

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103/104 (1934)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Der Studio-Neubau des "Radio Zürich"  
**Autor:** Dürr, Otto  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83247>

#### 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:** 23.02.2026

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

er sich während der Zeit  $U$  um zwei Zähne verschieben, sein Fahrstrahl  $OII$  muss demnach die Winkelgeschwindigkeit  $-\frac{4\psi}{U}$  besitzen.

Die Anfangslage  $II_0$  von  $II$  muss irgendwo auf der Strecke  $P_0 M_0$ , z. B. in ihrer Mitte, gewählt werden. Sind  $R$  und  $\alpha$  ihre Polarkoordinaten, so ist

$$\sqrt{p_0^2 + p_0'^2} < R < \sqrt{(p_0 + \delta)^2 + p_0'^2}.$$

Nach Ablauf der Zeit  $u$  sind die Koordinaten von  $II$

$$\xi = R \cos \left( \alpha - \frac{4\psi}{U} u \right),$$

$$\eta = R \sin \left( \alpha - \frac{4\psi}{U} u \right)$$

Die Stützfunktion  $p^*$ , die  $p$  annäherungsweise ersetzt, wird

$$\begin{aligned} p^* &= \xi \cos u + \eta \sin u = R \cos \left( \alpha - \frac{4\psi + U}{U} u \right) = \\ &= R \cos \left( \frac{2\pi}{U} u - \alpha \right). \end{aligned}$$

Trotzdem die Annäherung bis zur Grössenordnung  $\delta$  geht, zeigt die Näherungslösung, die sozusagen einer unendlich feinen Zähnung entspricht, einen andern Charakter. Ihr Linienbild ist geglättet, die Feinstruktur abgeschliffen, unsichtbar geworden. Die geglättete Lösung ist rein harmonisch und ihre Periode ist  $U < 2\pi$ . Es liegt hier der Fall vor, den Kryloff und Bogoliuboff als den *quasi-linearen* bezeichnen.

### 3. Die erzwungene Schwingung.

Auf das bisher betrachtete System wirke jetzt noch eine periodische Störung  $K(u)$ . Ihre Periode sei  $\Omega$ .

$$K(u + \Omega) \equiv K(u)$$

Die erzwungene Schwingung genügt dann der Beziehung

$$p''(u) + p(u) = \begin{cases} -\delta + K(u) & \text{wenn } p > 0 \\ +\delta + K(u) & \text{wenn } p < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Die Konstruktion ihres Linienbildes geschieht mittels zweier Hülfskurven  $C_1$  und  $C_2$ .

Wir zeichnen zuerst den Bogen  $S_1$ , der der Lösung von

$$\varrho_1 = p_1'' + p_1 = -\delta + K(u) \quad 0 \leq u \leq \Omega$$

bei beliebigen Anfangsbedingungen entspricht.  $C_1$  entsteht dann durch wiederholtes Aneinanderreihen kongruenter Bögen  $S_1$  so, dass eine stetige Kurve mit stetiger Tangente herauskommt. Man hat dazu  $S_1$  um einen gewissen Punkt schrittweise zu drehen um die Winkel  $\Omega$ ,  $2\Omega$ ,  $3\Omega$ , u. s. w.

Analog bilde man die Kurve  $C_2$  aus Bögen  $S_2$ , die der Gleichung

$$p_2 = p_2'' + p_2 = +\delta + K(u)$$

entsprechen. Wenn  $\Omega/2\pi$  irrational ist, so setzen sich  $C_1$  und  $C_2$  aus unendlich vielen Bögen zusammen. Ist dagegen

$$\Omega/2\pi = \frac{p}{q}$$

( $p$  und  $q$  ganze Zahlen),

so schliessen sich die Kurven  $C_1$  und  $C_2$  nach  $p$  Umläufen, und sie bestehen aus  $q$  Bögen  $S$ . Dieser Fall ist der Abb. 5 zugrunde gelegt ( $p = 1$ ,  $q = 3$ ). Für die praktische Verwendung schneidet man die Kurven zweckmässig aus Pappe und markiert an den Randpunkten die zugehörigen Werte von  $u$ .

Durch Parallelverschieben der  $C$ -Kurven kann jetzt das Integral von (2) gefunden werden.

Seien wieder  $p_0$  und  $p_0'$  die Anfangswerte der Lösung. Sie sind die Koordinaten des Punktes  $P_0$ , in dem das Linienbild beginnt. Dieses ist zunächst mit der Kurve  $C_1$  identisch und zwar bis zum Punkte  $P_1$ , in dem die erste von  $O$  aus gehende Tangente  $C_1$  berührt. Von dort an gilt nun die Kurve  $C_2$ , die so parallel verschoben wird, dass

die beiden zusammenfallenden Punkte von  $C_1$  und  $C_2$  zu den selben  $u$ -Werten gehören.  $C_2$  gilt jetzt wieder bis zu derjenigen Stelle, in der die nächste von  $O$  ausgehende Tangente berührt, u. s. f. Man hat also eine der früheren durchaus analoge Konstruktion, nur ist an Stelle der Kreise das Kurvenpaar  $C_1 C_2$  getreten.

Das Linienbild, das sich so ergibt, hängt stark und in nicht einfacher Weise von den Anfangsbedingungen ab und natürlich sehr wesentlich auch von der Form der Kurven  $C$ , also von der Art der Störung.

Hier sind in der Haupt- sache folgende Fälle zu unterscheiden:

$$1. \quad |K(u)| < \delta, \quad \varrho_1 < 0, \quad \varrho_2 > 0 \quad \text{für jedes } u.$$

Beide Kurven  $C$  sind konvexe Kurven, das Linienbild ist gezahnt (Abb. 5).

$$2. \quad K(u) > \delta \quad \text{also } \varrho_1 > 0, \quad \text{und um so mehr } \varrho_2 = \varrho_1 + 2\delta > 0.$$

Das Linienbild hat Schlaufenform (Abb. 6).

Eine oder beide Funktionen  $\varrho_1, \varrho_2$  wechseln im Innern des Intervalls  $(0, \Omega)$  das Zeichen. Das Linienbild zeigt verwickelte Zackenform.

