

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 29

Artikel: Ueber Luftbeton
Autor: Ammann, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56764>

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: 22.02.2026

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

pfähle nur sehr langsam abströmen. Speziell im Gebiet der Pfahlfußverbreiterungen wird ein grosser Teil der Last anfänglich nur vom Porenwasser getragen, das unter Einfluss des vorhandenen Druckes und dank der Dictheit des feinporenigen Materials nur langsam abströmt.

Infolge dieser Verhältnisse wird das Tongerüst erst nach Monaten im Stande sein, die ganze Pfahllast übernehmen zu können. Um die zu erwartende Setzung des Bauwerkes schon vor Beginn der Bauarbeiten einigermassen feststellen zu können, ist es bei solchen Böden erforderlich, das Verhalten eines Probepfahles auf die Dauer von Monaten zu verfolgen.

Bei der tiefen Lage der tragenden Schichten und der grossen Höhe der zusammendrückbaren Seeablagerung kann nur die Verwendung einer Pfahlfundation als zweckmässig bezeichnet werden. Die über den Pfahlköpfen durchgehenden Fundamentbänder mit dazwischenliegender Fundamentplatte haben infolge der grossen Kompressibilität des Bodens keinen Anteil an der Aufnahme von Bodenpressungen.

Das Schulhaus Utogrund in Zürich 9

Arch. ROBERT LANDOLT, Zürich

DK 727.1(494.34)

Der Bauplatz an der Dennlerstrasse, in unmittelbarer Nähe des Sportplatzes Utogrund, bestimmte die Dimensionen des Schulhauses und wirkte sich im übrigen als bauverbilligender Faktor aus, da auf den Bau einer neuen Turnhalle verzichtet werden konnte. Die nahe Turnhalle Utogrund, die bisher lediglich dem Sport diente und tagsüber meist leer stand, konnte für den Turnunterricht herangezogen werden. Am Ostende des Bauplatzes musste ein bestehendes Transformatorenhaus in die Anlage einbezogen werden; ebenso war bei der Projektierung auf den bestehenden Kiosk an der Ecke Albisrieder-/Dennlerstrasse Rücksicht zu nehmen. Der zur Verfügung stehende Umschwung gestattete nur eine zweigeschossige Anlage mit 7 Klassenzimmern, einem Mädchen-Handarbeitszimmer, einem Lehrerzimmer und einer Abwart-Wohnung. Das Gebäude ist, seinem Zweck und den Anforderungen entsprechend, einfach gehalten. Für Konstruktionen und Materialien musste auf Material-Knappheit Rücksicht genommen werden.

Konstruktion: Keller Beton, Ummauungswände Backstein, Fenstereinfassungen Natursandstein, Deckenkonstruktionen GEHA-Holzbalken (Spezialkonstruktion der Firma E. & A. Meier, Zürich 10), Isolation Glaswolle, Gangböden Gussasphalt mit Klinker-Friesen, Wände in Zimmern und Gängen Hartputz, Treppe Granit, Dach Pfannenziegel mit Schindelunterzug. Ingenieur-Arbeiten: Ing. Walter Klinke, Zürich.

Baukosten 99 Fr./m²; Bauzeit 1945/1946.

Ueber Luftbeton

Von Dr. A. AMMANN, Zürich

DK 666.974.191

Die durch die Herstellung von Luftbeton¹⁾ entwickelte Technik steht zu den in den vergangenen zwei bis drei Jahrzehnten bis heute entwickelten und angewandten Grundsätzen zur Erzielung von frost- und witterungsbeständigem Beton in vollem Gegensatz. Das Ziel war, durch Anwendung einer mittlern Zementdosierung, bestimmter Wahl und Granulation der Zuschlagstoffe, Beobachtung eines möglichst tiefen Wasserzementfaktors und Verdichtung zu einem *porenfreien* Beton mit möglichst hohem Raumgewicht, der von guter Frostbeständigkeit ist, zu gelangen. Eine Reihe von Bauwerken zeugt für die Bewährung dieser Technik, die nach den Fehlschlägen mit dem Gussbeton der zwanziger Jahre eingeschlagen wurde. An-

