Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 99 (1973)
Heft: 12

Artikel: Application de l'électro-osmose contre l'humidité montant dans les murs
Autor: Anderegg, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-71677

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: 12.07.2025

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

Application de l'électro-osmose contre l'humidité montant dans les murs

par MAX ANDEREGG, Goldach

Causes de l'humidité des murs

Nous ne traiterons ici que de l'humidité qui monte du sol, tandis que nous ne prendrons pas en considération les autres causes de l'humidité des murs, c'est-à-dire ni l'humidité de construction causée par l'excès d'eau de gâche dans le mortier ou le béton, ni les défauts du toit et des installations, ni les défauts de construction. Les effets de la pluie fouettante et de la condensation de l'humidité atmosphérique ne seront pas examinés non plus, quoique leurs conséquences aussi se rencontrent partout.

L'ascension de l'humidité du sol est en principe imputable à la capillarité des pores de la maçonnerie et du mouvement électro-osmotique des liquides, ce qui permet à l'eau de monter à plusieurs mètres de hauteur dans les murs. L'eau monte jusqu'à la hauteur où la quantité d'eau évaporée à la surface du mur est en équilibre avec celle qui monte. La hauteur d'ascension moyenne de l'humidité du mur est de 1 à 2 m au-dessus du sol. Si l'évaporation est arrêtée complètement ou en partie, l'humidité monte par conséquent plus haut. Les grands pores interrompant les canaux capillaires peuvent être surmontés par diffusion de vapeur.

De nouveaux et importants résultats ont été fournis par des recherches poursuivies dans notre pays et à l'étranger, notamment en URSS, en Hongrie, en Tchécoslovaquie, en Allemagne et en Autriche. On a constaté que dans les dernières décennies le risque de pénétration d'humidité des murs a augmenté toujours davantage. Ce phénomène ne s'explique que par la modification des conditions de l'environnement. La composition chimique de l'eau souterraine ainsi que de l'air a changé. Mais aussi l'électrification croissante n'était pas sans influence et on suppose même que les ondes radioélectriques pourraient y jouer un certain rôle.

Nouvelles et anciennes constructions

Pour protéger les nouvelles constructions de l'humidité montant du sol, on pose aujourd'hui, en plus d'une couche isolante verticale (enduit protecteur), une isolation horizontale, étanche à l'eau, dans le fondement et/ou également juste au-dessus du sol du sous-sol. Si ces travaux sont exécutés avec soin, la protection de l'ouvrage est assurée à vie (fig. 1).

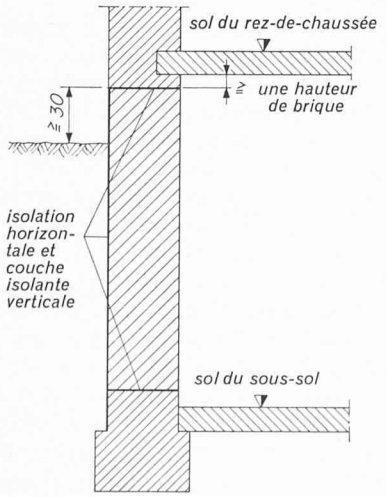

Fig. 1. — Couches isolantes dans les constructions avec souterrain (d'après Karl Lufsky, Berlin).

Quant aux anciennes constructions, l'isolation horizontale primitive est souvent détruite ou — comme c'est le cas pour beaucoup de très anciens ouvrages — il n'en existe point.

Détériorations dues à l'humidité des murs

Les dégâts causés par l'humidité des murs sont multiples ; ils se manifestent généralement en commun et sont les conséquences les uns des autres.

Parmi les dégâts de nature esthétique et constructive, il faut citer l'aspect de laideur, les taches causées par des champignons, les dommages par suite du gel, la désagrégation et l'incrustation, l'éclatement lors de la cristallisation des sels, le danger d'instabilité, la diminution de l'isolation thermique ainsi que les dégâts de bois par suite de la pourriture et l'action du champignon des maisons.