Praktisch zu prüfen ist nun die Frage der periodischen Lösungen, bezw. der Resonanz. Da werden sicher die Anfangsbedingungen eine Hauptrolle spielen. Streng periodische Lösungen wird es nur ausnahmsweise geben bei speziellen  $K(u)$  und speziellen Anfangsbedingungen. Die Schleifen- oder Spitzkurve kann sich mehr und mehr von  $O$  entfernen oder aber um  $O$  umlaufen. Die Dimensionen einer Schleife können aus den Dimensionen der S-Bögen eingeschätzt werden. Sind sie klein gegenüber der Grösse  $\sqrt{p_0^2 + p_0'^2}$ , so kann wie bei der Eigenschwingung eine Näherungslösung von der Form

$$p^*(u) = a(u) \cos(u) + b(u) \sin(u)$$

mit langsam sich änderndem  $a$  und  $b$  angesetzt werden, indem man  $a$  und  $b$  als die Koordination eines mittleren Punktes der Schleife oder Zacke ansieht. Doch soll darauf hier nicht weiter eingegangen werden.

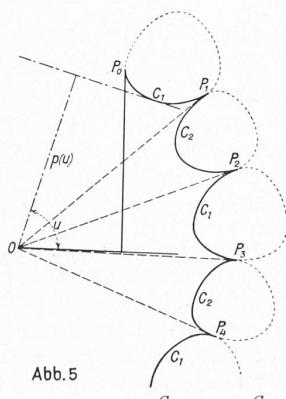


Abb. 5

$$\begin{aligned} 0 \leq u \leq \frac{\pi}{6} \quad \varrho &= -a \quad \varrho = 3a \\ \frac{\pi}{6} \leq u \leq \frac{\pi}{3} \quad \varrho &= -2a \quad \varrho = 2a \\ \frac{\pi}{3} \leq u \leq \frac{2\pi}{3} \quad \varrho &= -3a \quad \varrho = a \\ \Omega = \frac{2\pi}{3} \quad \delta &= 2a \end{aligned}$$

### Der Studio-Neubau des „Radio-Zürich“.

Von OTTO DÜRR, Arch. S. I. A., Zürich.

Die ersten, bescheidenen Studioräume, die die Radio-Genossenschaft in Zürich nach ihrer Gründung im Jahre 1924 im städtischen Amthaus IV am Lindenhof eingerichtet hatte, mussten infolge Raumangst bereits im Oktober 1927 aufgegeben werden; die Radiogenossenschaft bezog eigens ausgebauten Räume im Neubau des Geschäftshauses „Sihlporte“ in Zürich 1. Aber schon nach Ablauf von fünf Jahren konnten, infolge der sprunghaften Entwicklung des Radio und der gesteigerten Ansprüche der Hörer, auch diese Räume den grösseren Anforderungen nicht mehr genügen. Nach gründlicher Erwägung beschloss der leitende Ausschuss den Bau eines eigenen Radiohauses. Die Tatsache, dass das ständige Orchester des Landessenders Beromünster<sup>1)</sup> dem Studio Zürich zugesprochen wurde, fiel beim Beschluss stark ins Gewicht.

Als Bauplatz wurde ein in städtischem Besitz befindliches Grundstück im Milchbuckgebiet, an der Brunnenhofstrasse gewählt; entscheidend für diese Wahl war der günstige Preis des Baulandes, der um so stärker ins Gewicht fiel, als außer dem momentan erforderlichen Bedarf eine grössere Landreserve für spätere Erweiterungsbauten miterworben werden musste. Die Entwicklung des Radio ist noch keineswegs abgeschlossen, somit kann das Bedürfnis nach weiteren Räumen unvermutet auftreten. Sodann liegt das Grundstück abseits vom Strassenlärm und außer-

<sup>1)</sup> Dessen Beschreibung in SBZ Bd. 101, S. 33\* (21. Jan. 33). Red.

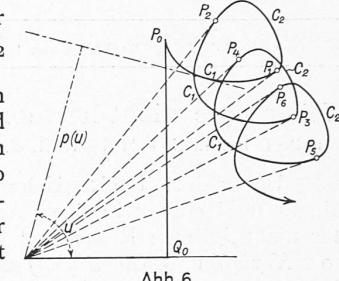


Abb. 6



Abb. 1. Studio-Gebäude des „Radio Zürich“. Ansicht von der Rückseite, aus Südsüdost (SO-Front).

halb des Störungsbereiches von Hochspannungsanlagen. Gegenüber diesen Vorteilen erschien die grössere Entfernung vom Stadtzentrum nicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Das Bauprogramm verlangte an erster Stelle die zweckmässige Gruppierung von drei verschiedenen Studioräumen um einen gemeinschaftlichen Verstärker- bzw. Apparatenraum. Dieser stellt die Zentrale des Organismus dar. Ausserdem wurde die betriebstechnisch richtige Anordnung von Nebenräumen für technische Zwecke, von Orchester-, Stimm- und Warteräumen, Archiven u. s. w. gefordert. Ein weiterer Programm punkt war die Schaffung von Bureauräumen für den Betrieb und die Zeitungsredaktion, sowie von zwei Wohnungen, für den Kapellmeister und den Hauswart. Für die Dimensionierung und den Ausbau der drei Studioräume waren nachstehende Zweckbestimmungen grundlegend.

I. Das grosse Studio dient als Konzertsaal für das Schweizerische Radio-Orchester mit einer Besetzung von 35 bis 45 Musikern. Der Raum muss sich für die Aufführung von Musikwerken, Chören und Orgelbegleitung, sowie für die Darbietung selbständiger Orgelwerke eignen.

II. Das mittlere Studio dient zur Aufführung von kleineren Musikwerken, Kammermusik und dergl.; ferner muss es ein Hörspielzelt und eine Regiezelte enthalten.

III. Das kleine Studio endlich ist bestimmt als Raum für den Sprecher, für Vortragende und für die Wiedergabe von Grammophonmusik.