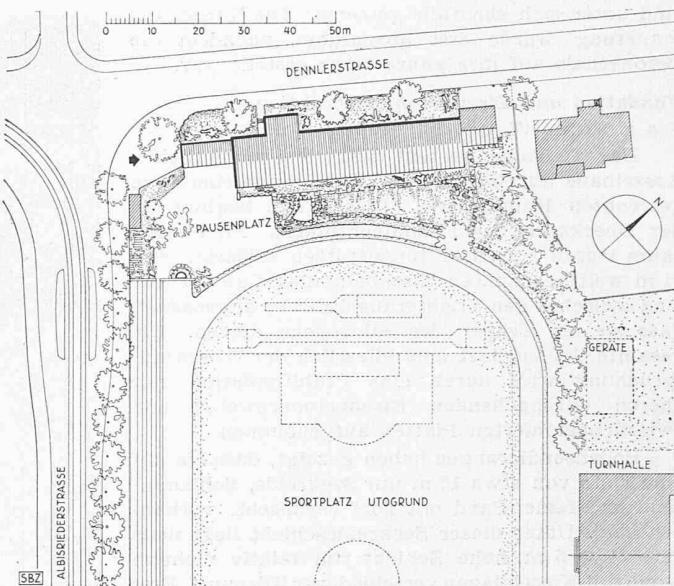


Bild 1. Schulhaus Utogrund, Lageplan 1:1600

darseits liegen heute einwandfreie Ergebnisse aus einem Zeitraum von zehn Jahren, insbesondere aus den USA vor, die beweisen, dass Beton mit 3 bis 6 Volumenprozent eingeführter Luft eine überlegene Witterungs- und Frostbeständigkeit besitzt. Dabei ist von grossem Vorteil, dass dieser Beton in plastischer Konsistenz verarbeitet werden kann. Er ist auch insofern wirtschaftlicher, als er viel leichter zu verarbeiten und mit bescheiden dosierten Mischungen witterungs- und frostbeständig ist.

Die Verbesserung der Frostbeständigkeit durch Einführung von Luftporen, durch die die Porosität des Betons erhöht wird, scheint auf den ersten Blick nicht verständlich. Bei näherer Betrachtung der innern Struktur eines solchen Betons können die Widersprüche geklärt werden. In einem Beton werden nämlich grundsätzlich zwei Arten von Hohlräumen unterschieden: Kapillarporen und Luftporen.

Kapillarporen (offene Poren) werden durch das überschüssige Anmachwasser erzeugt. Sie bilden ein feinverteiltes, saugfähiges und wasserführendes Poresystem. Im Frischbeton sind Bindemittel und Zuschlag von dünnen Wasserhüllen umgeben und sämtliche Zwischenräume sind mit Wasser gefüllt (bei vollständiger Verdichtung). Beim Erhärten bilden sich in dieser wässrigen Phase durch chemische Reaktion des Bindemittels mit dem Wasser feste Produkte. Die nicht mit Festmaterial gefüllten Räume, in denen sich das Ueberschusswasser befindet, bilden dann das Kapillarporesystem. Solche Kapillarporen entstehen in jedem Beton oder Mörtel, dessen