En ce qui concerne l'hygiène, il résulte de ces dégâts un climat d'habitation inconfortable, la formation de moisissures et des maladies.

Parmi les dommages subséquents, il y a lieu de mentionner les frais pour éliminer l'humidité, en particulier les sommes énormes dépensées chaque année pour lutter contre l'humidité des murs avec des méthodes inadéquates qui donnent souvent non seulement des résultats insatisfaisants, mais causent encore une dégradation de l'état initial. A. Kiesinger [1] [1] écrit à ce sujet : « ... meilleur est l'effet physico-chimique de l'isolation de tels produits (enduits étanches, additifs de mortier étanchéisants, produits chimiques sillicifiants, etc), d'autant plus destructeur est celui de leur emploi mal approprié. »

Méthodes de mesure

Les matériaux de construction se trouvant dans le mur contiennent une certaine quantité d'eau qui est en équilibre avec l'air ambiant. Cette « humidité d'équilibre » subit des variations qui sont fonction surtout du climat et du temps mais également de la nature de l'usage des locaux, du chauffage et de l'aération. Le taux « normal » de l'humidité des murs qui, pour éviter des dégâts, ne doit pas être dépassé, n'est pas déterminé uniformément et il se situe entre 2 et 5 % en poids suivant les différents auteurs.

Afin de doser l'humidité des murs, il existe dans la pratique deux méthodes de mesure éprouvées :

1. Séchage au four : à l'aide d'une perceuse on prélève un échantillon dans le mur et on l'emballe hermétiquement. Le dosage de l'humidité se fait au laboratoire par pesage, séchage et détermination de la perte de poids.

[1] Les numéros entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Fig. 2. — Maçonnerie fortement pénétrée d'humidité. Prise de vue durant le montage de l'installation électro-osmotique d'assèchement. Voir aussi figure 8.

2. Méthode de carbure : l'appareil CM permet le dosage de l'humidité sur place.

En outre, il y a lieu de mentionner la méthode de mesure suivante permettant de juger du succès de l'assèchement, c'est-à-dire :

3. La méthode de mesure de la résistance ohmique entre des électrodes posées dans le mur (sondes d'essai) qui fournit des indications concernant le changement de la teneur en humidité. La maçonnerie ordinaire en état sec est un mauvais conducteur électrique. Le pouvoir conducteur augmente avec la teneur en eau croissante.

Processus physiques, en particulier électrocinétiques, dans la maçonnerie

Parmi les causes de l'humidité des murs, il faut compter non seulement l'eau (eau souterraine, humidité du sol), mais encore la vapeur d'eau (humidité de l'air). Le mouvement de l'eau dans le mur est le résultat de différentes forces : la force de gravité, les forces d'adsorption et d'osmose, les forces capillaires, les forces électro-osmotiques et électrophorétiques. De cet ensemble de forces (dans le sol et dans le mur même) dépendra l'humidité des murs. En tant que conditions marginales citons : la capillarité de la maçonnerie, le pouvoir adsorbant des parois des pores, la position du niveau de la nappe phréatique. Le mur devenu hygroscopique par l'enrichissement de certains sels, absorbe l'eau du sol et de l'air. Il se forme des encroûtements qui s'écaillent de temps en temps tout en se reformant. Ce processus se répète à un certain rythme et le résultat final sera la destruction complète du mur.

Dans le sol aussi bien que dans les pores, l'eau contient toujours une certaine quantité de sels dissous et acquiert ainsi la fonction d'un électrolyte. Le sol de même que le mur fonctionnent en partie comme des membranes, et souvent comme des membranes sélectives. L'effet en est l'osmose qui cherche à égaliser les différences de la concentration. En raison du mouvement d'eau se forment des potentiels du courant avec leurs champs électriques respectifs. Le résultat des champs potentiels de diffusion et de membrane est l'électro-osmose.

Dans le chapitre suivant, nous essayerons d'expliquer quelques-uns des phénomènes mentionnés ci-dessus.

