

Zeitschrift: Das Werk : Architektur und Kunst = L'oeuvre : architecture et art
Band: 15 (1928)

Rubrik: Technische Mitteilungen

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: 15.01.2026

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

DAS WERK

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

ZEHNTE HEFT - OKTOBER 1928 - NACHDRUCK VERBOTEN

KIRCHENAKUSTIK

F. R. WATSON, PROF. AN DER UNIVERSITÄT VON ILLINOIS (U. S. A.) / Mit Genehmigung der Zeitschrift »Die Schalltechnik«

Fast jeder war einmal in der unangenehmen Lage, dass er einen Vortragenden nicht verstehen konnte. Dann wurde sogleich beanstandet, dass keine Fäden ausgespannt waren oder keine Resonanzfläche zur Anwendung gelangte. Die heutige Wissenschaft erklärt diese Mittel für praktisch nutzlos trotz der Tatsache, dass sie allgemein als Verbesserungsmittel angesehen werden.

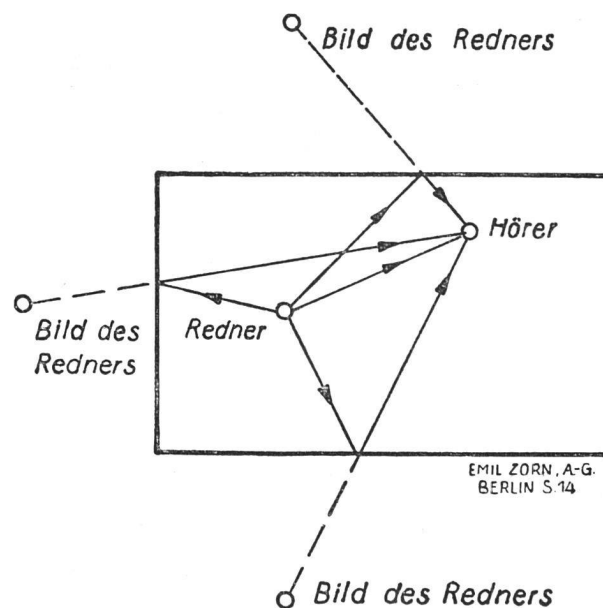
Die schalltechnische Anordnung von Räumen ist ein neues Forschungsgebiet und wurde zu einer wichtigen Aufgabe, als man grosse Hörsäle aus Stahl und Mörtel baute. Tatsächlich sind nur wenige Architekten über den wissenschaftlichen Fortschritt auf diesem Gebiet unterrichtet; nicht nur, weil die Entwicklung verhältnismässig jung ist — etwa seit 1900 wird z. B. in kaum einem Dutzend amerikanischer Schulen Unterricht darüber gegeben — sondern auch, weil die vielen herausgegebenen Berichte über die Hörsamkeit für sie viel zu schwer verständlich geschrieben sind. Ferner wegen der Abneigung der Architekten, in dem an sich schon verwickelten Problem des Häuserbaues einen neuen Gesichtspunkt berücksichtigen zu müssen, der mit erhöhten Ausgaben verbunden ist.

Die praktischen Fortschritte in der schalltechnischen Anordnung von Räumen sind von Handelsfirmen angeregt worden, die verschiedene Erzeugnisse entwickelt haben, die grössere oder kleinere akustische Vorteile aufweisen und die diese Waren nach modernen Verkaufsgrundsätzen den in Frage kommenden Abnehmern anbieten. Augenblicklich erscheint es als wichtig, Anleitungen zu bringen, die sich auf wissenschaftlicher Grundlage aufbauen und dennoch derart vereinfacht sind, dass der Laie, der vor die Notwendigkeit der Anschaffung einer schalltechnisch richtigen Anlage gestellt ist, diese ohne weiteres verstehen kann.

Von einer idealen Hörsamkeit wird gefordert, dass der Schall jeden Zuhörer in richtiger Stärke und Deutlichkeit erreicht, ferner dass starker Nachhall, »tote Punkte« und andere Fehler vermieden oder eingeschränkt werden. Es ist möglich, solche erwünschte Verhältnisse in weitgehendem Masse zu erreichen. Der Zweck dieses Aufsatzes ist, einige der grundlegenden Wirkungen des Schalles zu erläutern und zu zeigen, wie Kirchenräume zwecks Erreichung guter schalltechnischer Eigenschaften verbessert werden können.

Im Freien pflanzen sich die Laute eines Redners fast verzerrungsfrei fort, und man erhält somit eine fehlerfreie Hörsamkeit. Aber nur wenige Zuhörer, die auf einer Ebene um den Redner versammelt sind, können ihn verstehen, weil ein grosser Teil des Schalles nach oben hin entweicht und verlorengeht und der nach der Seite hin entweichende Schall äusserst schnell von der Kleidung

der Zuhörer verschluckt wird. Ein Hörsaal verbessert diesen Zustand. Ein erhöhtes Podium gestattet allen Zuhörern, den Redner zu sehen und zu hören. Durch Anbringen eines Balkons können die am Aussenrande befindlichen Zuhörer dem Redner nähergebracht werden. Die umschliessenden Flächen dienen zum Rückwurf des sich nach oben bewegenden Schalles und steigern dadurch die Lautstärke für sämtliche im Raume befindlichen Zuhörer. Während der Hörsaal daher einige Vorteile hat, bewirkt er auch wiederum einige Nachteile. So z. B. kann der rückgeworfene Schall, der den Hauptunterschied zwischen der Hörsamkeit im Freien und dem Hörsaal bildet, beträchtliche Schwierigkeiten hervorrufen. Eine Untersuchung seiner Wirkung ist eine wichtige Vorbedingung zur Erreichung einer guten Hörsamkeit in einem Hörsaal.