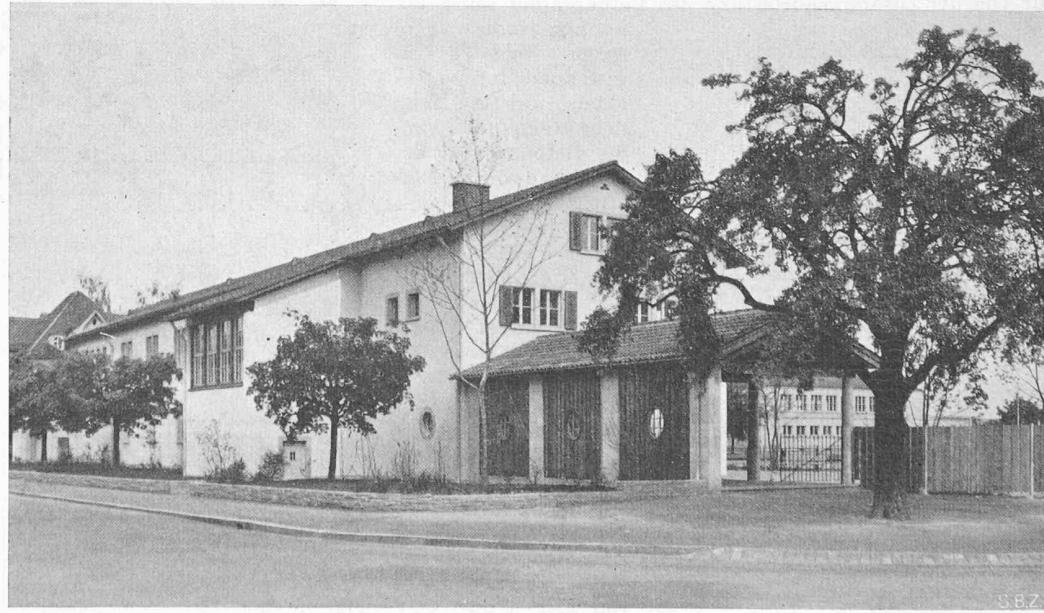
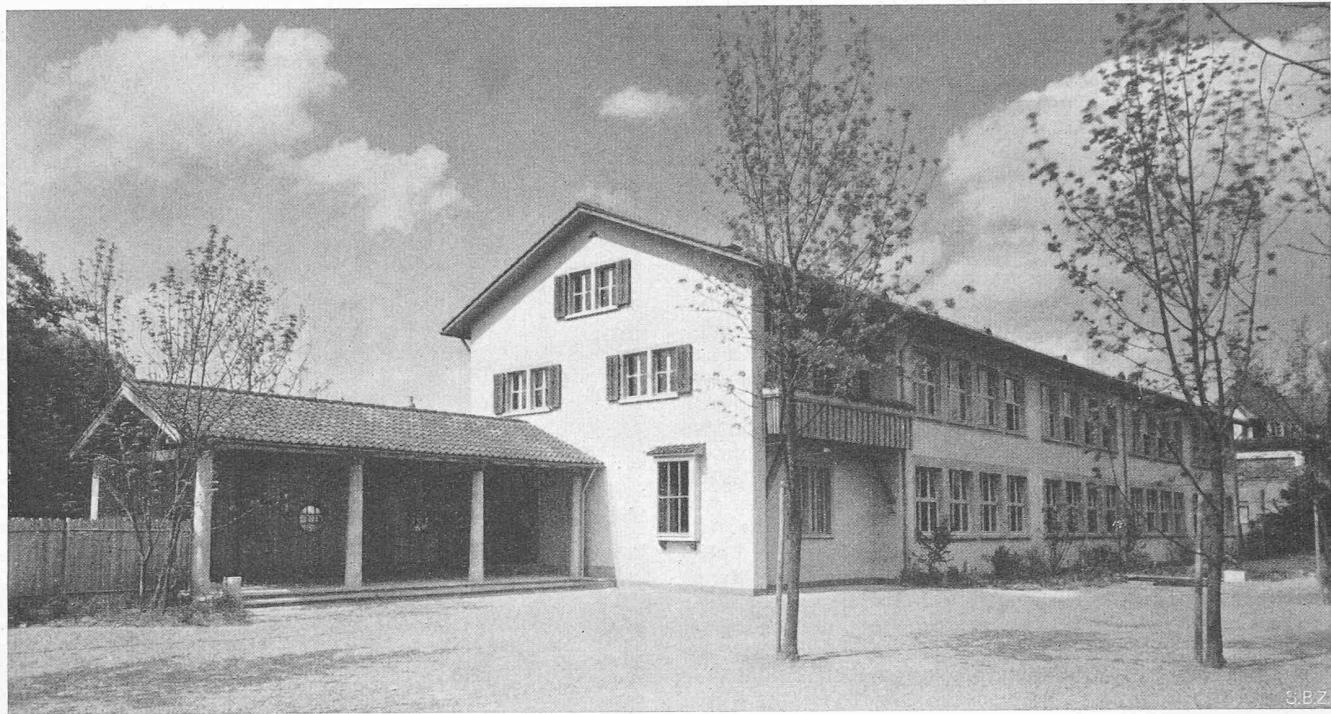


Bild 2. Ansicht aus Westen (Strassenseite)

¹⁾ Siehe A. Zuppinger in SBZ 1947, Nr. 33, S. 450.



SBZ

Bild 3. Schulhaus Utogrund in Zürich, aus Süden. Arch. ROBERT LANDOLT, Zürich

Wasserzementfaktor grösser als 0,20 ist²⁾). Zusätzliche Kapillarporen können auch noch in erhärtetem Beton durch Schwinden entstehen. Die Kapillarporen sind in der Hauptsache verantwortlich für die Dichtigkeit, die Wasseraufnahmefähigkeit, die Festigkeit und andere wichtige Betoneigenschaften, vor allem für die Frostbeständigkeit, weil das Wasser in diesen Poren gefrierbar ist.