Die Besonderheit dieser Räume liegt darin, dass ihre Akustik auf einen einzelnen Punkt, das *Mikrophon*, einzustellen ist. Die Schallwellen werden von diesem aufgenommen, im Apparatenraum verstärkt und durch besondere Kabel telephonisch auf den Landessender Beromünster

übertragen, von wo aus die Sendung in den Luftraum erfolgt.

Zur Erzielung von Wohlklang und einwandfreier Uebertragung der Radiodarbietungen müssen nachstehende Bedingungen erfüllt werden: 1. Das Volumen der Räume ist in richtige Beziehung zu der Zahl der Aufführenden (Musiker, Sprecher) zu bringen; 2. In jedem Raum ist eine bestimmte Nachhalldauer zu erzielen; 3. Die Studioräume und der Apparatenraum müssen unter sich gegen Schall durchdringung einwandfrei isoliert sein.

Die Lösung dieser Probleme erforderte gründliche Vorstudien. Seitens der Radio-Genossenschaft war eine viergliedrige Baukommission ernannt worden, bestehend aus den Herren Ing. H. Gwalter als Präsident, Stadtrat J. Baumann, Ing. Th. Kölliker und Direktor Dr. J. Job. Die Bearbeitung der akustischen und musikalischen Bauprobleme erfolgte durch die beiden Techniker des Radio-Zürich, E. Meier und Guhl, mit Kapellmeister Herm. Hofmann, in Ver-

bindung mit dem Architekten und dessen Mitarbeiter, Arch. Rud. Joss, sowie dem Ing.-Bureau Klinke & Meyer in Zürich. Als Wegleitungen standen hauptsächlich Erfahrungstatsachen zur Verfügung. Weitere Richtlinien konnten von der deutschen Reichsfunkstelle erhältlich gemacht, sowie der Fachliteratur entnommen werden. Zu Studienzwecken wurden ausserdem einige neuerbaute Studiohäuser in Frankfurt, Köln, Berlin und Rom besucht. Nach Abschluss der Vorstudien ergaben sich für die drei Studio folgende Ausmassen:

1. Grosses Studio:  
Aussenmasse 15,2 m × 24 m, lichte Höhe 8,90 m,

2. Mittleres Studio:  
Innenmasse 6,74 m × 9,27 m, lichte Höhe 6,00 m,

2. Kleines Studio:  
Grundfläche 21 m<sup>2</sup> lichte Höhe 2,70 m.

Aus den verschiedenen Raumgrössen ergab sich die Notwendigkeit, das grosse Studio als selbständigen Baukörper abzutrennen, und die beiden kleineren mit den Bureau-, Wohn- und Nebenräumen in einen zweiten Baukörper zu vereinigen. Die Trennung zwischen den beiden —l förmig zusammenstoßenden Gebäudeflügeln (Abb. 1) wurde bis in die Fundamente durchgeführt. Der Umstand, dass im grossen Studio die stärksten Klangwirkungen auftreten und zudem an den Flanken des Orchesterpodiums eine Orgel mit 28 Registern eingebaut wurde, bedingte die besonders sorgfältige Isolierung gegen Durchgangsschall.

Ferner hatte die Grundrisslösung auf spätere Erweiterungsmöglichkeiten Rücksicht zu nehmen; diese sind zweckmässig an die Stirnwand des grossen Studio anzugliedern. Durch diese Planung wurde, unter Berücksichtigung der städt. Bauordnung für das Milchbuckgebiet, die bestmögliche Ausnutzung des Grundstückes erzielt.

Die Gruppierung der drei Studio um den Verstärkerraum erfolgte durch dessen Einschieben auf gleiches Fußbodeniveau zwischen das grosse und das mittlere; das kleine Studio wurde über den Verstärkerraum verlegt (siehe Längsschnitt). Zufolge dieser Anordnung können das grosse und mittlere Studio, sowohl vom Verstärker- bzw. Apparatenraum als auch vom kleinen Studio aus, durch eingebaute Fenster übersehen werden; für



Abb. 2. Eingangvestibül im Erdgeschoss.



Abb. 3. Besucherloge im Korridor I. Stock.

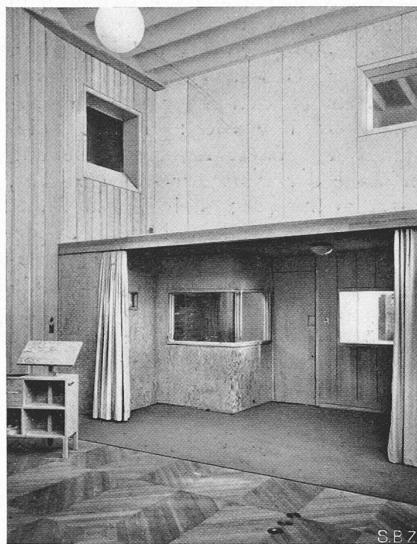


Abb. 5. Mittl. Studio, Schallschirm und Regiezelle.

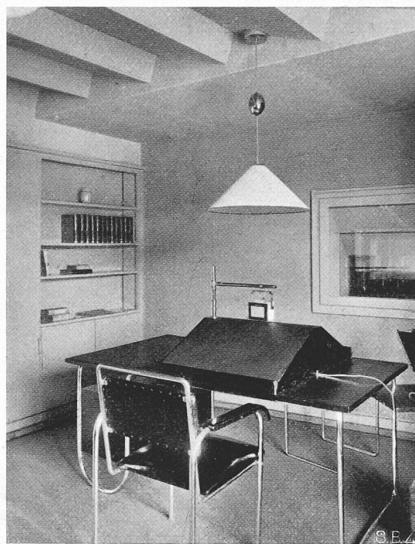


Abb. 6. Ansagerpult im kleinen Studio.

