

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 86 (1968)  
**Heft:** 49: Eduard Amstutz zum 65. Geburtstag, 2. Sonderheft

**Artikel:** Von Expansionsgefässen, die unsere Heizungen zerstören  
**Autor:** Esenwein, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-70199>

#### **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:** 10.01.2026

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

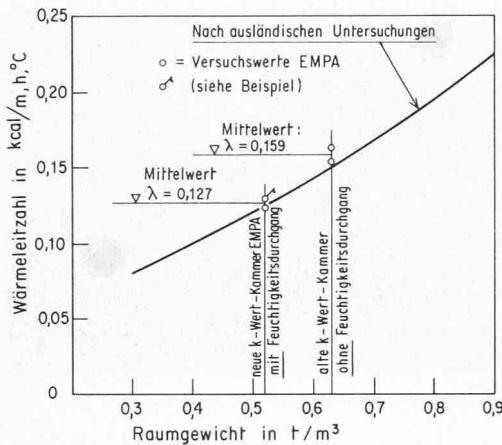


Bild 4. Wärmeleitzahl von Gasbeton in Abhängigkeit vom Raumgewicht

nach der Trägheit, dem Feuchtigkeitsgehalt und der Durchlässigkeit der Prüfwand kann es mehrere Wochen dauern, bis dieser Zustand erreicht ist. Die Versuchseinrichtung erlaubt die Prüfung von Wänden mit  $k$ -Werten von 0,4 bis 1,5  $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$ , ist also für alle Wandkonstruktionen des Hochbaues geeignet.

### 3. Beispiel eines Versuches

Als Prüfwand wurde eine 7,5 cm dicke Wand aus Gasbeton-Steinen ausgewählt, mit Fugen von 2 bis 3 mm Stärke und einem Raumgewicht von  $0,52 \text{ t}/\text{m}^3$ . Im stationären Zustand, der etwa nach zwei Wochen erreicht war, wurden folgende mittlere Werte gemessen:

#### Temperaturen

Luft auf der warmen Seite

$T_i = +30,4^\circ\text{C}$

Luft auf der kalten Seite

$T_a = +6,0^\circ\text{C}$

Prüfwandoberfläche auf der warmen Seite

$T_{oi} = +27,0^\circ\text{C}$

Prüfwandoberfläche auf der kalten Seite

$T_{oa} = +7,7^\circ\text{C}$

Leitwandoberfläche auf der warmen Seite

$+29,0^\circ\text{C}$

Leitwandoberfläche auf der kalten Seite

$+6,2^\circ\text{C}$

#### Luftgeschwindigkeiten

auf der warmen Seite

$V_i = 0,4 \text{ m/s}$

auf der kalten Seite

$V_a = 2,5 \text{ m/s}$

#### Wärmedurchgang

total produzierte Energie

$129,8 \text{ W} = 111,6 \text{ kcal/h}$

Verlust durch Kammerwände

$14,8 \text{ W} = 12,7 \text{ kcal/h}$

Durchgang durch Prüfwand

$= 115,0 \text{ W} = 98,9 \text{ kcal/h}$

## Von Expansionsgefäßen, die unsere Heizungen zerstören

Von Dr. P. Esenwein, Vorsteher der Abt. Wasser- und Bauchemie der EMPA, Dübendorf-Zürich

Obwohl vor allem in der ausländischen Fachliteratur mehrfach auf Schäden in Warmwassersystemen infolge unrichtiger Funktion der Expansionsgefäße aufmerksam gemacht wurde<sup>1)</sup>, scheint dieses Problem in unserem Lande vielerorts noch unbekannt zu sein, denn derartige Schäden sind hier überaus häufig. Sie bestehen, ganz kurz gesagt, darin, dass das in der Heizung zirkulierende Wasser im offenen Expansionsgefäß mit Luft in Berührung kommt, dabei Sauerstoff aufnimmt und diesen so dann im System zur Korrosion, d. h. zur Anrostung von Eisen- teilen, vor allem in den Radiatoren, wieder verbraucht. Würde kein Sauerstoff ins System nachgespiesen, so wäre der im ursprünglich eingefüllten Wasser enthaltene Sauerstoff (rund 5 bis 10 g Sauerstoff pro  $\text{m}^3$  Wasser) in kürzester Zeit durch die Erwärmung ausgetrieben und für geringfügige Oxydation verbraucht, es könnten keine schädlichen Korrosionen erfolgen.

<sup>1)</sup> Eine besonders gute und ausführliche Darstellung des Problems gibt die Arbeit von H. Schmekens: Ergebnisse von Untersuchungen über Korrosionsursachen in Warmwasserheizungen, «Mitt. Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung» 1966, Nr. 8/9, S. 130.