Hauteur d'ascension capillaire

Dans les capillaires, l'eau monte à contre sens de la pesanteur jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse entre cette dernière et les forces capillaires. Les forces capillaires sont dues à la tension superficielle de l'eau. La hauteur d'ascension h est calculée selon la formule simplifiée suivante :

$$h = \frac{2\delta \cos \beta}{\rho r}$$

Il signifie :

δ = tension superficielle de l'eau en g/cm ;

β = angle marginal entre la surface du liquide et la paroi du pore ;

$2r$ = diamètre du pore en cm ;

ρ = densité de l'eau en g/cm^3.

La hauteur de montée capillaire est par conséquent directement proportionnelle à la tension superficielle et indirectement proportionnelle au diamètre des pores participant à l'ascension de l'eau. Plus les pores sont fins, plus la hauteur de l'ascension de l'eau est élevée.

En supposant qu'il n'y ait pas d'évaporation dans le mur et que les capillaires aient la longueur nécessaire, l'ascension de l'eau ayant la densité de $\rho = 1$ et la tension superficielle de $\delta = 0{,}0765$ g/cm est calculée à l'aide de la formule ci-dessus, si $\beta = 0°$ et par conséquence $\cos \beta = 1$

$$h = \frac{0{,}153}{r} \text{ cm}$$

Pour un mur en briques ayant un diamètre de pores de $2r = 0{,}001$ à $0{,}002$ cm, la hauteur d'ascension est donc :

$$h = 0{,}76 \text{ à } 1{,}53 \text{ m}$$

La hauteur d'ascension ne dépend pas seulement du diamètre des pores, mais aussi de la vitesse avec laquelle l'eau peut monter dans la zone d'évaporation. La vitesse de montée, d'autre part, est fonction de la viscosité, de la température et de la tension superficielle du liquide. Tandis que la tension superficielle change à peine suivant les températures possibles en pratique, la viscosité diminue par rapport à la température croissante, c'est-à-dire que le liquide devient plus mobile. Ainsi la vitesse de l'ascension se double si la température augmente de 30°C. Avec la concentration croissante des sels, la tension superficielle s'accroît et la viscosité augmente, tandis qu'avec les matières organiques tombe la viscosité ; l'eau est plus mobile et monte davantage.

Il existe cependant des pores qui ne permettent pas le libre passage. Au moins 15 à 30 % d'entre eux sont tellement minces qu'ils ne peuvent absorber que de l'eau adhérente. Celle-ci a une viscosité élevée et coule plus lentement que l'eau libre. Dans les pores plus larges se forme une pellicule en surface qui est peu mobile.

L'eau montant du sol contient généralement des sels dissous. Elle peut en outre absorber de l'acide carbonique et sulfureux dans l'air qui exerce une action solvante sur les constituants du mur. Les sels dissous sont transportés avec l'eau à la surface du mur et ils se cristallisent lors de l'évaporation de l'eau. Des efflorescences apparaissent à la surface du mur. Mais aussi à l'intérieur de celui-ci des sels solubles s'accumulent dans la zone d'évaporation (limite supérieure de l'humidité). Des différences de concentration de sel se forment entre la partie supérieure et l'inférieure du mur ainsi qu'entre le mur et le sol. A ce moment, l'osmose commence, tendant à égaliser ces différences. En même temps, il se forme un champ électrique.

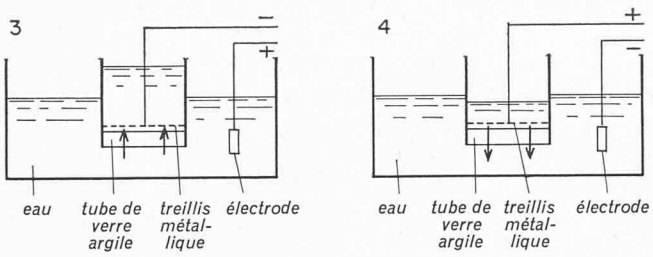

Fig. 3 et 4. — Electro-osmose dans l'essai. Figure 3 montre l'ascension de l'eau (contre la pesanteur) en direction de la cathode. Figure 4 fait voir la situation après le changement du circuit. L'eau descend à travers le bouchon d'argile, également en direction de la cathode.

