung angeordneten Jalousien (siehe Tafel 1 unten) eine noch wesentlichere ästhetische Funktion erfüllen: sie sind gleichsam das kleine Gegenstück des grossen Gitters, sie betonen die Mitte der Rundung, in deren weitem Verlauf das Auge ohne diesen optischen Halt wie im Unendlichen gelangweilt abgleiten würde, und schliesslich schaffen sie durch ihren unmittelbaren Anschluss an den Boden für den, der mit seinem Blick den Gesamttraum umfasst, so etwas wie eine Lehne, eine wärmere Rückendeckung der hinteren Bänke.

Die Bänke selbst sind aus Eichenholz, etwas dunkler als das Tannenholz des übrigen Ausbaues. Die gebogenen Lehnen setzen sich aus vertikalen, 13 cm breiten Lamellen zusammen, die an ihrem oberen Ende von einem Winkeleisen gestützt werden (siehe Tafel 2, unten). Diese Konstruktion hat den Vorteil, dass die Lehnen auch der geraden Bänke nicht in steifer Geradheit, sondern etwas bewegt, je nach der Durchbiegung des Winkeleisens zwischen zwei Wangen auch leicht geschweift verlaufen (natürlich nur für das Auge, bei Ansicht in Längsrichtung). Der Architekt hat das Konstruktionselement dieser Lamellen auch zur Ausbildung von Kanzel und Abendmahlstisch herangezogen. Als Hintergrund dafür hat Paul Bodmer in warmen, rotbraunen Tönen, die sich der Farbenharmonie des Raumes vorzüglich einfügen, ein Wandbild auf Lindenholz gemalt.

Von sehr guter Wirkung ist auch der Kontrast zwischen Kirchenraum und innerem Umgang. Dieser ist sauber weiss getüncht, sodass man, von seiner Frische herkommend, die Wärme des Raums umso stärker empfindet. Andererseits übt der Umgang nicht nur seine Verkehrsfunktion aus, sondern auch jene psychologische, den von aussen kommenden Kirchgänger aus der Zerstreuung der Welt zu heben (die Fenster sind verschommen durchsichtiges Antikglas) und auf sein Inneres zu lenken. Besondere Erwähnung verdient auch der prächtige Farbenzusammenklang von getünchter Wand, Serpentin-Türgewänden und Bronzetüren.

W. J.

#### Technische Angaben

Turm: Abmessungen unten 5,78 m im Quadrat, oben 5,58 m im Quadrat, Höhe 36,5 m vom Durchgangsfussboden bis Gesimse. Eisenbeton (Ing. Rob. Naegeli, Zürich) mit Muschelkalkverkleidung, Schallochsprossen massiv Muschelkalk. Fünf Glocken, total 10000 kg (Rüetschi, Aarau, Abb. 5), elektrische Läutanlage (Knell, Meilen), Turmuhr vollautomatisch mit Viertelschlag (Baer, Sumiswald).

Kirche: 900 feste Sitze plus 110 Ausziehsitze plus 100 Sängersitze Empore. Wände Eisenbeton, Südwand Backsteinausfachung (Abb. 6), aussen alles Muschelkalk-Verkleidung. Dach eiserne Fachwerkträger, darauf Holzkonstruktion mit Kupferblechabdeckung, wie alle übrigen Dächer. Warmwasser-Fussbankheizung, zusätzliche Warmluft-Heizung mit Eintritt unter den Fenstern. Automatischer elektrischer Wasserzerstäuber als Luftbefeuchter auf der Empore untergebracht. Orgel im Emporenraum freistehend, 40 klingende Register mit Schleifladen und elektrischer Traktur (Kuhn, Männedorf). Ueber die für Sprache und Musik sehr gute Akustik des Raumes gibt der Experte nachstehend selbst Aufschluss.