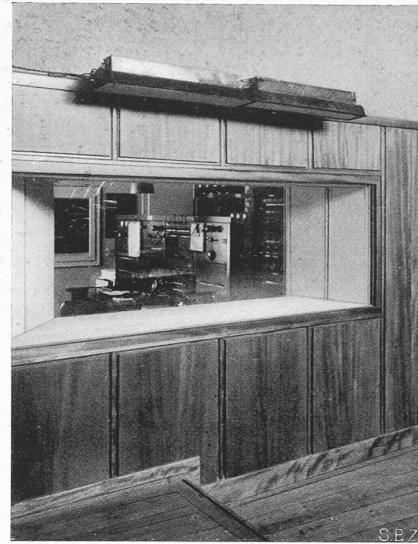


Abb. 7. Kontrollfenster zum grossen Studio.

störungsfreien Betrieb ist dies unerlässlich. Ausser den Technikern, die die Aufführungen überwachen (Abb. 7), muss es auch dem Ansager, der vom kleinen Studio aus die Programmfolge bekannt gibt, ermöglicht sein, die Bereitschaft der Aufführenden von Aug zu kontrollieren (Abb. 6).

An die erwähnten Hauträume schliessen sich im Erdgeschoss die Musikbibliothek und ein Solistenzimmer an. Ferner enthält das Parterre eine geräumige Vorhalle, ein Wartezimmer für Aufführende und ein Telephonzimmer. Aus der Vorhalle führt die Haupttreppe zum Direktionszimmer, der Zeitungsredaktion und der Kanzlei im ersten Stockwerk. Ausserdem enthält dies Geschoss die Zimmer des Kapellmeisters und des Sprechers; ferner, dem kleinen Studio vorgelagert, eine Besucherloge, von der aus das grosse und mittlere Studio ebenfalls überblickt werden können. Um Störungen der Emissionen durch Besucher zu vermeiden, ist die Loge gegen die genannten Räume praktisch schalldicht abgeschlossen; die Besucher hören die Darbietungen bereits durch Uebertragung.

Das zweite Stockwerk enthält die Wohnungen des Kapellmeisters und des Hauswärts. Infolge weitgehender Bedürfnisse musste das Untergeschoss gegenüber der früheren Projektierung, wonach nur ein Teil ausgenützt werden wollte, in vollem Umfange ausgebaut werden. Unterhalb des südöstlichen Teils des grossen Studio liegt der Orchesterraum. Ueber eine Verbindungstreppe unter der Orgel hindurch können die Musiker rasch und reibungslos auf das Orchesterpodium gelangen und ohne Kreuzung mit den nachfolgenden Mitwirkenden oder Chören, die das Studio durch die Halle betreten, dieses wieder verlassen. Neben dem Orchesterraum enthält das Untergeschoss des grossen Studio den Orgelmotorenraum, eine Garage, den Akkumulatorenraum und rückwärts gelegen einen „Echoraum“, sowie einen Raum für Requisiten.

Der senkrecht zum grossen Studio verlaufende Gebäudeteil enthält im Untergeschoss Techniker- und Dienstsräume, sowie das Office und den Erforschungsraum für das Orchester. Ausserdem sind daselbst der Telephon-

automat, Heizung, Toiletten und Kellerräume untergebracht. Die technischen Räume sind in vertikaler Richtung durch eine Diensttreppe miteinander verbunden und können vom Untergeschoss bis in den ersten Stock rasch erreicht werden.

Mit der Ausführung des Baues wurde Mitte Juli 1932 begonnen; der Bezug erfolgte zu Beginn des Monats April 1933, somit betrug die Bauzeit rund  $8\frac{1}{2}$  Monate. Der kubische Inhalt des Hauses beträgt  $8441,5 \text{ m}^3$ , seine Baukosten 549 615,95 Fr., ohne Umgebungsarbeiten, Beleuchtungskörper, Vorhänge, bewegliches Mobiliar und Orgel. Nach den Normen des S. I. A. berechnet, stellt sich der Preis auf 65,10 Fr./ $\text{m}^3$ , einschliesslich sämtlicher akustischer Massnahmen bzw. Einbauten.

#### SCHALLTECHNISCHE BESONDERHEITEN.

Nachdem Lage und Volumen der Studioräume und ihre Beziehung zum Apparateraum einmal festgelegt waren, stellten sich folgende, zur Hauptsache technische Probleme:

Erzielen einer guten akustischen Raumform.

Einhalten bestimmter Nachhalldauer (Reverberation).

Veränderungsmöglichkeiten der Nachhalldauer.

Schallsichere Trennung der Studioräume untereinander und gegen den Apparateraum.

Schallsichere Trennung der drei Studio gegen aussen.

Diese Forderungen waren für alle Studioräume zu erfüllen. Wir beschränken uns im Folgenden auf die Behandlung des grossen Studio; die Besonderheiten des mittleren Studio und des kleinen Studio werden wir in aller Kürze streifen.

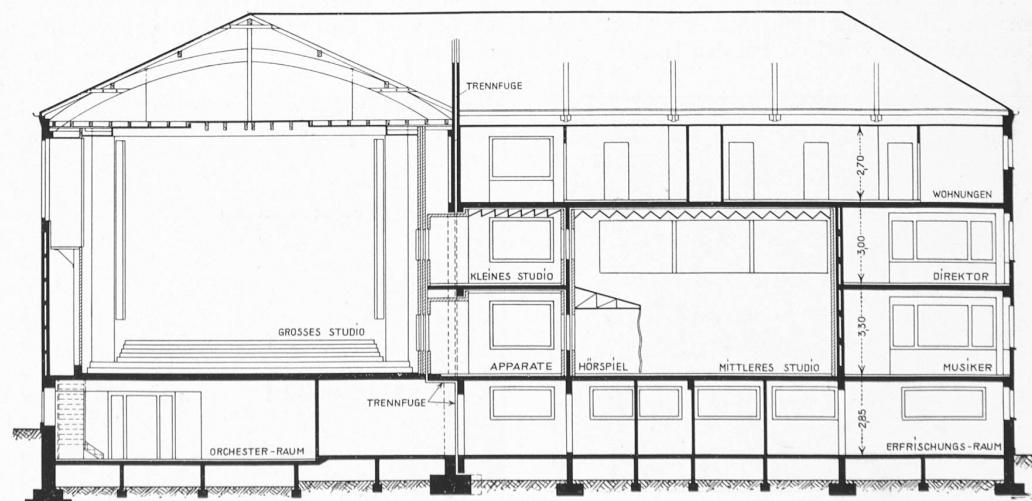




Abb. 8. Links Orgeljalousien; Dämpfungs-Rückwand.