## Feuchtigkeiten

auf der warmen Seite 60 % r. F., Dampfdruck  $P_i = 19,56 \text{ mmHg}$   
auf der kalten Seite 100 % r. F., Dampfdruck  $P_a = 7,08 \text{ mmHg}$

## Feuchtigkeitsdurchgang

auf warmer Seite verdampfte Wassermenge:  $\dot{Q}_D = 7,49 \text{ g/h}$

Mit diesen Werten lassen sich für die Prüffläche von  $F = 2,96 \text{ m}^2$  folgende Werte berechnen:

Wärmedurchgangszahl:

$$k = \frac{\dot{Q}}{F(T_i - T_a)} = 1,37 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} (1,59 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$$

Wärmeübergangszahlen  $\alpha$ :

$$\alpha_i = \frac{\dot{Q}}{F(T_i - T_{oi})} = 9,8 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} (11,4 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\alpha_a = \frac{\dot{Q}}{F(T_{oa} - T_a)} = 19,6 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} (22,8 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$$

Wärmedurchlasszahl  $\Lambda$ :

$$\Lambda = \frac{\dot{Q}}{F(T_{oi} - T_{oa})} = 1,73 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} (2,01 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$$

Wärmedurchlasswiderstand:

$$1/\Lambda = 0,58 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}/\text{kcal} (0,50 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{W})$$

mittlere Wärmeleitzahl  $\lambda$ :

$$\lambda = d \Lambda = 0,130 \text{ kcal}/\text{m} \text{ h}^\circ\text{C} (0,151 \text{ W}/\text{m} \text{ }^\circ\text{C})$$

Feuchtigkeitsdurchgangszahl  $k_D$ :

$$k_D = \frac{\dot{Q}_D}{F(p_i - p_a)} = 0,203 \text{ g}/\text{m}^2 \text{ h mm Hg}$$

Feuchtigkeitsleitzahl  $\lambda_D$ :

$$\lambda_D = d k_D = 0,0152 \text{ g}/\text{m} \text{ h mm Hg}$$

Ein Vergleich der gemessenen Wärmeleitzahl mit ausländischen Versuchsergebnissen ist in Bild 4 dargestellt und zeigt eine gute Übereinstimmung.

Der Gasbeton weist eine niedrige Wärmeleitzahl auf, ist somit gut wärmeisolierend. Er ist dampfdurchlässig, so dass beim Verputzen und bei mehrschichtigen Wandkonstruktionen grösste Vorsicht geboten ist, da die Gefahr einer unzulässigen Kondenswasserauscheidung besteht. Die geprüfte 7,5 cm dicke, unverputzte Wand stellt natürlich keine zulässige Außenwand dar. Sie wurde ausgewählt, um die Leistungsfähigkeit und die Genauigkeit der  $k$ -Wert-Kammer für hohe  $k$ -Werte zu überprüfen.

DK 697.4:620.193.22

In unseren alten, pumpenlosen Schwerkraft-Heizanlagen, in denen eine nur ganz geringfügige Wasserzirkulation im Ausgleichsgefäß stattfindet, waren Korrosionsschäden äußerst selten, um so weniger, wenn diese Heizungen noch dickwandige Gussradiatoren besaßen, die ohnehin viel korrosionsbeständiger sind als solche aus dünnwandigem und korrosionsempfindlicherem Stahl. Viel kritischer wurden die Verhältnisse in den modernen Heizanlagen, die fast durchwegs dünnwandige Stahlradiatoren enthalten und die Wasserzirkulation durch starke Umwälzpumpen betrieben wird, dann, wenn sie offene Expansionsgefäß besitzen, und der Wasserkreislauf auch das Ausgleichsgefäß erfasst. Hier steht dann das «sauerstoffhungrige» Heizwasser in ständiger Be- rührung mit der offenen Luft und vermag dadurch dauernd erhebliche Mengen von Sauerstoff ins System nachzuliefern.

Die Untersuchung zahlreicher Korrosionsschäden, die in grossen Anlagen katastrophales Ausmass annehmen können, hat gezeigt, dass fast ohne Ausnahme die unrichtige Ausbildung oder Funktion des Expansionsgefäßes unmittelbare Ursache solcher Störungen sind. Als besonders krasses Beispiel sei hier ein Fall angeführt, wo in der Heizanlage eines modernen Bürohochhauses

die Korrosion nach nur fünfjährigem Betrieb bereits ein derartiges Ausmass angenommen hatte, dass täglich mehrere perforierte Radiatoren ausgewechselt werden mussten und niemand mehr sicher war, ob er am nächsten Tag normal in seinem Büro arbeiten konnte oder dieses von Heizwasser überschwemmt vorfinden würde.