#### Die Akustik der Kirche

Von Akustik-Experte L. VILLARD, Arch. S. I. A., Montreux

Da es sich um eine protestantische Kirche handelt, wo sich das Wort von der Kanzel herab so leicht und klar als möglich ausbreiten soll, hat sich der Akustiker bemüht, die Möglichkeiten von Echos, wiederholten oder auseinandergezogenen Tönen zu unterdrücken und doch eine Nachhalldauer von etwa 1,6 sec bei ungefähr 500 Besuchern zu erreichen. Ausserdem war für ein möglichst breites Frequenzband (wenigstens 500 bis 3000 Hz) ein gutes klangliches

«Gleichgewicht» und Wahrung der Klangfarben der Orgelregister anzustreben. Dies alles, ohne die Architektur und die schönen inneren Proportionen des Gebäudes zu stören. Zur Lösung dieser verschiedenen Aufgaben ist der Akustiker in enger Zusammenarbeit mit den Architekten zu folgenden Vorschlägen gelangt:

1. *Geometrische Vorkehrungen.* Der Gangunterschied  $D$  zwischen dem Weg  $d$  der direkten Welle und der Summe des Weges  $x$  der einfallenden und des Weges  $y$  der reflektierten Welle hängt von den Abmessungen und der Form des Saales ab. Die Grösse  $D = x + y - d$  darf keinesfalls 34 m (entsprechend  $\frac{1}{10}$  sec, Echo) betragen, auch nicht 22,5 m ( $\frac{1}{17}$  sec, wiederholter Ton), nicht einmal 17 m ( $\frac{1}{20}$  sec, auseinandergezogener Ton, annehmbar für die Musik, nicht aber für das gesprochene Wort). Eine akustische Skizze bestimmte die Grenzhyperebeln jener Zonen, in denen, bei Berücksichtigung aller reflektierenden Wände, ungünstige Werte von  $D$  auftreten können, und zeigte, dass die neun Nischen des runden Abschlusses des Kirchenschiffs lästige Reflexionen hervorrufen mussten. Sie waren deshalb schallabsorbierend auszugestalten. Daher die Verwendung von Wandverkleidungen «Perfecta», die die einfallenden Schallwellen in praktisch ausreichendem Grade verschlucken. Wie die Versuche ergeben haben, ist der erwartete Erfolg erreicht: Gangunterschiede von über 17 m sind unterdrückt.

2. *Physikalische Bedingungen.* Ferner waren gute Nachhallverhältnisse zu schaffen. Wenn die Töne allzulange nach ihrer Aussendung anhalten, wird die Schallaufnahme undeutlich, «brummend»; die ausgesprochenen Silben geraten übereinander, und die Rede wird unverständlich. Ist aber der Nachhall zu kurz, so wird der Klang als trocken, hart und kalt empfunden, und die Stärke des ausgesandten Schalls nimmt ab. Man muss also einen Mittelweg einschlagen. Die vom Verfasser ergänzte Formel von Sabine gibt gute praktische Resultate bei etwas geschmeidiger Anwendung und Bedachtnahme nicht bloss auf die Gesetze der Physik, sondern auch auf die Forderungen der musikalischen Aesthetik.

Andererseits hängt die Nachhalldauer mit der Besucherzahl ab. Es war daher ein mittlerer Besuch anzunehmen in der Voraussicht einer etwas zu langen oder etwas zu kurzen Nachhalldauer bei den tatsächlichen Schwankungen um die vorausgesetzte Besucherzahl. Um die Nachhalldauer  $R = k(1 + \log i) V/s$  ( $V$  = inneres Kirchenvolumen,  $s$  = Summe der Absorptionswerte der schallschluckenden Flächen,  $i$  = Intensität der Schallquelle) auf etwa 1,6 sec zu bringen, wurden folgende Massnahmen getroffen: a) Verminderung des akustisch wirksamen Volumens  $V$  durch Anbringen eines Gitters zwischen dem Schiff und der



Orgelempore. b) Erhöhung des Wertes *s* durch Einlage von gewöhnlichen Pavatex-Verkleidungen in die Deckenkassetten. Hätte man auf das erwähnte Gitter verzichtet, so hätte man den nach Berechnung zu erwartenden Nachhall durch weitere schallschluckende Verkleidungen bekämpfen müssen. Theoretisch ist das stets möglich, ästhetisch allerdings nicht immer leicht zu verwirklichen; die verschiedenen gebräuchlichen schallabsorbierenden Stoffe sind nicht für alle Frequenzen gleich wirksam.