Darstellung des wirklichen Redners und seiner 3 mit ihm gleichzeitig sprechenden Schallbilder.

Der Schall pflanzt sich in Kugelwellen mit der grossen Geschwindigkeit von 340 m in der Sekunde bei gewöhnlicher Temperatur fort. Dies entspricht etwa der Geschwindigkeit eines Geschosses. Daher wird der Schall etwa 34 mal in der Sekunde zwischen 10 m entfernten Wänden rückgeworfen. Wegen dieses sehr schnellen Rückwurfes wird der Schall einen Hörsaal von üblichen Ausmassen in dem Bruchteil einer Sekunde ausfüllen. Dadurch gewährleistet er eine hinreichende Lautstärke in jedem Teil des Saales.

Ein Laut der menschlichen Sprache, z. B. in den Worten

eines Redners, braucht etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde zu seiner Vollendung, und er pflanzt sich 34 m fort, ehe das Wort vollendet ist, d. h. auf das Freie bezogen, ein Redner befindet sich im Mittelpunkt einer Kugel von 34 m Halbmesser, der mit dem Schall des Wortes erfüllt ist. In einem Hörsaal dagegen würden die Schallwellen mehrmals beim Zurücklegen der 34 m rückgeworfen werden. Dadurch würden die Schallwellen anstatt in einer Kugel in sich überlappenden Kugelschalen nach allen Richtungen hin fortschreiten und den Saal mit dem Schall des Wortes erfüllen, bevor es der Redner überhaupt vollendet hat.

Diese sich überlappenden Schallwellen können bestimmte Störungen hervorrufen. Z. B. wird der Schall (in ähnlicher Weise, wie das Licht von einem Spiegel rückgeworfen wird) von der hinter dem Redner befindlichen Wand gespiegelt, d. h. der Redner hat ein verzerrtes Schallbild hinter der rückwerfenden Wand, das seine Worte nachahmt. Es kommt dann darauf hinaus, als ob zwei Redner die gleichen Worte zur selben Zeit sprechen würden. Man stelle sich die Wirkung auf einen Zuhörer vor! Sind die beiden Redner dicht beieinander, so ist der Eindruck günstig, sind sie jedoch weit entfernt, z. B. wenn der Redner in einiger Entfernung von der rückwerfenden Wand steht, so tritt ein Verwischen des Schalles ein, und er ist nur schwer verständlich. Der Schall wird jedoch nicht nur von der hinter dem Redner befindlichen Wand rückgeworfen, sondern auch von allen übrigen Wänden, so dass der Hörer nicht den Redner allein, sondern eine ganze Anzahl scheinbarer Redner hört. Dies wird durch die rückwerfenden Wände bewirkt, und die Störungsmöglichkeiten kann man sich leicht vorstellen.

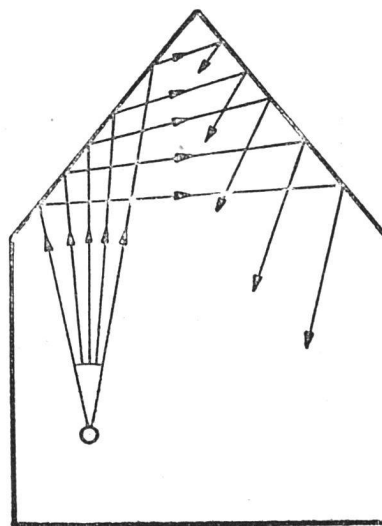
Die neuere Forschung hat gezeigt, dass Wände in einer Entfernung von 7,6 m oder auch weniger vom Redner einen durchaus günstigen Schallrückwurf bewirken. Dies zeigt, wie wichtig es ist, einen Redner in die Nähe rückwerfender Wände zu stellen. Wände, die mehr als 7,6 m entfernt sind, bieten bereits Schwierigkeiten, aber glücklicherweise wird ihr Einfluss bei steigender Entfernung geringer, weil der scheinbare Redner sich nun entfernter vom Zuhörer befindet. Wenn eine Wand, sich in einigem Abstand vom Zuhörer befindet, so kann der rückgeworfene Schall einige Zeit nach dem unmittelbar erzeugten Schall ankommen und ruft somit einen Widerhall (Echo) hervor, d. h. eine deutliche Störung des unmittelbaren Schalles. Rückwerfende Wände, die merkliche Fehler hervorrufen, können gepolstert werden.