Les parois des pores du mur ne sont que par exception électriquement neutres. Une différence de potentiel électrique existe entre la surface des pores et l'eau, le soi-disant potentiel zéta (ζ). Au contact de deux non-conducteurs (diélectriques), celui qui a la consistance diélectrique supérieure se charge positivement, contraire à l'autre. Déjà en 1809, on a découvert qu'à l'interface d'un liquide et d'une paroi solide le liquide, sous l'influence de l'effet d'un champ électrique, se met en mouvement vis-à-vis de la paroi. Ces procès de mouvement constatés aux non-conducteurs électriques furent définis comme phénomènes électrocinétiques. Le phénomène qui nous intéresse ici tout spécialement est celui de l'électro-osmose.

Electro-osmose

Sous l'influence d'un champ électrique, un mouvement de liquide apparaît en face d'une paroi solide. Ce phénomène s'explique par la formation d'une couche électrique double qu'on peut considérer comme condensateur. Tandis qu'une des plaques du condensateur formée par la paroi solide est immobile, l'autre, constituée par la face intérieure du liquide est en mouvement. La dernière est généralement chargée positivement et se dirige vers le pôle négatif du champ extérieur.

Outre le mouvement électro-osmotique, il y a aussi le mouvement électrolytique de l'eau. Nous trouvons en général une combinaison des deux. Dans le cas de concentration de sels faibles, l'effet électro-osmotique prédomine, tandis qu'aux concentrations élevées c'est l'effet électrolytique qui est déterminant.

Lors de la montée de l'eau dans les capillaires du mur (par suite des forces capillaires) des champs électriques se forment, qui provoquent de nouveau des mouvements d'eau électro-osmotiques et électrolytiques. On utilise ces forces électrocinétiques depuis assez longtemps pour ramener l'eau vers le bas dans les murs humides pour déshumidifier et assécher ainsi le mur. Afin d'atteindre ce but avec une telle installation d'assèchement électro-osmotique, il faudra la disposer de manière que les champs électriques agissent contre l'ascension de l'eau.

Principe du procédé électro-osmotique

Dans un essai, on met une tension électrique à un corps poreux (par exemple une brique) saturé d'eau. L'eau commence à se mouvoir à travers les pores de ce corps en direction de la cathode (—). Cette migration du liquide à travers des matériaux poreux est appelée électro-osmose.

La direction du mouvement de l'eau peut être déterminée et renversée en disposant le pôle respectif dans l'installation. Dans la disposition de la figure 3, l'eau monte à travers le bouchon d'argile dans la direction de la cathode. Le circuit est changé dans la disposition de la figure 4 et l'eau traverse le bouchon d'argile vers le bas, également dans la direction de la cathode.

Des procès analogues se produisent également dans la maçonnerie humide. A cause de l'eau montant dans les pores étroits du mur par l'action capillaire un champ électrique se forme. Une tension électrique mesurable se produit entre deux électrodes posées au-dessus et au-dessous d'une maçonnerie humide et les différences de potentiel y relatives peuvent atteindre plusieurs 100 mV. Cependant, quelques mV suffisent déjà dans la pratique pour produire la migration du liquide en direction de la cathode. La figure 5 montre la montée normale du liquide. En revanche, dans la figure 6, où le circuit a été commuté, l'humidité du mur baisse.

Par la méthode électro-osmotique passive, généralement appliquée aujourd'hui, les deux zones de tension différente sont fermées à court-circuit moyennant une ceinture de conductibilité liée à un système de prises de terre. Cette inversion des pôles engendre une impulsion électro-osmotique qui produit l'effet de descente de l'eau.

Assèchement par électro-osmose

Le procédé électro-osmotique passif fonctionne sans courant étranger (pas de raccordement au réseau ou à la batterie) car les champs électriques existants dans la maçonnerie et le potentiel de courant sont fermés à court-circuit. Le transport de l'eau vers le haut est ainsi contrarié et l'assèchement naturel du mur commence.