Die Versuche haben die Berechnung vollauf bestätigt. Wenn die Resonanz der Orgel etwas unter dem musikalischen Optimum bleibt (infolge der geforderten Rücksicht auf die Deutlichkeit des gesprochenen Worts), so bleibt doch die Schönheit der Klangfarben der verschiedenen Register durchaus gewahrt.

Auch das akustische Gleichgewicht ist in Wollishofen in befriedigender Weise verwirklicht, einmal dank dem Gitter, sodann dank der Verwendung von verschiedenartigen Verkleidungsstoffen (Klinker, Perfecta, Pavatex, Holz, Glas usw.), von denen jeder auf ein anderes Frequenzband einwirkt. Besonders die Holztaferlungen haben sich als äusserst günstig für die warme und reiche Klangfähigkeit dieser Kirche erwiesen.

**Erstellungskosten:**

Kirche und Turm . . . . .	895 000 Fr.
Pfarrhaus und Schwesternwohnung . . . . .	115 000 „
Unterweisungsflügel mit Heizungsraum usw. . . . .	78 000 „
<b>Zusammen</b>	<b>1 088 000 Fr.</b>

**Erstellungskosten pro m<sup>3</sup> umbauten Raumes (nach S. I. A.):**

Kirche . . . . .	49,10 Fr.
Turm . . . . .	126,50 „
Durchschnitt Kirche und Turm . . . . .	54,70 „
Pfarrhaus . . . . .	79,30 „
Unterweisungsflügel . . . . .	75,— „
Durchschnitt Pfarrhaus und Unterweisungsflügel . . . . .	77,60 „
Durchschnitt aller Gebäude . . . . .	57,80 „
Kosten pro Sitzplatz, ohne Notsitze, mit Sängerplätzen	900.— „

**Vom heutigen Stand der Deckenheizung**

Die Deckenheizung ist gegenwärtig *das* Thema der Heizungs-technik. Freunde und Gegner spornen sich gegenseitig an zu immer besserer Erkenntnis der Vor- und Nachteile. Da jeder Bauherr, insbesondere aber auch die Architekten und die Bauingenieure, an der Entwicklung dieser Fragen interessiert sind und wohl auch eigene Gesichtspunkte vorzubringen haben, ist eine laufende Orientierung notwendig, wobei im Gegensatz zu den meisten bisherigen Veröffentlichungen, die von interessierter Seite stammen, auch die strittigen Fragen berührt werden sollen.

In einer von Ing. M. Brandt im «Gesundh.-Ing.» 1937, Nr. 43, sowie in «Beton und Eisen» 1937, Nr. 23 veröffentlichten Arbeit wird auf eine beachtliche *Eisenersparnis* der Deckenheizung gegenüber Radiatorenheizung hingewiesen, die rd. 50 % erreiche; dabei sind aber schwere gusseiserne Radiatoren und keine leichten Stahlradiatoren und keine der allerleichtesten Konvektoren in Vergleich gezogen worden. Auch dürfte der Kilopreis hochwertiger Spezialstahlrohre, die für die Deckenspiralen notwendig sind, wesentlich höher liegen als derjenige des Radiatoren-gusses.

Die Heranziehung der Heizspiralen zur *Armierung* der Betondecken, die dem Holländer van Dooren geschützt ist und in Holland mehrfach ausgeführt sein soll, ist in Deutschland baupolizeilich noch nicht gestattet. In der Schweiz durchgeführte Laboratoriums-Versuche<sup>1)</sup> mit rohrbewehrten Betonplattendecken haben zwar gute Haftfestigkeit der Rohre und Biegefestigkeit der Platten unter scharfen Temperatur- und Belastungswechseln festgestellt. Man fürchtet aber, vielleicht nicht ganz mit Unrecht, Schwächung des Sicherheitsbegriffes, ungünstige Einflüsse nach langer Zeit, mögliche Anfressungen der Rohre und Schwächung des Widerstandes. Die von Brandt für Holland und die Schweiz behauptete, weitestgehend verwertete Einsparungsmöglichkeit von Armierungseisen dürfte für die Schweiz wohl kaum bewiesen werden können, sind doch erst wenige Deckenheizungen im Bau und kaum ein Dutzend im Betrieb.