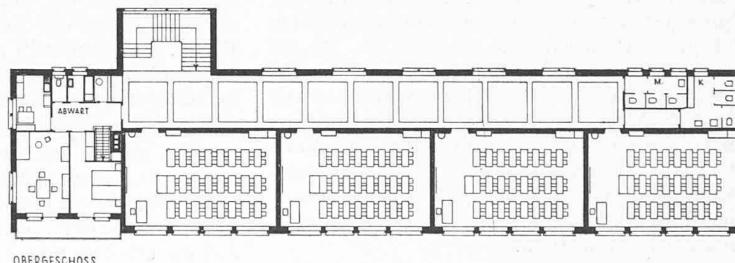
Luftporen (geschlossene Poren) sind luftgefüllte Hohl-

²⁾ Ein beträchtlicher Teil des Ueberschusswassers (bis zu einem Verhältniswert $W/PC = 0,44$) ist in den sehr feinen Kapillarporen des Gels als Gelwasser vorhanden.

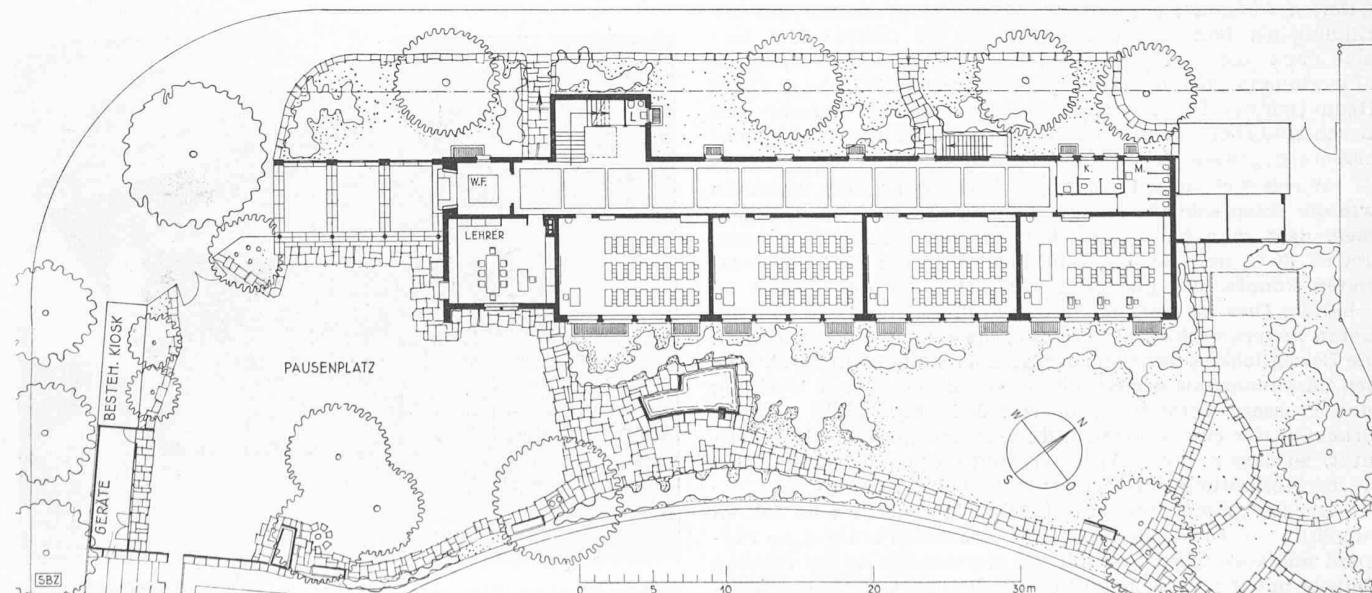
räume, begrenzt vom Zementstein oder Zuschlag. Während die Kapillarporen röhren- oder lamellenförmig sind, ist die Form der Luftporen meist kugelig. Der Durchmesser der Luftporen ist grösser als derjenige der Kapillarporen. Normalerweise enthält jeder Beton oder Mörtel eine mehr oder weniger grosse Zahl solcher Luftporen; wenig Poren sind ohne Einfluss auf die Betoneigenschaften. Ist die Luft aber in grösseren Mengen (einige Volumenprozent) in fein dispergierter Form vorhanden, so erhöht sie die Plastizität und den Zusammenhalt des Frischbetons. Die Erhöhung der Plastizität durch die eingeführten Luftporen ist nicht pro-