Der grösste Nachteil, den der Rückwurf in einem Saal hervorruft, ist die zeitliche Verlängerung des Schalles, die man Nachhall nennt. Sobald der Schall eine Wand oder eine Decke erreicht, wird er teilweise rückgeworfen, teilweise verschluckt und in bestimmten, von der Eigenart der rückwerfenden Oberfläche abhängigen Mengen fortgepflanzt. So z. B. wirft eine harte Mörtelwand 95 Prozent und mehr des einfallenden Schalles zurück und verschluckt daher wenig. Dagegen vermag eine Lage Haarfilz von etwa 2,5 cm Dicke bereits 55 Prozent zu verschlucken bei einem entsprechend geringeren Schallrückwurf. Ist ein Saal von Mörtel, Glas und Holzwänden begrenzt, so ist seine Schallschluckung nur sehr gering, d. h. die Laute eines Redners werden sich überlappen und auf die Hörer verwirrend wirken, da der Schall etwa 200- bis 300 mal rückgeworfen werden kann,

bevor er unhörbar wird. Gefordert wird, dass jeder Laut bis auf eine brauchbare Stärke anwächst, seinen Eindruck auf den Zuhörer macht und dann abklingt, damit der Luftraum für den folgenden Laut frei ist.

Die Anwendung von Teppichen, Haarfilz und ähnlichen Stoffen erhöht die Schallschluckung und ist ein Mittel, den Nachhall in einem Saal zu regeln. Eine Hörschaft wirkt ausgezeichnet schallaufsaugend, infolge ihrer Kleidung. Im Winter, wenn Mäntel und schwerere Kleidungen getragen werden, ist die Schallschluckung grösser als im Sommer. Ein mit einer grossen Hörschaft gefüllter Raum kann zufriedenstellend wirken, aber heutigem Gebrauch gemäss werden noch schallschluckende Stoffe angebracht, um mangelhafter Hörsamkeit bei kleinerer Zuhörerschaft oder bei Proben in der leeren Halle vorzubeugen. Es taucht die wichtige Frage auf, welche schallschluckenden Stoffmengen angebracht werden sollen, um eine gute Wirkung hervorzurufen.

Die Antwort auf diese Frage hat man erhalten, indem man das Urteil von Hörern über Säle prüfte, die bereits eine gute Hörsamkeit besaßen. Es zeigte sich, dass ein Normalschall, je nach dem Umfang der Zuhörerschaft, in etwa 2 Sekunden abklingen soll. Damit können dann Berechnungen aufgestellt werden zur Feststellung der für



EMIL ZORN, A.-G.
BERLIN S.14

Von gotischen Decken doppelt zurückgeworfener Schall.

die Zuhörerschaft benötigten Stoffmenge und zur Ermittlung der Nachhallzeit.

Nachdem man nun die zur günstigsten Hörsamkeit notwendige Stoffmenge bestimmt hat, kommt die Frage ihrer Anordnung. Die Erfahrung zeigt, dass einige Wände wahrscheinlich lästigere Schallrückwürfe hervorrufen werden als andere. Z. B. kann eine Rückwand den Schall zu einem Hörer in der Nähe des Redners rückwerfen und dabei einen deutlichen Widerhall hervorrufen. Er ist eine Wiederholung des unmittelbar erzeugten Schalles. Diese Wirkung tritt ein, wenn der Zeitunterschied zwischen dem unmittelbaren und dem rückgeworfenen Schall etwa eine Zehntelsekunde oder mehr beträgt und der Wegunterschied der beiden Schalle wenigstens 34 m ausmacht, ferner wenn die Entfernung zwischen der rückwerfenden Wand und dem Redner etwa 17 m be-

trägt. Bei grösserem Abstand der Wand wird der Widerhall sich verschlimmern. Ist die rückwerfende Wand gewölbt, was sehr oft der Fall ist, so tritt eine Brennpunktswirkung auf, und der Widerhall ist noch deutlicher. Um diesen Nachteil zu verkleinern, ist es erwünscht, schallschluckende Stoffe auf solchen rückwerfenden Wänden anzubringen, besonders auf jenen, die von der Bühne entfernter liegen. Dieser Brauch findet auch aus anderen Gründen Zustimmung. Der Versuch hat gezeigt, dass eine bessere Hörsamkeit erreicht wird, wenn die Wände um den Redner herum widerhallend gelassen werden und nur die der Hörerschaft nahegelegenen Wände gepolstert werden. Dann hat der Redner oder auftretende Künstler die Empfindung, »leicht zu sprechen oder zu spielen«, und die Zuhörerschaft empfindet das Zuhören als zufriedenstellend.