<sup>1)</sup> An der EMPA für Gebr. Sulzer, nicht veröffentlicht.

Red.

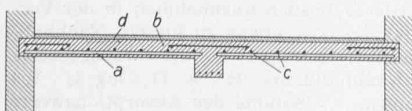


Abb. 1. Eisenbetondecke mit Heizrohren als Armierung

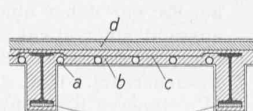


Abb. 2 u. 3. Zwei Ausführungsarten von Trägerdecken mit Strahlungsheizung

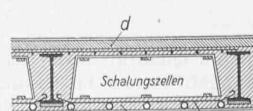


Abb. 3. Trägerdecken mit Strahlungsheizung

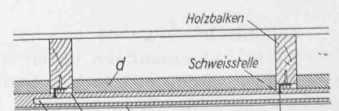


Abb. 4. Holzdecke mit Strahlungsheizung

Legende zu Abb. 1 bis 4: a Heizschlange, b Beton, c Armierung, d Isolierung

Deckenheizungen sind immer mit *Umwälzpumpen* ausgerüstet, weil die vorwiegend horizontale Entwicklung der Heizfläche (bei 40 m Spirallänge), die niedrige Heizwassertemperatur (max 50°), die Beseitigung der Luft, die engen Rohrquerschnitte (1/2") und schliesslich die Verkürzung der Anheizzeit solche erfordern. Der geringe Wasserinhalt solcher Anlagen ergibt, trotz des höhern Widerstandes, noch tragbare Pumpengrößen und geringen Kraftverbrauch.

Vielgestaltig ist die *Anordnung der Heizflächen* in den Decken, worüber bereits eine grosse Anzahl Patente bestehen, die in Unteransprüchen alle nur denkbaren Möglichkeiten zu erfassen versuchen. Die Abb. 1 bis 4 zeigen einige wenige davon. Dass die praktischen Erfahrungen bezüglich der Bemessung bei abnormalen Raumhöhen und -Formen, der Schweissungen, der Verbindung mit der Armierung, besonders aber in der geeigneten Wahl der Betonmischung und des Deckenputzes nicht an die grosse Glocke hängt werden, ist begreiflich. Doch wird sich die Heizungsindustrie bald einmal überlegen müssen, ob hier nicht ein dankbares Feld zur Gemeinschaftsarbeit vorliege und ob durch eine endlose Patentierung von minimalen Ausführungseinzelheiten<sup>2)</sup> nur einige wenige materiellen Nutzen haben sollen, oder ob nicht doch gemeinsame Arbeit, gemeinsamer Lohn vorzuziehen wäre.

Die durch Rohrschlangen auf etwa 30 bis 40° erwärmte Betondecke gibt ihre Wärme durch Leitung, vorwiegend aber durch Strahlung an die Umgebung ab, von der sie z. T. zurückgeworfen, z. T. aufgenommen wird. Ganz besonders begünstigt ist der gegenüberliegende Fussboden, wenigstens soweit er nicht durch Möbel bedeckt ist; die Luft selbst, in Kopfhöhe, ist kälter als bei Heizkörperheizung, also ein Fortschritt zum Ideal «warme Füsse, kühler Kopf». Die Luftbewegung ist gering, daher keine Staubaufwirbelung, d. h. leichtere Reinhaltung von Wänden, Möbeln und Vorhängen. Die Wärme ist horizontal ziemlich gleichmässig über den Raum verteilt (vergl. Diss. Roose, S. 326 letzten Bandes), mit Ausnahme eines Streifens von etwa 1 m am Fenster. Widersprüche liegen vor bezüglich der *Anpassungsfähigkeit der Strahlungsheizung* an die Schwankungen des Aussenklimas, die gerade für unser Land von grosser Bedeutung ist. Sicher ist die Betondecke ein grosser Wärmespeicher, das beweisen Versuchsdiagramme im Aufsätze von Brandt, die einer Propagandaschrift entnommen sind, wonach selbst bei vielstündigem Betriebsunterbruch der Deckenheizung die Raumtemperatur nur ganz unwesentlich abgesunken ist, während eine Radiatorenheizung für den selben Effekt im Betrieb gehalten werden musste. Diese Tatsache kann unmöglich vereinbart werden mit der Behauptung einer raschen Regelfähigkeit bei Witterungsumschlag, z. B. in Richtung einer Verminderung der Wärmeabgabe bei Sonnenschein oder einer Erhöhung bei Windanfall, da die massgebenden Temperaturunterschiede von strahlenden und bestrahlten Flächen sich nicht so rasch ändern, wie die Lufttemperatur.<sup>3)</sup>