SBZ



Bilder 4 bis 6.
Schulhaus
Uogrund
Grundrisse und
Schnitt.
Masstab 1:500



portional zur eingeführten Luftmenge, da die Luftbläschen eine gewisse Steife hervorrufen. Mit zunehmendem Luftporengehalt werden das Raumgewicht, die Festigkeiten, die Haftfestigkeiten an Eiseneinlagen, der Abnutzungswiderstand herabgesetzt und das Schwinden erhöht.

Die beiden Entwicklungsrichtungen zur Herstellung von frostbeständigem Beton beruhen auf den beiden oben angeführten Porenarten. Die Verfechter der älteren Richtung stützen sich dabei auf einen trocken eingebrachten Beton mit möglichst niedrigem Wasserkementfaktor und hohem Raumgewicht, also mit kleiner Kapillarporenmenge. Die Anhänger der modernen Methode wollen den Beton durch Luftporen frostbeständig gestalten. Dazu werden mit chemischen Schaumstoffen $3 \div 6\%$ Luftporen zusätzlich in den Beton eingeführt. Infolge ihrer Form und bei richtig gewählter Größe füllen sie sich nicht mit Wasser; sie sind im Zementstein gleichmäßig verteilt und mit den feinen Kapillarporen in Verbindung. Beim Übergang des Wassers, das sich in den Kapillarporen befindet, zu Eis, erfährt dasselbe eine Volumenzunahme von 9% . Das in den Kapillarporen wachsende Eis hat eine Ausdehnungsmöglichkeit in die Luftporen hinein, wodurch schädliche Spannungen vermieden werden. Die notwendige Menge Luftporen für einen frostbeständigen Beton ist daher eine Funktion der Kapillarporen, bzw. der Menge Wasser, das in diesen vorhanden sein kann. Nur in einer genügend plastischen, also wasserhaltigen Betonmischung ist ein beständiger Schaum herstellbar, so dass diese Art der Herstellung von frost- undwitterungsbeständigem Beton eine plastische Betonmischung voraussetzt. Die Herstellung und Anwendung eines frostbeständigen Fertigbetons durch Einführen von Luft erlaubt eine rationellere und raschere Verarbeitung des Frischbetons. Daneben weist dieser Beton besondere Vorteile, wie Herabsetzung der Entmischung bei Transporten, Bildung geschlossener, gleichmässiger Betonichtflächen und erhöhte Betonausbeute auf. Allerdings bestehen auch Nachteile, die unter Umständen die Verwendung eines solchen Betons ausschliessen, wie z. B. geringere Festigkeit, geringerer Abnutzungswiderstand, geringeres Haften an Eiseneinlagen, Erniedrigung des Raumgewichts. Wie wichtig die Festlegung und Kontrolle des Luftgehaltes ist, zeigte sich z. B. bei der Untersuchung der Ursachen aufgetretener Schäden auf einer Flugplatzpiste in USA, wo man Luftporengehalte bis über 15 Vol. \% feststellte.

Um die Nachteile des Luftporenbetons zu beheben, kam man in USA vom Zumahlen der luftporenentwickelnden Stoffe zum Zement, vom sog. «air entrained» Zement ab. Es ist zweckmässiger, einen nicht zu empfindlichen, genau dosierbaren Zusatz dem Beton direkt bei der Herstellung im Mischer zuzugeben, wobei die Zusatzmenge zur Erzielung der notwendigen Luftporenmenge variiert werden kann. Die geringere Festigkeit hat man in USA durch Verringern des Zuschlages von Feinsand zu kompensieren versucht. Trotzdem musste noch ein erheblicher Festigkeitsabfall in Kauf genommen oder der Zementgehalt erhöht werden.

Die Verbesserung der Plastizität durch die im oben genannten Aufsatz¹⁾ angeführten Produkte beruht nur auf der Bildung der fein verteilten Luftporen. Es besteht also hier eine ganz andere Ursache als beim bekannten Betonzusatz «Plastiment», bei dem die plastifizierende Wirkung durch Reduktion der Oberflächenkräfte der einzelnen Zement- und Zuschlagkörner unter Ausschluss von Luft und damit eine bessere gegenseitige Verschiebbarkeit erzielt wird.