Auch die Form eines Zuhörerraumes muss beachtet werden. Ganz allgemein ist eine rechteckige Form vorzuziehen. Gewölbte Wände rufen exzentrische Schallrückwürfe hervor und können einen unerwünschten Widerhall hervorbringen. Balkone sind gewöhnlich schalltechnisch von Vorteil, da sie dazu neigen, den Schall in dem sonst grossen Raume aufzuteilen. Gotische Decken sind schalltechnisch günstig, da sie die Möglichkeit eines Widerhalles verringern, und weil schallschluckende Stoffe auf solchen Oberflächen wirksamer sind als auf einer flachen Decke. In grossen Zuhörerräumen ist gutes Sprechen schwieriger als in kleinen. Die rückwerfenden Wände befinden sich in grösserem Abstand von den Hörern, und die Möglichkeit des Auftretens eines Widerhalles oder des Verzerrens der Sprache wächst. Elektrische Lautsprecher dienen zum Verstärken der Stimme des Redners. Sie können aber Verzerrungen hervorrufen. Man kann in grossen Räumen besser musizieren als sprechen, weil Musikinstrumente eine grössere Schallstärke haben.

Die Musik erfordert dieselbe schalltechnische Verbesserung eines Hörerraumes wie das Sprechen. Vermehrt man den schallschluckenden Stoff über das Höchstmass hinaus, so wird der Saal lebloser, so dass die Musik sich trocken und tot anhört, die Sprache dagegen deutlicher wird. Benutzt man weniger schallschluckende Stoffmengen, als es das Höchstmass erfordert, so hört sich die Musik immer noch gut an, aber die Sprache wird sehr schnell undeutlicher.

Als wichtigste Bedingungen für eine gute Hörsamkeit in einem Saale können aufgeführt werden:

1. Der Nachhall soll durch das Anbringen von schallschluckenden Stoffen je nach dem Saalvolumen geregelt werden.
2. Der Schall eines Saales soll genügend grosse Lautstärke besitzen. Sie wird hervorgerufen durch den Rückwurf von den einzelnen Wänden des Saales, die den unmittelbaren Schall wieder verstärken. Bringt der Redner oder das Musikinstrument nur einen schwachen Schall hervor, so kann keine Anordnung des Raumes die Lautstärke erhöhen, es sei denn, man benutzt einen elektrischen Lautsprecher.
3. Die Aussprache soll deutlich sein. Aus diesem Grunde ist es erwünscht, die schallrückwerfenden Flächen in der Nähe des Redners anzuordnen und die schallschluckenden Stoffe auf besonders bezeichneten Wänden anzubringen.

Anhang.

Die folgenden Berechnungen zeigen, wie die Hörsamkeit eines Raumes beeinflusst werden kann.

Der Nachhall und seine Regelung.

Wie bereits erklärt worden ist, wird die in einem Raum vorhandene Schallenergie zu lange verweilen, wenn die Oberflächen nicht genügend Schall verschlucken. Die wiederholten Rückwürfe verlängern den Schall und rufen einen Nachhall hervor. Die Sprache wird dann verzerrt, und die Musik zeigt nicht die von den Musikern gewünschten Eigenschaften. Einen Ueberblick über die schallschluckende Wirkung verschiedener Oberflächen gibt die folgende Aufstellung I. Ein offenes Fenster eines Raumes verschluckt jeden auffallenden Schall völlig, da es keinen Schall zurückwirft, und wird hier als Einheit genommen.

Aufstellung I.

Schallschluckwerte gebräuchlicher Stoffe.

Schallschluckwerte von 1 m ²	
Offenes Fenster	1,00
Haarfilz von 2,5 cm Dicke	0,55
Mörtelwände	0,025 bis 0,034
Glas	0,027
Beton	0,015
Gebeiztes Holz	0,03
Teppiche	0,15 bis 0,25
Schallschluckwerte je Stück	
Stehende Zuhörerschaft (jede Person mit etwa 1,4 m ² Kleidung)	0,437
Holzstuhle	0,0186

Ein Blick auf diese Aufstellung zeigt, warum ein Raum mit Oberflächen aus Mörtel, Glas und Holz lange Nachhalldauer hat. Diese Oberflächen verschlucken nur wenig, und der Schall wird mehrere Sekunden andauern, bevor er unhörbar wird.

Die für einen guten Hall notwendigen Stoffmengen bestimmt man auf Grund der Gutachten von Zuhörern über Säle von anerkannt guter Hörsamkeit. Bevor darauf eingegangen wird, muss betont werden, dass der Nachhall von der Lautstärke des Schalles und dem Kubikinhalt des Raumes abhängt. Grössere Räume mit längeren Abständen zwischen den schallrückwerfenden Wänden werden einen längeren Nachhall zeigen. Wir können daher den Satz aussprechen: »Die Nachhalldauer t ist der Lautstärke des Schalles und dem Volumen V des Raumes direkt proportional dem vorhandenen schallschluckenden Stoff a .«

Wenn man diesen Satz durch eine einfache Formel ausdrückt, erhält man:

$$t = 0,164 \frac{V}{a} \text{ Sekunden.}$$

Hierin bedeutet der Festwert 0,164 eine Normal-Lautstärke.