Die Möglichkeit, im Sommer durch Umwälzung von kaltem Wasser die Decke und damit den Raum bzw. die Insassen *zu kühlen*, ist sicherlich sehr bestechend. Leider aber sind praktische Erfahrungen hierüber noch nicht bekannt. Vermutlich wird bei hoher Feuchtigkeit der Raumluft, die gerade an schwülen Sommertagen mit dem grössten Kühlbedarf zusammenfällt, die schwitzwassersichere Untertemperatur der Decke gegenüber der Raumluft so gering sein, dass, trotz der grossen Fläche, von einer spürbaren Kühlung kaum gesprochen werden kann.

Der *Brennstoffverbrauch* deckengeheizter Räume soll wesentlich geringer sein, als bei radiatorgeheizten; einmal wegen der geringen Wärmeverluste des Rohrnetzes, vor allem aber weil an den Fenstern eine wesentlich niedrigere Temperatur herrscht, als wo Radiatoren unter ihnen stehen. Diese für den Wärmeverlust sicher vorteilhafte Tatsache muss aber unbedingt noch dahin untersucht werden, ob diese tiefere Temperatur im Be-

<sup>2)</sup> Man vergleiche in diesem Zusammenhange die sehr interessanten und grundsätzlichen Ausführungen über die «*Erfindungshöhe*» in den «Bundesgesetzl. Entscheidungen» II Spezialgesetze Nr. 133. (XXVI. Jahrgang, Heft 10, Oktober 1937).

<sup>3)</sup> In klarer Erkenntnis dieses Nachteils dieses Nachteils versucht man jetzt die beheizte Schicht so dünn als möglich zu lassen, womit man sich «betriebs-technisch» aber wieder der Radiatorenheizung nähert, d. h. dass man die Feuerung nicht mehr so lange unterbrechen kann, wie früher behauptet.

Wäre auch für kleine Charakteristiken die Streckgrenze des Eisens für den Bruch massgebend, so müssten in diesem Gebiete die Versuchsergebnisse unterhalb einer Linie liegen, die von 0 ausgehend die Neigung 1:1 besitzt. In Wirklichkeit befinden sie sich indes ziemlich genau auf einer nach  $\frac{4}{3}:1$  geneigten Linie, wonach bei schwächster Armierung die Eisenspannung beim Bruch mindestens  $\frac{4}{3}$  der Streckgrenze betrug, also etwa der Zugfestigkeit entsprach. Darnach wäre diese Linie als Ursprungstangente der Parabel anzunehmen. Indes ist auf die völlige Ausnützung der Zugfestigkeit des Eisens mit Rücksicht auf Ermüdung durch wiederholte und stossweise Belastung, die durch die üblichen Stosszuschläge nur unvollkommen berücksichtigt sein könnten, nicht mit voller Sicherheit zu rechnen. Daher scheint es geraten, einen Mittelwert von Zugfestigkeit und Streckgrenze für grösstmögliche Ausnützung der Armierung anzunehmen und somit der Ursprungstangente die Neigung  $\frac{7}{6}:1$  zu erteilen. Im Uebrigen hat sich dann die Kurve nach den weiteren Versuchsergebnissen zu richten, was die folgende Gleichung gut erfüllt:

$$W = C \left( \frac{7}{6} - C \right) \dots \dots \dots (I)$$

Vom Parabelscheitel an, das heisst für  $C = 7/12 = 0,58$  und  $W = C^2 = 0,34$  ist eine Verstärkung der Armierung wirkungslos und es geht die Kurve in eine Horizontale über. Der höchstens ausnützbare Wert für die Armierung ist