La forme de construction varie selon les circonstances (degré d'humidité, épaisseur du mur, construction, matériaux de construction, nature du sol). Toutefois, le principe reste le même :

— On entaille le mur pour réaliser un contact intime entre la ceinture de conductibilité et le mur. Après montage de l'installation, les entailles seront fermées et l'installation devient invisible.

— Dans les entailles horizontales, on pose les sondes murales et on les raccorde les unes aux autres par une conduite collectrice en les fermant à court-circuit avec les électrodes du sol. La figure 7 montre schématiquement la disposition d'une telle installation.

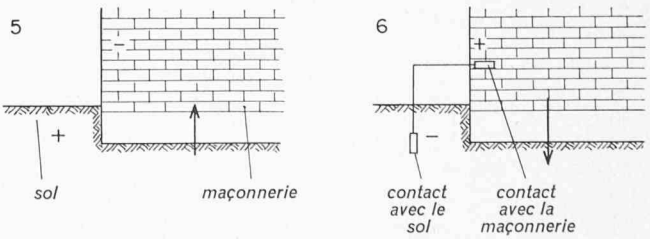

Fig. 5 et 6. — Electro-osmose dans la maçonnerie. La différence du potentiel souvent constatée entre le sol et le mur produit une montée de l'eau dans le mur. Par le court-circuit mur-sol (fig. 6), la direction du mouvement d'eau est inversée.

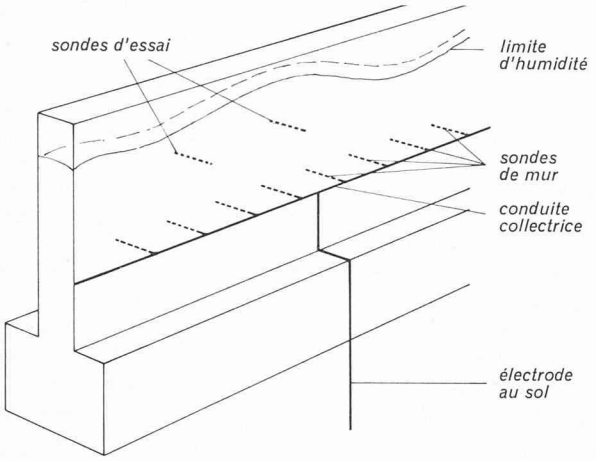

Fig. 7. — Schéma d'une disposition électro-osmotique brevetée.

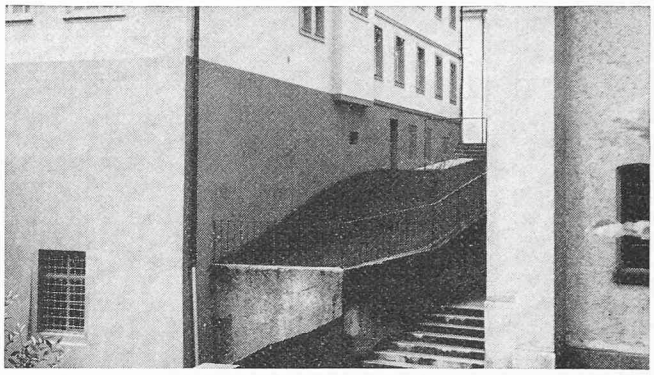

Fig. 8. — Même maçonnerie que figure 2, après assainissement par électro-osmose. Prise de vue douze ans après l'exécution de l'assèchement.

Pour un assainissement efficace, il est nécessaire de décrépir le mur jusqu'à 50 cm au-dessus de la limite d'humidité et/ou de salinité. Le mortier friable doit être gratté tandis que les pierres abîmées seront remplacées.

Après le montage de l'installation d'assèchement on attendra pour la pose du revêtement jusqu'à ce que la partie dégagée du mur soit séchée. Avant de crépir à nouveau, les nouvelles efflorescences formées à la suite d'évaporation à l'intérieur du mur doivent être enlevées avec une brosse ou à l'eau. Les installations d'électro-osmose ne sont plus visibles après le montage et ne gênent pas l'aspect de la façade.