Als einfaches Beispiel betrachten wir einen Raum von 45 m Länge, 17,4 m Breite und 7 m durchschnittlicher Höhe. Das Volumen beträgt dann $V = 5481 \text{ m}^3$. Die Schallschluckung a dieses Raumes berechnet sich aus den Schallschluckwerten der Aufstellung I wie folgt:

		Schallschluck
Holzfußboden 783 m ²	zu 0,03 Einheiten	23,49 Einheiten
Mörteldecke 783 m ²	zu 0,033 Einheiten	25,84 Einheiten
Mörtel auf Kachelwänden 873,6 m ²	zu 0,025 Einheiten	21,84 Einheiten
1000 Sitzplätze	zu 0,014 Einheiten	14,00 Einheiten
Die Schallschluckung des leeren Raumes beträgt		85,17 Einheiten

Wenn ein Zuhörer einen Sitzplatz besetzt, ist von dem Schallschluckwert des Zuhörers der Schallschluckwert des Sitzplatzes abzuziehen. Für einen sitzenden Zuhörer wird dann der Schallschluckwert: $0,437 - 0,014 = 0,423$.

Eine durchschnittliche Zuhörerschaft, etwa $\frac{1}{3}$ der vollen = 330 Menschen hat: $0,423 \cdot 330 \text{ Einheiten} = 139,59 \text{ Einheiten}$
 Die Schallschluckung des Raumes mit durchschnittlicher Zuhörerschaft beträgt $85,17 + 139,59 = \dots 224,76 \text{ Einheiten}$

Zu beachten ist, dass die Schallschluckung durch die Zuhörerschaft fast zweimal so gross ist wie die der Oberflächen des Raumes. Das bewirkt die Kleidung. Die Nachhalldauer des leeren Raumes ergibt sich wie folgt:

bei leerem Raum ist $t = 0,164 \cdot 5481 \text{ m}^3 / 85,17 = \dots 10,55 \text{ Sekunden}$
 bei durchschnittlicher ($\frac{1}{3}$) Zuhörerschaft ist $t = 0,164 \cdot 5481 \text{ m}^3 / 224,76 = \dots 4,00 \text{ Sekunden}$

Ein Normalschall wird also in dem leeren Raum 10,55 Sek. und bei einer durchschnittlichen Zuhörerschaft 4,00 Sek. lang andauern. Wenn man diese Ergebnisse mit denen von Sälen von guter Hörsamkeit vergleicht, so findet man, dass diese Zeiten zu gross sind, und dass daher der Raum einen zu langen Nachhall aufweist. Es muss daher noch schallschluckender Stoff hinzugefügt werden, um den Nachhall zu verringern. Als Richtschnur für solche Räume ist folgende Aufstellung der günstigsten Werte der Nachhalldauer und der erforderlichen günstigsten Schallschluckeinheiten der schallschluckenden Stoffe zusammengestellt worden.

Aufstellung II.

Die besten Nachhallzeiten und die besten Schallschluckwerte von Räumen mit verschiedenen Rauminhalten.

93 m ³	1,0 Sekunden	15,3 Einheiten
365 m ³	1,1 Sekunden	54,3 Einheiten
935 m ³	1,2 Sekunden	128,2 Einheiten
1 784 m ³	1,3 Sekunden	223,0 Einheiten
3 327 m ³	1,4 Sekunden	390,0 Einheiten
5 267 m ³	1,5 Sekunden	576,0 Einheiten
7 816 m ³	1,6 Sekunden	799,0 Einheiten
11 525 m ³	1,7 Sekunden	1 114,8 Einheiten
15 574 m ³	1,8 Sekunden	1 421,4 Einheiten
21 388 m ³	1,9 Sekunden	1 830,2 Einheiten
28 317 m ³	2,0 Sekunden	2 304,0 Einheiten

Ein Blick auf diese Aufstellung zeigt die wichtige Tatsache, dass die beste Nachhalldauer kurz ist, d. h. sie übersteigt nicht 2 Sekunden für einen Saal von 28,317 m³. Fehlerhafte Säle haben gewöhnlich eine zu grosse Nachhalldauer.

Wir wenden diese günstigsten Werte auf den Fall des vorerwähnten Raumes an. Sein Inhalt ist 5481 m³. Er erfordert eine beste Nachhalldauer von ungefähr 1,51 Sekunden. Diese erhält man, wenn der Raum etwa 596,41 Schallschluckeinheiten hat. Wir wollen annehmen, dass die günstigste Hörsamkeit für eine $\frac{2}{3}$ starke Zuhörerschaft erwünscht ist. Der leere Raum an sich besitzt schon 85,17 Schallschluckeinheiten. Zu diesen müssen 279,18 Einheiten für eine $\frac{2}{3}$ Zuhörerschaft hinzugefügt werden. Dann ergibt sich eine Gesamtsumme von 364,35 Schallschluckeinheiten. Hierzu müssen noch 232 Schallschluckeinheiten hinzugefügt werden, um den günstigsten Wert von 596,41 Schallschluckeinheiten zu erhalten. Wird als schallschluckender Stoff Haarfilz gewählt mit 0,55 Einheiten je m², so erfordern 232 Schalleinheiten $232 : 0,5 = 464 \text{ m}^2$ Haarfilz, welcher in Form von Paneelen an der Decke befestigt werden kann.