Eine sorgfältige Untersuchung dieser Anlage ergab dann, dass der Wasserstrom durch das vorhandene offene Expansionsgefäß trotz völliger Drosselung des Regulierventils mehr als 10 l/min betrug, und das Wasser zeitweise, d. h. bei niedrigem Wasserstand im Ausgleichsgefäß, in freiem Fall durch die offene Luft hindurch einfloss. Zahlreiche am Vor- und am Rücklauf des Gefäßes vorgenommene Sauerstoff-Feinbestimmungen zeigten, dass das aus dem System ins Expansionsgefäß einfließende Wasser fast sauerstofffrei war (0,02 bis 0,04 mg/l), während das Rücklaufwasser Sauerstoffmengen zwischen rund 0,4 bis 0,7 mg/l enthielt, also im Mittel über 0,5 mg/l Sauerstoff im Gefäß aufgenommen hatte. Dies bedeutet aber, dass bei solchem Betrieb der Heizung stündlich etwa 300 mg oder täglich etwa 7,2 g Sauerstoff ins Heizwasser eingeführt wurden. Diese Menge vermag rund 25 g Eisen zu korrodieren, was einer Zersetzung von rund 5 kg Eisen (oder Stahl) während einer Heizperiode von 200 Tagen entspricht.

Wenn nun diese an sich schon beträchtliche Menge Eisen gleichmässig im System abgebaut würde, wären ernsthafte Schäden kaum vor etwa 20 Jahren zu erwarten. Leider aber erfolgt die Sauerstoffkorrosion in solchen Heizanlagen erfahrungsgemäss immer nur an besonders bevorzugten Stellen, so vor allem in den untersten Partien der Radiatoren, wo geringfügige Schlamm- oder Rosteinlagerungen lokale Korrosionsherde bilden, die dann bei andauernder Sauerstoffzufuhr rasch zu starkem «Lochfrass» führen.

Die Heizungslieferanten suchen gewöhnlich die Ursache für solche Schäden in der Art und Zusammensetzung des eingespielten Heizungswassers und trachten danach, die Störungen durch

Zusätze von Phosphaten, Silikaten oder Verwendung von entwässertem Wasser (zumeist erfolglos) zu bekämpfen. Das Grundübel aber, die dauernde Sauerstoffzufuhr, ohne die ernsthafte Korrosionen in solchen Heizungen mit normalem Leitungswasser kaum möglich sind, wird völlig übersehen.

*Sicherste und einfachste Massnahme zur Vermeidung solcher Schäden ist, dafür zu sorgen, dass die dauernde Sauerstoffaufnahme ins zirkulierende Heizwasser ganz oder doch fast vollständig unterbunden wird.* Dies ist möglich, z. B. durch Verwendung von geschlossenen Druck-Ausgleichsgefässen, in denen eine elastische Membran eine Trennwand zwischen Luft- und Wasserraum bildet. Eine andere Lösung, die zum Beispiel in grösseren Klimaanlagen mit gutem Erfolg angewandt wird, ist die Überlagerung des Wassers im Expansionsgefäß mit einem unter leichtem Überdruck stehenden Stickstoffkissen, das den Sauerstoffzutritt zum Wasser verhindert. Aber auch mit offenen Ausgleichsgefässen lässt sich der Anschluss an das eigentliche Heizsystem so gestalten, dass nur äusserst geringe Sauerstoffmengen ins Heizwasser gelangen und das Ausgleichsgefäß trotzdem leicht erwärmt und dadurch vor Frostschäden geschützt bleibt.

Ob dies tatsächlich der Fall ist, kann auf relativ einfache Weise dadurch kontrolliert werden, dass der Sauerstoffgehalt im Heizungswasser genau bestimmt wird. Dieses sollte, am Rücklauf unter dem Expansionsgefäß gemessen, höchstens 0,1 mg/l Sauerstoff enthalten. Die Prüfung muss aber durch den damit vertrauten Wasserchemiker ausgeführt werden und sollte bei allen grösseren Anlagen sofort nach Inbetriebsetzung erfolgen. Sofern an der Anlage nachträglich keine Änderungen mehr vorgenommen werden und nicht andere, ganz ungewöhnliche korrosionsfördernde Verhältnisse wie zum Beispiel stark chloridhaltiges Wasser oder erhebliche Verunreinigungen durch Fremdmetallbestandteile (vor allem Kupfer) vorliegen, bietet diese einmalige Prüfung des Heizwassers sichere Gewähr dafür, dass in der Heizung kein ernsthafter Lochfrass erfolgen kann.