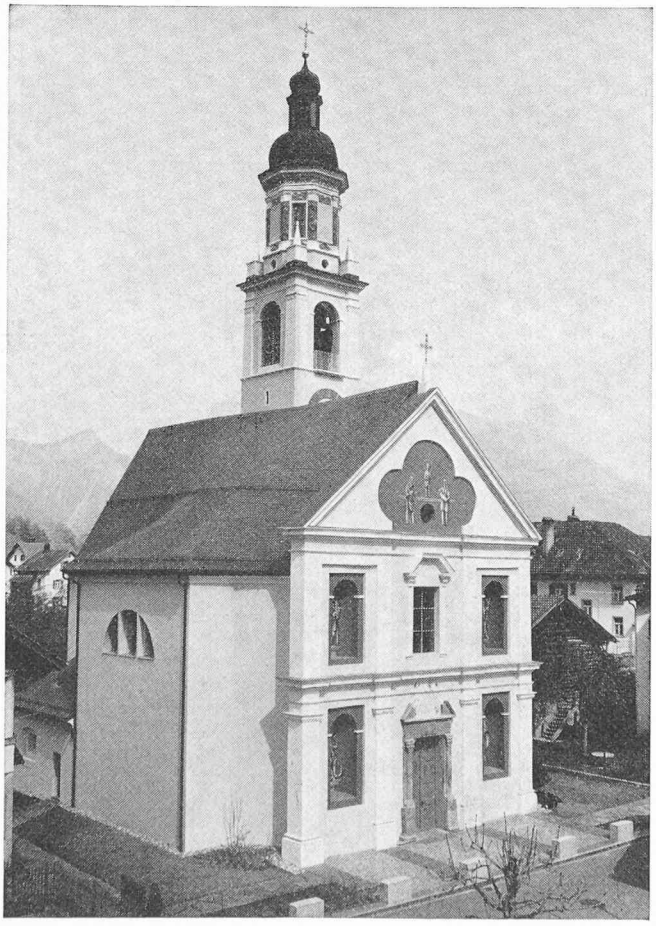

Fig. 9. — Eglise de Rhäzuns. Assèchement électro-osmotique des murs exécuté en 1968. (Photo C. Guler, Thusis.)

L'électro-osmose à l'étranger

C'était environ vers 1960 qu'on commença à faire des essais, des recherches et des réalisations pratiques à l'étranger. Quelque mille installations d'assèchement furent exécutées selon la méthode suisse par des concessionnaires en Autriche, en Allemagne, en France et en Belgique. De 1961 à 1965, l'Institut autrichien de recherche pour la construction de Vienne a fait des recherches qui consistaient à examiner les procédés d'assèchement des murs détériorés par l'humidité montant du sol. Les recherches théoriques et pratiques aboutirent à la conclusion suivante [2] : « Après examen et évaluation des différents procédés d'assèchement appliqués contre l'humidité montant du sol, il s'est avéré que la méthode électro-osmotique pour l'assèchement des murs est une des plus simples, des plus efficaces et des plus durables. »

... et en Suisse

L'application de l'électro-osmose pour la déshumidification et l'assainissement des murs est basée sur un brevet attribué en 1940 au citoyen suisse Paul Ernst. De nouvelles recherches et des perfectionnements du procédé, apportés par le Suisse Jakob Traber, ont abouti à des brevets en Suisse et à l'étranger qui ont donné lieu à une véritable renaissance du procédé.

En Suisse, le nombre d'installations électro-osmotiques qui, pendant des années, ont fait la preuve d'un fonctionnement impeccable, dépasse de beaucoup le chiffre de mille.

Le présent exposé se base sur les informations fournies par l'EURAFEM, Groupe européen d'études pour la conservation et l'assainissement des murs.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Kieslinger, A. : *Feuchtigkeitsschäden an Bauwerken*. Zement und Beton 9 (1957) 1.

[2] Mitteilungen des Osterreichischen Instituts für Bauforschung. Heft 3/4, November 1963.

Adresse de l'auteur :
Max Anderegg
Tübacherstrasse 13, 9403 Goldach