$$p_{\max} = \frac{7}{12} \cdot \frac{\beta}{\sigma_s}$$

Man sieht, dass nicht nur bei kleiner Charakteristik, sondern auch im weiteren Verlauf die Kurve meist unterhalb der als einwandfrei anzusehenden Versuchsergebnisse verläuft. Eine noch tiefere Lage erscheint ungerechtfertigt, indem man bei der Wahl des Sicherheitsfaktors von einer vollkommenen Konstruktion und Ausführung auszugehen hat.

Für die praktische Berechnung müssen wir uns nun zunächst die Frage nach den anzunehmenden Sicherheitsfaktoren vorlegen.

Für Eisenkonstruktionen ist es heute meist üblich, sofern zur Belastung Stosszuschläge gemacht werden, mit dem Sicherheitsfaktor, bezogen auf die Streckgrenze, wesentlich unter 2 zu gehen. Es ist deshalb berechtigt, für die von Nebenspannungen freie Beanspruchung der Rundeisenstäbe starr am üblichen Sicherheitsfaktor 2 festzuhalten, wenn die Bruchkurve so vorsichtig angenommen wird, wie es hier der Fall ist. Jedenfalls genügt der Sicherheitsfaktor  $\frac{7}{4}$ .

Ebenso ist es beim heutigen Stand der Betonausführung nicht gerechtfertigt, mit dem Sicherheitsfaktor für dieses Material über 3 hinauszugehen.

Somit erhalten wir eine durchaus einwandfreie «Sicherheitskurve», wenn wir in der Bruchformel (I) für  $\sigma_s$  und  $\beta$  die um die Sicherheitsfaktoren  $\frac{7}{4}$  und 3 verminderten Materialfestigkeiten annehmen, womit sich ergibt:

$$3 W_S = \frac{7}{6} \cdot \frac{4 \cdot 3}{7} \cdot C - \frac{9 \cdot 16}{49} \cdot C^2$$

oder 
$$W_S = C \left( \frac{2}{3} - C \right) \dots \dots \dots (II)$$

Der Parabelscheitel liegt bei  $C = 0,33$  und  $W_S = C^2 = 0,11$  wobei die grösste ausnützbare Armierung sich ergibt zu:

$$p_{\max} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\beta}{\sigma_s}$$

Diese Kurve ist ebenfalls eingetragen. Sie lässt unter anderem deutlich das Anwachsen des Sicherheitsfaktors erkennen, je mehr die Betonfestigkeit für den Bruch massgebend wird.

Eingetragen sind zum Vergleich auch die Linien, die sich nach unseren Vorschriften von 1935 ergeben und zwar für Normalbeton mit Normalstahl bei normaler Beanspruchung und die verschiedenen Abstufungen nach der Dicke. Bei  $1400 \text{ kg/cm}^2$  Beanspruchung verlaufen die Linien etwas höher, während für hochwertigen Beton und Stahl sich keine nennenswerten Unterschiede ergeben. Wir bauen entschieden noch mit einem Ueber-

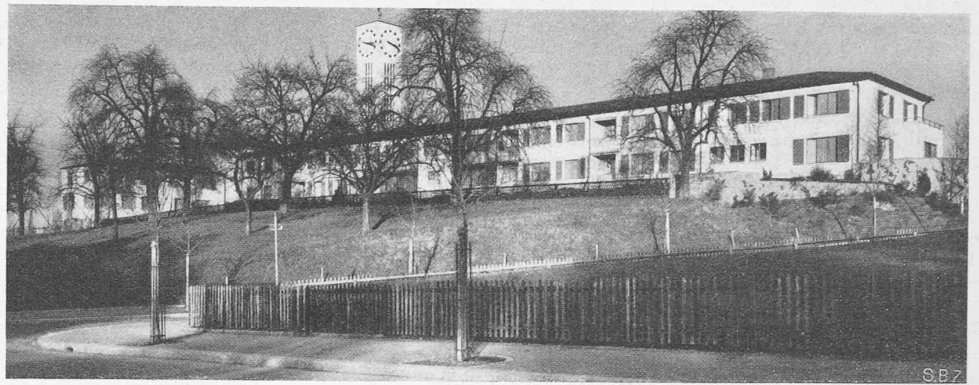


Abb. 2. Westliche Häuserreihe, aus Südwest. — Architekten W. HENAUER & E. WITSCHI, Zürich

schuss an Sicherheit und es sind besonders die Beschränkungen für dünne Querschnitte der Ausbildung weitgespannter Leichtkonstruktionen hinderlich.