Zusammenfassend ergeben sich die Nachhallzeiten des verbesserten Raumes zu:

leerer, verbesserter Raum $t = 0,164 \cdot 5481 / 317,17 = \dots 2,84 \text{ Sekunden}$
 Raum mit $\frac{1}{3}$ Zuhörerschaft $t = 0,164 \cdot 5481 / 456,76 = \dots 1,97 \text{ Sekunden}$
 Raum mit $\frac{2}{3}$ Zuhörerschaft $t = 0,164 \cdot 5481 / 596,35 = \dots 1,51 \text{ Sekunden}$
 Raum mit voller Zuhörerschaft $t = 0,164 \cdot 5481 / 735,94 = \dots 1,22 \text{ Sekunden}$

Die günstigste Hörsamkeit wird nach Aufstellung II bei einer $\frac{2}{3}$ Zuhörerschaft erreicht. Auch werden die Bedingungen für die volle Zuhörerschaft gut sein und für den leeren Raum ebenfalls dann, wenn dieser für Proben und Orgelübungen verwendet wird.

ELEKTRISCHE LINEARHEIZUNG

SYSTEM ZWEIFEL, OERLIKON

Die elektrische Linearheizung findet immer mehr Eingang zur Heizung von industriellen Anlagen, welche keine eigene Wasserkraft besitzen und auf den Bezug der elektrischen Energie von Kraftwerken angewiesen sind.

Einer der wichtigsten Vorteile der Linearheizung liegt in der sehr gleichmässigen Wärmeverteilung in den zu heizenden Räumen, da die Heizstränge das ganze Lokal durchziehen können, ähnlich den industriellen Dampf- oder Warmwasser-Anlagen.

Elektrisch geheizte Röhren, in welche ein spezieller Heizdraht gut isoliert eingezogen ist, können ohne Unterbruch den ganzen Raum in einer Länge von 5 bis ca. 40 m durchziehen.

Diese Heizung ist nicht wie bei Einzelöfen oder Radiatoren auf einige Punkte konzentriert, sondern sie erfolgt im ganzen Raum gleichmässig.

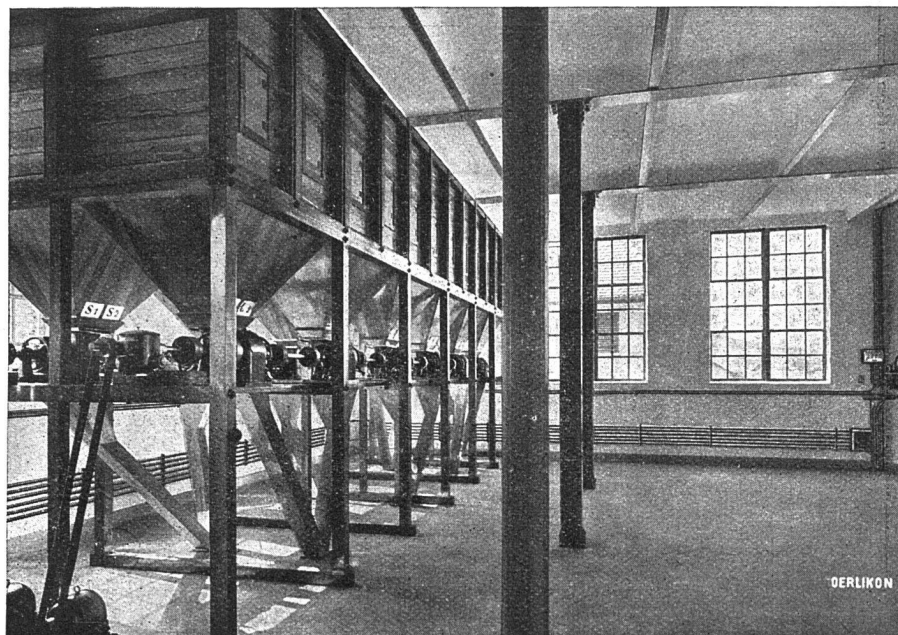
Je nach dem Verwendungszweck beträgt die Oberflächentemperatur dieser Heizröhren 80 bis 120° C. Diese Grenzen sind abhängig von der Art der Anlage, ob es sich

nur um Temperierung, Heizung oder eventuell um das Trocknen von Waren handelt. Im letzteren Falle wird je nach dem Trockengut nur eine niedere Oberflächentemperatur gewählt. Die Belastung der Röhren pro Laufmeter kann dabei von ca. 100 bis 190 Watt variieren. Ein Rohrstrang von 10 m besitzt eine Rohroberfläche von ca. 0,9 m².

Die Maschinenfabrik Oerlikon hat im Verlaufe der letzten Jahre ausschliesslich solche Linearheizröhren schon für mehr als 4000 kW Leistung installiert. Gegenwärtig hat sie nebst kleineren Anlagen auch eine Heizanlage für eine Leistung von 200 kW, bestehend aus 84 Rohrsträngen mit einer Totallänge von ca. 1600 m, für eine grosse Weberei und Spinnerei in Italien in Auftrag.