## Bauüberwachung und Sicherheit bei geschweissten Objekten

Von R. Steiner, Vorsteher der Abt. Metalle der EMPA, Dübendorf-Zürich

DK 621.791.052:620.17

### Personelle Voraussetzungen

Manchem Aussenstehenden mag die Tätigkeit des Materialprüfers in vieler Hinsicht vorwiegend als eine Verwaltungsfunktion erscheinen, insbesondere dann, wenn sie im Rahmen einer staatlichen Anstalt erfolgt. Er wird kaum ahnen, mit welchem Interesse der verantwortungsfreudige Fachmann den fast täglich wechselnden Problemen, die ihn oft an die Grenze der Erkenntnis führen, gegenübersteht. Nicht jeder der in diesem Bereich Tätigen vermag jene Stufe innerer Teilnahme zu erreichen, auf der er nicht mehr bloss feststellt, sondern als teilhabender, kritisch und pflichtbewusster Fachmann tätig ist, der seine Entscheidungen in Kenntnis einer Vielzahl von Einflussgrössen technischer und menschlicher Art trifft. Damit erst vermag er zum neutralen Mittler zwischen Interessentenvertretern technischer oder wirtschaftlicher Bereiche werden, der nicht nur Kennwerte von Bau- und Werkstoffen ermittelt, sondern auch ihre Bedeutung für das Verhalten von Tragwerken und Konstruktionen darzustellen versteht. Diese Einstellung wird es ihm gerade in schwierigen Fällen erleichtern, die am besten geeigneten Prüfverfahren anzuwenden, sie an die besonderen Verhältnisse anzupassen oder neuartige einzusetzen.

Von massgebender Bedeutung erscheint in diesem Zusammenhang die Erfahrung aus Schadenuntersuchungen, die bereits gewisse Anhaltspunkte hinsichtlich der Ursachen zu bilden gestatten. Mag vom Standpunkt des Rechts gesehen die Feststellung solcher Ursachen von Interesse sein, so sieht der Materialprüfer als Ingenieur vielmehr darin einen Anlass zur Gewinnung einer Übersicht sowie zur Vertiefung seiner Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Stoffeigenschaften, Verarbeitung und Verhalten des Materials im Tragwerk. Mit kritischem Geist wird er versuchen, die Untersuchungsmethoden bestmöglich nach den Bauwerkbedingungen auszurichten, die Grenzen ihrer Aussagefähigkeit zu erkennen und die voraussichtliche Eignung neuer Baustoffe und Verfahren zu erfassen, um damit selber einen bescheidenen Beitrag an das Problem der Sicherheit leisten zu können. In dem Masse wie er seine Kenntnisse des Materialver-

haltens in grössere Zusammenhänge zu stellen vermag, wird er seine Qualifikation für manche Probleme in den Bereichen Baustoffwahl, Herstellungs-, Verarbeitungs- und Verbindungsverfahren nachweisen und wesentliche Voraussetzungen für sinnvolle Kontrollen, nämlich Kenntnisse, Sorgfalt und Mut zu sachlicher Aussage, erfüllen.

### Fehlertypen

Überlegungen zur Frage der Sicherheit von Tragwerken zeigen, dass ganz besonders dem groben Fehler neben systematischen und zufälligen Fehlern wesentliches Gewicht zukommt. Während die beiden letztgenannten Typen einer statistischen Betrachtung zugänglich sind, muss für die Erfassung der Bedeutung grober Fehler die Erfahrung beigezogen werden. Erfahrungsgemäss gründet die Ursache grober Fehler meistens im Menschen. Diese Fehler lassen sich durch Kontrollen feststellen. In Anbetracht der Vielzahl von Fehlermöglichkeiten drängt sich das Aufstellen einer einfachen Systematik auf, die die Wahl von Kontrollverfahren unter Berücksichtigung technischer, zeitlicher und finanzieller Faktoren erleichtern soll. Während etwa Berechnungsfehler durch Kontrollrechnungen, Konstruktions- bzw. Bemessungsfehler durch eine Nachprüfung von Zeichnungen, Ausführungs- und Verfahrensmängel mittels laufender oder periodischer Überwachung und Materialfehler durch geeignete Prüfverfahren mit genügender Wahrscheinlichkeit erfassbar erscheinen, lässt die Schadenforschung Beispiele erkennen, in denen auch eine subtile Überprüfung aller wesentlich erscheinenden Punkte schwerwiegende Unfälle oder Schäden nicht zu verhindern vermochte. Vor solchem Versagen der menschlichen Leistung wird der Ingenieur einerseits an die Begrenztheit seines Wissens erinnert und andererseits angespornt, alles Denkbare zum Erforschen der Ursachen zu unternehmen, um verbesserte Lösungen zu finden.

Eine gewisse Beruhigung bei der Beurteilung der Ursachen von Schäden mag in der Erkenntnis liegen, dass häufig erst ein Zusammenwirken mehrerer ungünstiger Faktoren zum Versagen