Abb. 9. Grosses Studio, rechts Kontrollfenster und Besucherloge. Verstellbare Deckenöffnungen.

*Raumform.* Eine alte akustische Faustregel besagt, dass gefühlsmässig harmonische Raumdimensionen Voraussetzung einer guten Akustik seien. Dabei verstehen wir unter „guter Akustik“ die Summe aller Eigenschaften des Raumes, die die Tonausbreitung in einer für das menschliche Ohr vorteilhaften Weise ermöglichen. Ohne Zweifel ist die Schallverteilung in einem ausgesprochen langen oder hohen Raum ungleichmässig, und es kann deshalb in einem solchen eine einheitliche Klangwirkung nicht erwartet werden. Dass aber z. B. der „goldene Schnitt“ das einzige richtige Verhältnis von Länge zu Breite zu Höhe des Raumes sei, oder andere bestimmte mathematische Werte, wie dies von gewissen Autoren vermutet wurde, möchte ich sehr bezweifeln. Aeusserst wichtig jedoch ist es, Raumformen zu vermeiden, die Echobildung begünstigen. Im vorliegenden Falle des sog. grossen Studio war das Volumen des Saales, wie oben erwähnt, gegeben. Die ge-

wählte rechteckige Grundform bot gute Aufstellungsmöglichkeit für das Orchester und den Chor auf einem leicht ansteigenden Podium; es ergeben sich ähnliche Verhältnisse wie im Konzertsaal. Zwei Drittel des Raumes bleiben frei für die Zuhörer, bzw. für die beweglich aufgehängten Mikrophone. An Stelle der Dämpfung durch die Zuhörer tritt die schallabsorbierende Eigenschaft von Wänden, Boden und Decke. Rechts und links vom Chor ist die Orgel in besondern Gehäusen untergebracht, mit nach hinten geöffneten Betonjalousien (Abb. 8). Der direkte Schall erfährt eine wesentliche Verstärkung durch den indirekten, von den harten Betonwänden des Podiums reflektierten. Die Rückwand des Saales, dem Podium gegenüber, ist mit stark absorbierendem Material verkleidet und bewirkt, dass der Schall die Längsrichtung des Saales nicht ein zweites Mal durchläuft; die Seitenwände erhielten einen leicht absorbierenden Verputz aus Muschelkalk. Da immer noch 80 bis

90 % der auf die Verputzfläche auffallenden Schallenergie zurückgeworfen werden, und ein Teil der primären Schallwellen senkrecht auffällt, bestand die Gefahr einer mehrfachen Reflexion von einer Längswand zur andern (stehende Wellen), für die besonders das Mikrophon grosse Empfindlichkeit zeigt. Aus diesem Grunde wurden die Längswände leicht verschoben, sodass sich aus der ursprünglich rechteckigen Saalform ein Trapez ergab. Die Saaldecke ist durch starke Querunterzüge gegliedert und mit dünnen Holzfaserplatten verkleidet. Die Unterzüge dienen als Verkleidung der Zugglieder der Dachbinder (System Hetzer), gleichzeitig durchmischen sie den Raumschall.

*Nachhalldauer.* Der Wohlklang (Klangfarbe) im Raum hängt im wesentlichen von

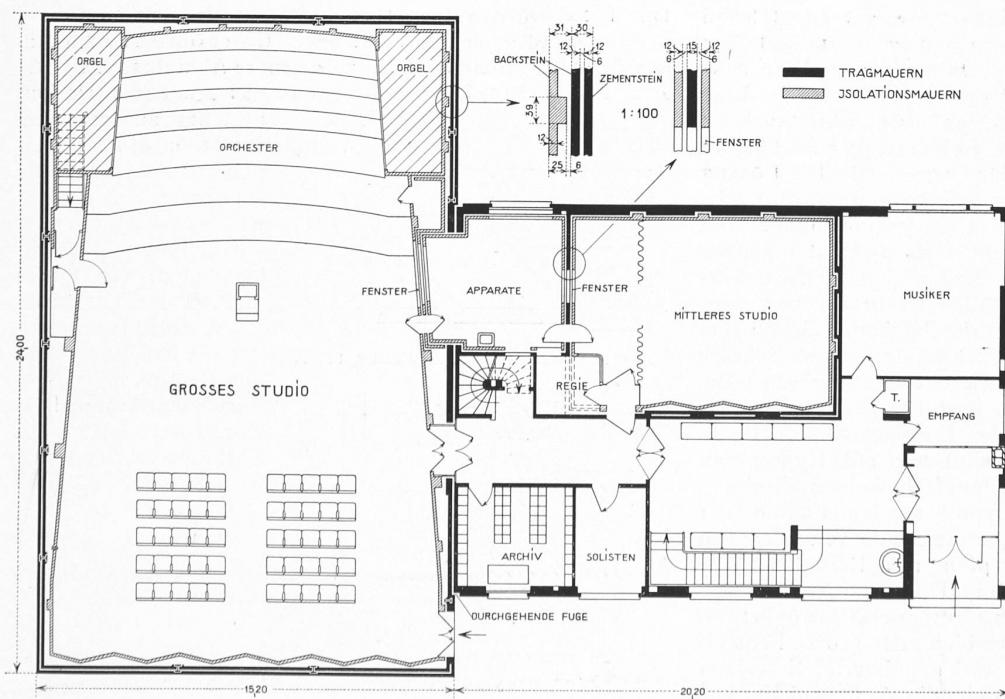


Abb. 3. Grundriss, bzw. Horizontalschnitt in Hauptgeschoss-Höhe, 1 : 250. — Tragwände schwarz, Schallwände schraffiert.