Auch hat die Direktion der Jungfraubahn auf Eigergletscher eine Linearheizung von 80 kW und einer Länge von ca. 600 Metern bestellt, welche zur Heizung der Lokomotivremise auf Eigergletscher dienen soll. Diese Anlage setzt sich zusammen aus 30 Heizsträngen mit einer Länge von je 20 Metern. Die Direktion der Jungfraubahn

MISCHRAUM
6 Linearheizröhren à 9 und
6 à 21 Meter / Leistung 24 kW

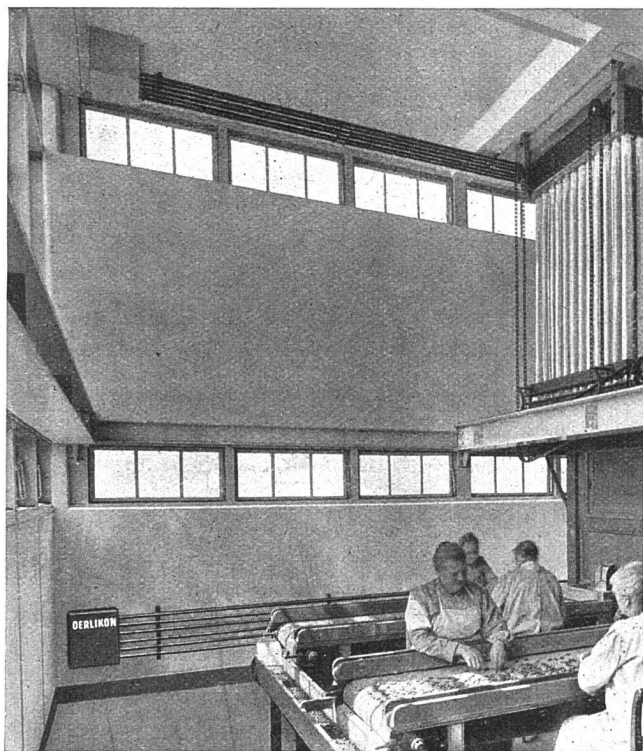


hat sich zu dieser Bestellung entschlossen, nachdem sie Gelegenheit hatte, sich selbst von den grossen Vorzügen der Linearheizung zu überzeugen. Schon vor zwei Jahren wurden nämlich von der Maschinenfabrik Oerlikon zwei Linearheizungen von 15 und 31 kW in den Werkstätten auf Scheidegg und Eigergletscher

installiert, die sich im Betrieb ausgezeichnet bewährt haben.

Anfangs dieses Jahres wurde eine solche Linearheizung auch im neuen Lagerhaus der Schokoladenfabrik Lindt & Sprüngli in Kilchberg installiert. Die totale Leistung dieser Heizanlage beträgt ca. 180 kW und ist angeschlossen an das Drehstromnetz der Fabrik, dessen Spannung 500 Volt beträgt. Die verlegten Rohrstränge erreichen zusammen eine Totallänge von etwa 1440 Metern. Das Gebäude besitzt eine Länge von 36 m, eine Breite von 16 m und eine Höhe von ca. 14 m, sodass das Totalvolumen etwa 8000 m³ erreicht. Der grösste Teil des Gebäudes bildet der Lagerraum für Zucker und Kakaobohnen. Bei der Befestigung der Röhren musste daher speziell darauf Bedacht genommen werden, dass die Linearheizröhren nicht durch die schweren Säcke überdeckt oder beschädigt werden können. Wo es daher nicht möglich war, die Röhren den Wänden entlang zu befestigen, wurden dieselben unter dem Plafond mittels Briden aufgehängt. Aus nebenstehenden Abbildungen ist die verschiedene Befestigungsart leicht ersichtlich. Die grösste Stranglänge, welche in diesem Gebäude zur Verlegung gelangen konnte, beträgt 22 m und die kürzeste 7,5 m.

Die oben beschriebene Heizungsart eignete sich für dieses Lager- und Fabrikationsgebäude ausgezeichnet, um so mehr, als es genügt, während der meisten Tage einer gewöhnlichen Heizperiode fast alle Räume nur während der Nacht zu heizen, deren Höchsttemperatur + 5° C bei den niedrigsten Aussentemperaturen nicht zu übersteigen braucht. Auch verlangt die Aufbewahrung von Kakaobohnen eine möglichst trockene Luft, was bei dieser elektrischen Heizung am besten erreicht wird. Zudem gewährt diese Linearheizung auch noch den sparsamsten Betrieb gegenüber andern Heizungen, indem die