Würde sich diese Luft in den Luftporen gleich verhalten wie die entsprechende Menge Wasser, so dürfte man annehmen, dass man bei 3% Luftpeneinführung das Anmachwasser um rd. 20% und bei 5% Luftpeneinführung um rd. 30% reduzieren könnte, um gleiche Verarbeitbarkeit des Betons zu erhalten. Dies ist aber nicht der Fall, da die Luft sich im Beton anders verhält als Wasser; sie erhöht einerseits wohl die Beweglichkeit des Betons, ruft aber andererseits durch eine den Zusammenhalt der Betonbestandteile erhöhende Wirkung eine grössere Versteifung hervor. Jedenfalls wirkt nur ein Bruchteil der eingeführten Luft verbessert auf die Plastizität, so dass nur eine Wasserreduktion von 5 bis 10% bei Aufrechterhaltung der gleichen Plastizität möglich ist.

Der Luftporenbeton ist in USA in den letzten zehn Jahren eingeführt worden. Die Kriegszeit mit ihrem Mangel an Personal und Maschinen und mit der Notwendigkeit des raschen Bauens hat die Verwendung dieser Betonart stark beschleu-



Bild 7. Schulhaus Utogrund, Treppenhaus

nigt. Sie ermöglicht ein rasches Arbeiten bei minimalem Arbeitsaufwand und ergibt einen frost- und witterungsbeständigen Beton, sofern die notwendigen Regeln beobachtet werden. Die Armee mit ihren sehr grossen Mitteln und Möglichkeiten hat die Verwendung dieser Betonart stark gefördert. Ihr Ingenieur-Korps besitzt eine Frostprüffapparatur für Beton, die innerhalb 30 Tagen einen 300 maligen Frost-Tau-Wechsel erlaubt, während für einen solchen Zyklus unsere bestausgerüstete Versuchsanstalt 15 Monate benötigt.

Die gute Frostbeständigkeit und die trotz aller Bemühungen immer noch vorhandenen Mängel des «air entrained concrete» veranlassten die Firma Kasp. Winkler & Cie. schon 1941, dieses Problem eingehend zu prüfen. Die Erfahrungen mit «Plastiment», das eine Reduktion der Anmachwassermenge erlaubt und damit ein kleineres Volumen der Kapillarporen ergibt, ließen es als zweckmässig erscheinen, dieses

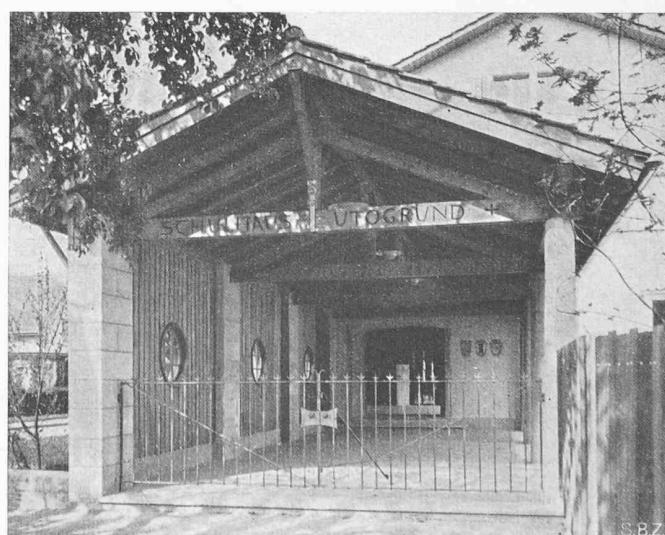


Bild 8. Eingangs-Vorhalle.