der Dauer des Nachhalles (Reverberation) ab. Sie lässt sich mittels Instrumenten feststellen, in sehr grossen Räumen angenähert schon mit Stoppuhr und blossem Ohr. Als Nachhalldauer bezeichnen wir das Zeitintervall zwischen dem Moment des Aussetzens der schallerzeugenden Energie bis zum vollständigen Verschwinden des Tones, bzw. bis zum Verschwinden unter die normale menschliche Hörschwelle. Die Nachhalldauer ist bei gegebenem Volumen und gegebener Schallenergie abhängig von der Beschaffenheit der Saaloberflächen und der Zahl der Zuhörer. Die für die Klangwirkung beste Nachhalldauer  $T_{opt}$  wurde erstmals von dem amerikanischen Physiker Sabine durch eine auf empirischem Weg gefundene Formel ausgedrückt. Je nach der Art der Musik empfiehlt es sich, den gefundenen Wert von  $T_{opt}$  genau einzuhalten, etwas kleiner oder grösser anzunehmen; für Wiedergabe mit dem Mikrophon gilt dabei die unterste Grenze. Im Zürcherstudio ergab die Rechnung:

$$T_{opt} = 1,28 \text{ sec} \text{ (bei Frequenz } 512\text{).}$$

Es wurden nunmehr die verschiedensten Annahmen für die Ausstattung des Studio durchgerechnet, immer in Berücksichtigung einer möglichst gleichmässigen Absorption des Materials. Filz und Stoffe wurden dabei ausgeschieden, da sie die hohen Töne bedeutend stärker aufnehmen. Als günstiger wurden Holz und Zuckerrohrfaserplatten gefunden; ferner Naturholz, Korkplatten und poröser Wandverputz. So einfach die Auswahl der verschiedenen Materialien nach Absorptionseigenschaften scheinen mag, um so schwieriger lässt sich dies mit den architektonischen, hygienischen und beleuchtungstechnischen Forderungen und erträglichen Baukosten vereinbaren.

Ausserdem bietet die im Handel befindlichen Materialien keine sichere Gewähr, dass die Koeffizienten der Rechnung auch eingehalten werden. Für eine ganze Reihe von Materialien sind keine Absorptionswerte bekannt, diese müssen schätzungsweise eingesetzt werden. Eine entsprechende Vorarbeit im schalltechnischen Laboratorium müsste diese Lücken ergänzen. Die Messungen am fertigen Saal haben wohl noch unterschiedliche Werte für die Nachhalldauer bei verschiedenen Frequenzen ergeben, der Durchschnittswert für den wichtigsten Wellenbereich entspricht indessen dem errechneten Optimal-Wert. Das praktische Resultat, die Klangfarbe im Raum und die Uebertragung durch das Mikrophon im Zürcher Studio sind von kompetenter Seite als überraschend gut bezeichnet worden.

*Künstliche Veränderungsmöglichkeit der Nachhalldauer.* Die optimale Nachhalldauer kann nur angenähert erreicht werden. Aussen den im vorherigen Abschnitt angeführten Faktoren liegt die Möglichkeit von weiteren veränderlichen Einwirkungen nahe, wie Luftfeuchtigkeit, langsame Austrocknung des Mauerwerks und der Verkleidungen. Eine ständige Korrekturmöglichkeit schien erwünscht. Auch ist z. B. für den Chorgesang oder Solovortrag eine kürzere Nachhalldauer erforderlich als für Orgelmusik. Die Lösung wurde auf dem Wege der Volumenänderung versucht: die Saaldecke erhielt Durchbrüche in Gitteranordnung. Die Summe der Gitterschlitzte beträgt etwa 25% der ganzen Deckenfläche; sie bringen den Saal in unmittelbare Verbindung mit dem darüber liegenden Dachraum von etwa 700 m<sup>3</sup> Luftinhalt, von dem der durchgehende Schall zum grössten Teil absorbiert wird. Durch Eindecken der Schlitzte mit einem harten Material fällt diese Dämpfung weg; die Variationsmöglichkeit beträgt je nach der Frequenz 0,1 bis 0,25 sec. Ueber die tatsächliche Einwirkung des Dachvolumens auf den Wohlklang sind wir auf Hypothesen angewiesen, da wir ja für die Klangfarbe keinen absoluten Maßstab besitzen. Eine dieser Hypothesen lautet dahin, der Dachraum wirke als Schallkissen, er gleiche die verschiedenen Frequenzen durch elastische Dämpfung aus. Bezugliche Versuche sind unseres Wissens auch in Turin und Mailand vorgenommen worden. Eine weitere Veränderungsmöglichkeit der Nachhalldauer von rd. 0,1 sec bietet der grosse Fenster-Vorhang; dagegen gehören die stark gepolsterten Sessel zur ständigen Dämpfungsfläche, damit die Anwesenheit von Zuhörern im Saale die Nachhalldauer nicht beeinflusst.

*Schallsichere Trennung der Studioräume gegeneinander.* Die Aufgabe wäre theoretisch recht einfach zu lösen: man erstellt innerhalb eines tragenden Systems unabhängige Räume mit eigenen Wänden, Böden und Decken, die in keinerlei leitender Verbindung mit dem Tragsystem stehen. Die Schwierigkeit liegt jedoch in der praktischen Ausführung der Türen, Fenster, Leitungen aller Art, ebenfalls auch der Lüftungskanäle. Die zur Verfügung stehende Bau summe erlaubte uns nur die wichtigsten Räume schallsicher auszubauen; im übrigen wurde durch geeignete Wahl der Baustoffe und durch vielfache Untertrennung des Tragsystems die Schall-Fortpflanzung im Bau herabgesetzt.

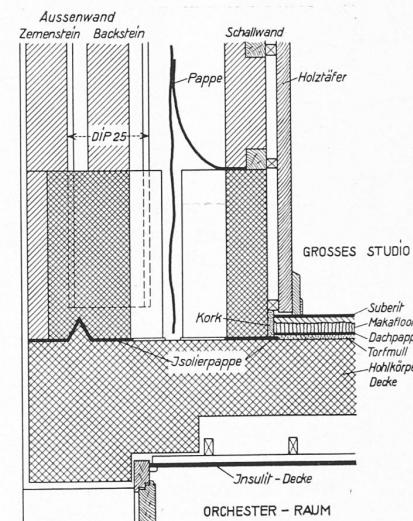
Als tragendes System wurden Backsteinmauern und Eisenbeton-Tonhohlkörperdecken ohne Ueberbeton gewählt. Die einzelnen Tragglieder sollen keine übermässigen Spannungen aufweisen.