VERLESERAUM
6 Linearheizröhren à 10 und 6 à 7 Meter

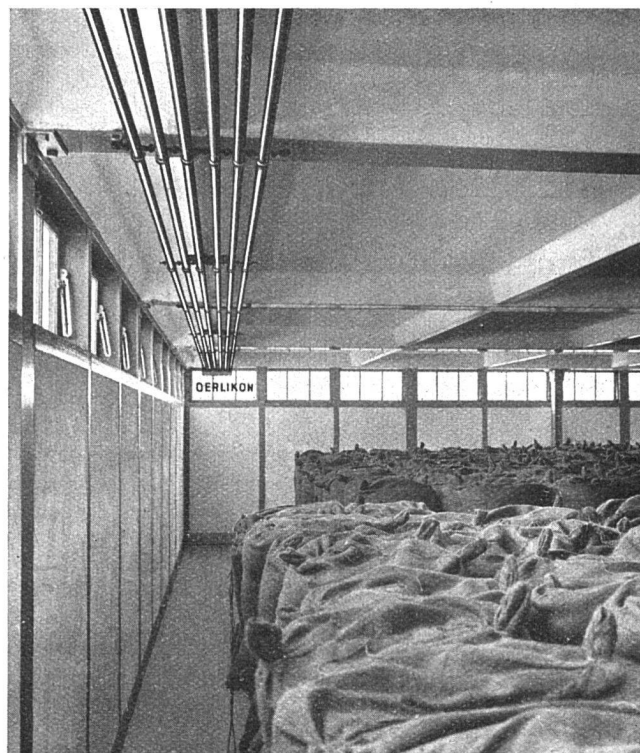
Wände, Vorräte und Maschinen gleichmässig erwärmt werden, wodurch das Ganze eine gewisse Wärme aufspeichert, sodass die Räume längere Zeit tagsüber warm bleiben, auch wenn die Anlage nur nachts über eingeschaltet worden ist.

Es ist auch erwiesen, dass es zulässig ist, die Temperaturen, ohne dass das Wohlbefinden des Menschen beeinträchtigt wird, herabzusetzen, wenn die Raumheizflächen überall gleichmässig verteilt sind und auf der ganzen Raumlänge eine kräftige Wärmestrahlung auswirken können. Diese elektrische Linearheizung gestattet daher, mit einer kleineren Energiemenge auszukommen als es andere Systeme erfordern. Ein Zusammendrängen der Heizflächen auf den kleinsten Platz erfordert ein stärkeres Heizen der Räume und verlangt daher mehr Energie.

Noch einen anderen Vorteil weist dieses Heizsystem bei Anschluss an Wechselstrom oder Drehstrom auf, indem $\cos. \varphi = 1$ ist, da die Heizleiter nicht spiralt, sondern linear in die Röhren eingezogen werden, was bei allen anderen Heizsystemen mit Wicklungen nicht der Fall ist. Die Linearheizung bietet daher nicht nur für die Elektrizitätswerke, sondern auch für die Strombezügler in dieser Beziehung noch diesen weiteren Nutzen.

Diese elektrische Linearheizung weist somit folgende Vorteile auf:

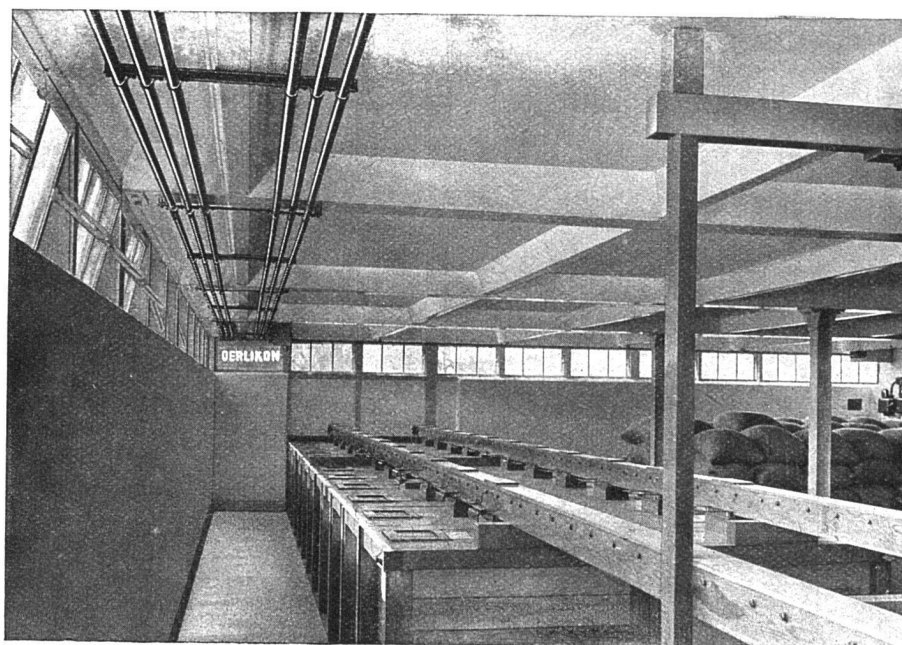
Einfache Zuführung der Wärme, leichter Einbau, einfache Regulierung, sofortige Betriebsbereitschaft, einfache Handhabung, Gleichmässigkeit der Erwärmung, geringer Platzbedarf, höchste Feuersicherheit, hoher



LAGERRAUM

6 Linearheizröhren à 10 Meter / Leistung 8 kW

Wirkungsgrad, grosse Sauberkeit, keine Explosions- und Vergiftungsgefahr.
Zuppinger, Ingenieur.



LAGERRAUM

6 Linearheizröhren à 21 und
6 à 9 Meter / Leistung 24 kW