Photos 8, 10 Welti, Zürich

Mittel mit einer Luftporen erzeugenden Substanz, «Frioplast», zu kombinieren. Dadurch ergab sich ein neues, patentiertes Verfahren, das den Wasserbedarf zur Erzielung einer bestimmten Vergleichsmischung weit stärker zu reduzieren erlaubt als mit der lufteführenden oder der plastifizierenden Substanz allein. Das Volumen der Kapillarporen, das in der Hauptsache für die zerstörende Wirkung des Frostes verantwortlich ist, kann dadurch stärker verringert werden. Der zur Sicherung der Frostbeständigkeit notwendige Luftporengehalt, der in einem bestimmten Verhältnis zum Kapillarporenvolumen steht, kann dadurch ebenfalls bedeutend herabgesetzt werden. Demzufolge treten die bisher beim Luftbeton festgestellten Mängel trotz einem Luftgehalt von 3 bis 5 % nicht oder in einem nicht mehr in Betracht fallenden Mass auf, ja es zeigte sich, dass die Festigkeiten und die Wasserdichtheit sogar meistens erhöht werden.

MITTEILUNGEN

Korrosionserscheinungen an Druckgefäß für Lagerung und Transport von Gasen. Grundsätzliche Betrachtungen über dieses sehr wichtige Gebiet veröffentlichten Prof. Dr. P. Schläpfer und A. Bukowiecki im «Bulletin des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern», Nr. 5 und 6, Mai/Juni 1948. Die Untersuchungen erstrecken sich auf permanente Gase, die normalerweise bei 200 kg/cm^2 gelagert werden (bei 15°C), auf verflüssigte Gase, deren Lagerdruck sich mit der Temperatur entsprechend der Dampfdruckkurve verändert, und unter Druck gelöste Gase. Als Behältermaterial werden Kohlenstoffstähle, schwach legierte Stähle, verschiedene Aluminiumlegierungen und gelegentlich auch Kupfer verwendet. Die Verschlussventile bestehen normalerweise aus Messing und Bronze, in besonderen Fällen aus Stahl. Die Untersuchungenstützen sich hauptsächlich auf theoretische Betrachtungen und eine sorgfältige Sichtung der Literatur (die Literaturverzeichnis umfasst 120 Arbeiten). Als wichtigste Schlussfolgerung ergibt sich, dass man die innern Korrosionsangriffe der Druckgefässe mit wenigen Ausnahmen durch weitgehende Trocknung der Gase bekämpfen kann. Zugleich müssen natürlich die Gefässe selbst trocken gehalten werden. Sie dürfen daher weder mit Wasser ausgespült, noch in feuchtem Zustand oder offen stehen gelassen werden. Nach einer Wasserdruckprobe sind sie sorgfältig zu trocknen und unmittelbar nachher gründlich zu verschließen. Diese Regeln, die auch für Kühlanlagen gelten, werden im allgemeinen zu wenig beachtet. Nachteilig ist besonders Wasser, das Elektrolyte enthält, weil es die Bildung einer Deckenschicht stört. Bei Sauerstoffkompressoren würde vermutlich die Schmierung mit destilliertem statt mit gewöhnlichem Wasser innere Korrosionsangriffe verringern. Bei Stahlgefäßen wirken bei feuchten Wänden Borfluorid, Leuchtgas, Sauerstoff und Pressluft, ferner Cl_2 , HCl , COCl_2 , SO_2 , HCN , H_2S und CO_2 (verflüssigte Gase) korrosiv; O_2 und Pressluft nur, wenn das Wasser Elektrolyte enthält. Bei Leichtmetall sind es im wesentlichen die selben Gase, die korrosiv wirken, bei O_2 und Pressluft hauptsächlich dann, wenn das Wasser Chlorionen enthält oder alkalisch reagiert. Hinsichtlich Angriffstärke sind noch zu prüfen H_2S , CO_2 , N_2O_4 , CO_3 , NH_3