Decke und Unterzüge erhielten Auflager aus Bitumenfilz, desgleichen das Mauerauflager über den Decken (siehe Abbildung 10).

Innerhalb der tragenden Mauern erhielten die Studioräume und der Apparateraum innere

Backsteinmauern von 12 cm Stärke, wo nötig, mit Lisenen und armierten Betonkurgen verstiftet. Diese „Schallwände“ wurden auf einer an Ort und Stelle gegossenen Betonschwelle auf die Decken abgestützt.

Abb. 10. Schalldichtung der Aussenwand des grossen Studio. — Maßstab 1 : 20.



Je nach Erfordernis sind diese Mauern innen verputzt, getäfert, oder mit Absorptionsmaterial verkleidet. Zwischen Schallmauer und Tragmauer wurde eine schwere Pappe lose gehängt (Abb. 10). Alle Stöße und Anschlüsse sind dicht verklebt; die Pappe hält den die Schallmauer durchdringenden Schall von der Tragmauer fern. Die Ausbildung der Kontrollfenster ist in Abb. 11 veranschaulicht. Die Türen wurden doppelt angeordnet; sie bilden auf diese Weise schallsichernde Vorräume. Ueber ihre Ausbildung mit flexibler Gummidichtung orientiert Abbildung 12. Die nichttragenden Decken bestehen aus dicht gestossenen Holzfaserplatten; die Hohlräume sind teilweise mit Holzwolle ausgestopft. Ein gut isolierender Unterlagsboden, mit einem dichten Belag (Linoleum, Korkplatten) bildet die Isolation gegen den Beton. Im Studio-Zürich wurde Makafloor-Unterlagsboden mit Torfmull verwendet.

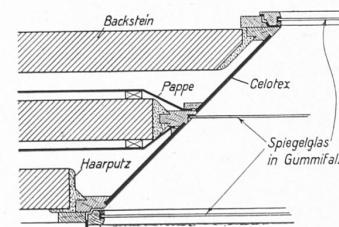


Abb. 11. Schalldichtes Kontrollfenster, 1 : 20.

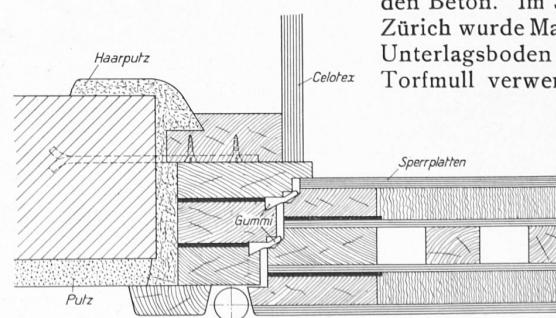


Abb. 12. Satt ausgestopfte schalldichte Türe. — Horizontalschnitt, 1 : 5.

Das Ergebnis dieser Massnahmen hat die Erwartungen erfüllt. Es kann gleichzeitig im grossen Studio das Orchester spielen, im mittleren Studio ein Hörspiel mit Schallplatten gepröbt werden und im kleinen Studio der Sprecher seine Mitteilungen ins Mikrophon geben: im Apparateraum ist kein direkter Ton zu hören, nur die leise eingestellten Kontroll-Lautsprecher und der Blick durch die dreifachen Spiegelglasscheiben auf das arbeitende Orchester zeigen uns, dass gleichzeitig Sendung und Probe stattfinden. Alle Signale werden mit farbigen Tischleuchtknöpfen übermittelt oder durch das Haustelephon.

*Schallsichere Trennung der Studioräume gegen aussen.* Obschon das neue Studio-Gebäude in einem ruhigen Außenquartier liegt, musste auf eine gute Schalldichtung gegen aussen geachtet werden. Es wurden aus diesem Grunde auch Doppel-Fenster angeordnet. Das innere Holzfenster mit 8 mm Spiegelverglasung, vibrationsfrei im Blei gelagert, fügt sich dicht in die Schallmauer ein, das äussere Fenster aus Eisen ist in die äussere Tragmauer eingesetzt. Beide Fenster sind mit Kuppelstangen verbunden und durch das gleiche Getriebe vom Studio aus zu bedienen. Ein Verzicht auf Tageslicht hätte die Sache wesentlich vereinfacht, jedoch eine besondere Lüftungsanlage erfordert. Diese durfte bei den grossen Raumausmassen und der geringen Zahl der darin befindlichen Menschen vernachlässigt werden. Bei einer Lage des Studio im Bereich des Verkehrslärms wäre die andere Lösung gegeben gewesen.

*Das mittlere Studio* zeigt als akustische Besonderheit den Einbau eines Schallschirmes in halber Höhe. Im selben Raum entstehen dadurch zweierlei ganz verschiedene akustische Verhalten. Unter dem Schirm kommt das gesprochene Wort (Hörspiel) besonders gut zur Geltung, der eigentliche hohe Raum von 5,80 m dient der Aufführung von Kammermusik und Solovortrag. Eine schallsichere eingebaute Kabine, die Regie-Zelle, erlaubt dem Spielleiter aus nächster Nähe durch drei Glasscheiben getrennt schon die Übertragung des Stückes zu kontrollieren. Um die Streichinstrumente zu voller Klangwirkung zu bringen, ist das Studio mit massivem Oregon-Holz stark getäfelt; die errechnete Nachhalldauer von etwa 1 sec ist erreicht worden. Trotz unregelmässiger Befestigung hat das Wandtafel zwei ausgesprochene Eigenresonanzen. Für das normale Ohr kaum vernehmbar, zeigen sich diese Resonanzen in der Übertragung schon deutlicher und sind durch elektrische Vibrationsmessungen ohne weiteres festzustellen. Gegenwärtig sind Untersuchungen im Gang, diese Eigenresonanzen auf ein ungefährliches Mass herabzusetzen. Die Verwendung grösserer Holzflächen ist immer mit dieser Gefahr der Eigenresonanz verbunden, erlaubt anderseits wieder die Streichinstrumente besonders schön zur Geltung zu bringen.