Die vorgeschlagene Berechnungsweise ist viel einfacher als die übliche und erübrigt die Unterscheidung zweier Stadien, die zuerst in den Vorschriften von 1909, gestützt auf die Versuche von Schüle, gemacht worden ist, indem von einer gewissen Grenze an bei ermässiger Eisenspannung eine Erhöhung der zulässigen Druckspannung eintreten durfte. Diese Grenze, auch kritischer Punkt genannt, die die Gebiete trennt, wo Eisen oder Beton allein für den Bruch massgebend wären, ist aber gerade aus den Versuchen von Schüle nicht abzuleiten, sondern es passen sich diese der kontinuierlichen Einheitskurve, wonach solche durch einen kritischen Punkt getrennte Gebiete nicht bestehen, viel besser an, als einer gebrochenen Linie.

Um in üblicher Weise die Balkenhöhe auszurechnen, dient die Beziehung

$$W_S = C \left( \frac{2}{3} - C \right) = \frac{M}{b h^2 \beta}$$

woraus

$$h = \frac{1}{\sqrt{C \left( \frac{2}{3} - C \right) \beta}} \sqrt{\frac{M}{b}} = \frac{1}{\sqrt{p \cdot \sigma_s \left( \frac{2}{3} - p \frac{\sigma_s}{\beta} \right)}} \sqrt{\frac{M}{b}} = k \sqrt{\frac{M}{b}} \dots \dots \dots (III)$$

worin  $k$  der Höhenkoeffizient ist.

Ist der Balkenquerschnitt und das Biegemoment gegeben, so folgt das Eisenverhältnis

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{\beta}{\sigma_s} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - 9 \frac{M}{b h^2 \beta}} \right) = \frac{1}{3} \frac{\beta}{\sigma_s} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{9}{\beta k^2}} \right) \dots \dots \dots (IV)$$

Gegenüber diesen einfachen Beziehungen erscheinen die auf der üblichen Methode beruhenden äusserst kompliziert, was ihre Anwendung nur dann rechtfertigen würde, wenn sie wissenschaftlich haltbar wären.

Zur direkten Berechnung von Querschnitten, sowie zur lehrreichen Uebersicht über das Verhalten der Querschnitte unter den verschiedenen Festigkeitsverhältnissen dient die Tabelle auf Seite 3, wo der Höhenkoeffizient in Funktion des Armierungsverhältnisses dargestellt ist.

Als grundsätzlicher Unterschied gegenüber der bisherigen Auffassung fällt eine Abhängigkeit des Eisenquerschnittes auch von der Betonfestigkeit ins Auge. In der Tat ergibt die bisherige Berechnungsweise meist für die allerverschiedensten Betonqualitäten die gleiche Tragfähigkeit, während schon bei mässigen Armierungsverhältnissen die Bruchmomente auch von der Betonqualität abhängig sind, welche Abhängigkeit natürlich mit wachsendem Armierungsverhältnis sich steigert.

Es bleibt noch die Frage offen, ob Eiseneinlagen im Druckgurt zu berücksichtigen sind.

Ich bin der Ansicht, dass dies nur mit grösster Vorsicht und am besten gar nicht geschieht. Jedenfalls müssen solche Einlagen ebenso durch Bügel am Ausknicken gehindert werden, wie es bei Säulen angebracht ist. Sonst können sie mehr schaden als nützen. Bei schmalen und hohen Trägern wird man in den Ecken des Druckgurtes ohne weiteres von Bügeln eingefasste Eisen anordnen; da aber bei Trägern dieser Form die