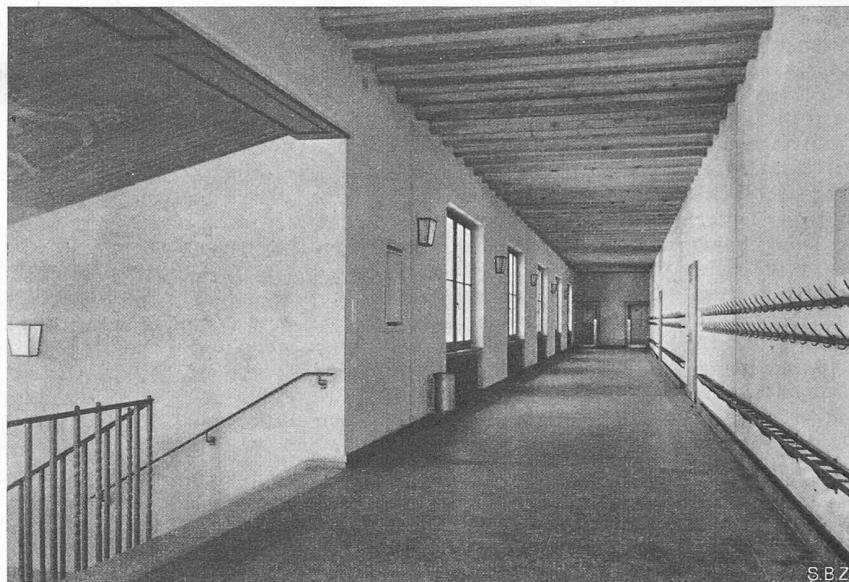


Bild 9. Gang im Obergeschoss des Schulhauses Utogrund in Zürich

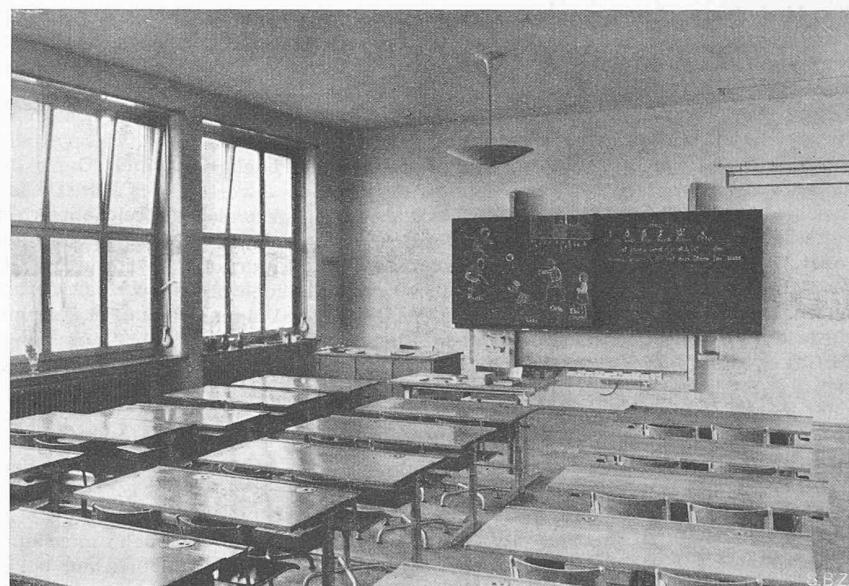


Bild 10. Klassenzimmer

Architekt R. LANDOLT, Zürich

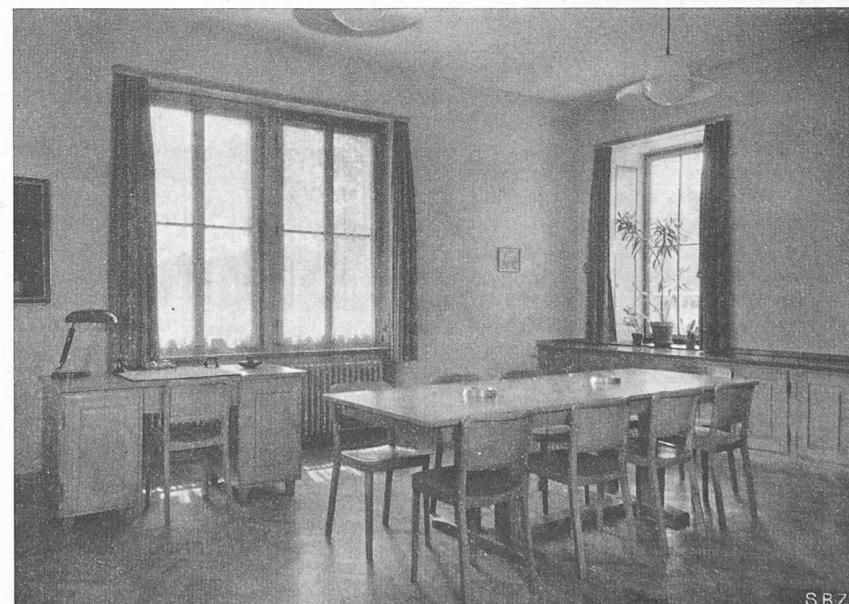


Bild 11. Lehrerzimmer

Photos 7, 9, 11 Wolf-Bender, Zürich