*Im kleinen Studio* erhalten wir entsprechend dem kleinen Luftinhalt eine sehr kurze Nachhalldauer (rd. 0,5 sec), wie sie für die genaueste Wiedergabe des gesprochenen Wortes erforderlich ist.

*Der Echoraum* befindet sich im Untergeschoss, er dient der künstlichen Erzeugung von Echo. Der Raum, von rd. 8 × 10 m ist ringsum mit hartem Zementglattstrich versehen, der den Schall sehr schwach absorbiert, die Nachhalldauer beträgt daher bis 12 sec. Die Sendung aus den Studioräumen wird hier durch einen Lautsprecher wiedergegeben und am andern Ende des Raumes mit einer Zeitverschiebung von etwa  $\frac{1}{80}$  sec und der grossen Nachhallwirkung auf ein zweites Mikrophon aufgenommen und der primären Sendung nach Bedarf beigemischt. Diese Art künstlicher Echobildung ist im grossen Studio auf natürliche Weise durch den Dachraum ersetzt und wird dort höchstens bei Orgelkonzerten noch verstärkt.

*Allgemeines.* Bei der Projektierung und während der Bauausführung wurde mehrfach auf die Wünschbarkeit hingewiesen, die errechneten und angenommenen Einrichtungen probeweise in Betrieb zu nehmen. Die kurze Bauzeit von  $8\frac{1}{2}$  Monaten und die knappe Zeit für Vorstudien erlaubten jedoch keine Prüfungen vor Fertigstellung des

Baues. Wenn trotzdem das Ergebnis den gehegten Erwartungen entsprochen hat, so ist dies in hohem Masse der guten Zusammenarbeit zwischen den Vertretern der Bauherrschaft, dem Architekten, dem Ingenieur und den ausführenden Unternehmern zuzuschreiben.

## Fernsehen mit Kathodenstrahlen.

Von Dr. A. STÄGER, Physiker, London.

Noch vor wenigen Jahren galt das Fernsehen für kaum realisierbar. Auch nachdem J. L. Baird (London) im April 1925 in einem Londoner Warenhaus primitive elektrische Übertragungen bewegter Gegenstände öffentlich vorgeführt hatte, wurde die Entwicklungsmöglichkeit noch lange unterschätzt. Heute gibt es allein in England schon etwa 10 000 Amateure, welche die im Studio der British Broadcasting Co. sich abspielenden Szenen auf dem Schirm ihres Heimempfängers (Abb. 4) verfolgen.

Wenn man den gedanklichen Keim der Fernsehtechnik herausschält, findet man — vielleicht enttäuscht — dass diese im wesentlichen auf einer Reihe längst bekannter oder einfacher Vorgänge beruht, die geschickt kombiniert wurden. Allen bisher benutzten Verfahren liegt das Prinzip der punktweisen Abtastung und Zusammensetzung zugrunde. Das heisst, der fernzusehende Gegenstand wird Punkt für Punkt von einer Photozelle „angeguckt“, wie der Leser die Buchstaben eines Schriftstückes nacheinander ansieht und mit seinem Blick Zeile um Zeile abtastet. Die Photozelle verwandelt den Helligkeitswert jedes „gesehenen“ Punktes in einen entsprechenden elektrischen Stromstoss. Die Stösse werden verstärkt und dienen zur Modulierung einer hochfrequenten Trägerwelle; diese strahlt aus der Antenne des Senders aus und erreicht die weit entfernte Empfangsantenne. Im Empfänger werden Stromimpulse rückwärts in Lichtblitze übersetzt und diese auf dem Empfangsschirm so neben- und untereinander angeordnet, wie die Buchstaben beim Maschinenschreiben; Lichtfleck wird neben Lichtfleck gereiht, bis die Zeile fertig, und Zeile wird unter Zeile gesetzt, bis die Fläche voll ist. Natürlich müssen Sender und Empfänger solchermassen elektrisch ferngekuppelt werden, dass Synchronismus und Phasengleichheit bestehen. Der fernzusehende Gegenstand wird in jeder Sekunde wiederholt ganz abgetastet, dementsprechend auch die Bildfläche des Empfängers. Die Betrachtung der Fernsehbilder auf dem Empfangsschirm setzt die Trägheit des menschlichen Auges voraus, die Nachwirkung der Lichteindrücke auf der Netzhaut. Der kleine Lichtfleck gleitet mit so grosser Geschwindigkeit über die Leuchtfläche, dass diese überall gleichzeitig zu leuchten scheint. Das Fernsehen beruht somit, wie die Betrachtung jeder Kinofilm-Projektion, auf einer optischen Täuschung.

In der ersten Entwicklungsstufe der Fernsehtechnik dienten mechanisch-optische Systeme, wie Spirallochscheiben, Spiegelräder und Spiegelschrauben zur Abtastung; in den letzten Jahren kam die elektrisch-optische Bildzerlegung und -zusammensetzung immer mehr auf. M. v. Ardenne (Berlin) erkannte frühzeitig die Überlegenheit dieser Verfahren, die völlig auf die mechanische Bewegung trägeheitsbehafteter Teile verzichten und die praktisch trägeitsfreien Elektronen eines Kathodenstrahls benutzen. Nur diese vermögen die erforderlichen sehr raschen Bewegungen verzerrungsfrei auszuführen und die nötige hohe Punktzahl der Einzelbilder zu schaffen. In verschiedenen Staaten werden heute für jedes Bild 180 Zeilen, jede zu mehr als 180 Bildpunkten, verwendet. Sollen flimmerfreie Bildeindrücke mit genügendem Detailreichtum der Zeichnung und Schattierung entstehen und natürliche Bewegung vortäuschen, so müssen die Einzelbilder in rascher Folge übertragen werden. Moderne Fernsehsender benutzen eine Bildfrequenz von 25 Einzelbildern in der Sekunde. Die neue deutsche Normung hat 180 Zeilen, 40 000 Bildpunkte und 25 Bilder pro sec festgelegt. Die Gesamtzahl der sekundlich zu übertragenden Punkte ist demnach  $40\,000 \times 25 = 1\,000\,000$ !