

Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 57/1/57/2 (1989)

Artikel: Bewertung von Betonschäden unter wirtschaftlichen Aspekten
Autor: Friedmann, Mario / Lenkeit, Wolfgang
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44197>

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>

Bewertung von Betonschäden unter wirtschaftlichen Aspekten

Evaluation of Concrete Damage under Economical Aspects

Évaluation de dommages du béton en tenant compte des aspects économiques

Mario FRIEDMANN

Dr.-Ing.

BILF

Berlin-West



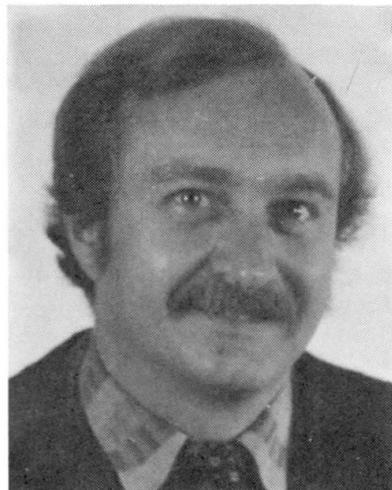
Mario Friedmann, geboren 1954, promovierte als Bauingenieur an der Technischen Universität Berlin. Nach einer Ingenieurtätigkeit in Chile übersiedelte er nach Deutschland, wo er seit 1979 gutachterlich tätig ist. Anschliessend an eine zweijährige Tätigkeit in der Industrie ist er Mitinhaber eines Institutes geworden und befasst sich mit Gutachten, Diagnose, Ausschreibung und Bauleitung bei Bauschäden und Instandsetzungsmassnahmen.

Wolfgang LENKEIT

Dr.-Ing.

BILF

Berlin-West



Wolfgang Lenkeit, geboren 1950, promovierte als Bauingenieur an der Technischen Universität Berlin. Nach zweijähriger Ingenieurbürotätigkeit wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Berlin, wo er in der Forschung und als Gutachter tätig war. Seit 1984 ist er Mitinhaber des Beton-technologischen Institutes. Er befasst sich mit Gutachten, Diagnose, Ausschreibung und Bauleitung bei Bauschäden und Instandsetzungsmassnahmen.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine vorbeugende Sanierung von Betonaussenbauteilen ist nur dann erforderlich, wenn karbonatisierungsbedingte Korrosionsschäden während der Nutzungsdauer des Bauwerkes zu erwarten sind. In einem solchen Fall ist es immer wirtschaftlicher, eine vorbeugende Instandsetzung durchzuführen, als die Korrosionsschäden abzuwarten, um sie dann beseitigen zu müssen. Diese vorbeugende Instandsetzung sollte in wirtschaftlicher Hinsicht soweit wie technisch möglich hinausgezögert werden.

SUMMARY

A preventive coating of outdoor concrete elements is only needed when damage due to carbonation will occur in the service time of the building. In such a case it is always more economical to apply a preventive coating than to wait till the corrosion occurs and repair the damage afterwards. The preventive coating is most economical when postponed as much as is technically possible.

RÉSUMÉ

Une protection préventive d'éléments extérieurs en béton n'est nécessaire que si des dommages dûs à la carbonatation se produisent pendant la durée de service du bâtiment. Dans ce cas, il est toujours plus économique d'appliquer préventivement une couche protectrice que de réparer les dommages. La mesure protectrice différée aussi longtemps que techniquement possible sera la plus économique.



1. ZWECK UND ZIEL

Aufgrund der in den letzten Jahren vermehrt aufgetretenen Korrosionsschäden in Betonaußenwänden ist es erforderlich geworden, die zur Schadensbehebung und eventuell zur Schadensvorbeugung erforderlichen finanziellen Mittel dem vorhandenen Etat für Sanierungen gegenüberzustellen, um anschließend Prioritäten setzen zu können. Bei der Ausarbeitung der Sanierungspläne ist die Kenntnis erforderlich, inwieweit z. B. eine vorbeugende Maßnahme wirtschaftlicher ist als eine spätere Sanierung - bei der die Kosten überproportional steigen werden.

Ziel ist es, karbonatisierungsbedingte Schäden in Schadensklassen einzuteilen und darauf aufbauend Grundlagen zu erarbeiten, die die Ermittlung der wirtschaftlichsten Sanierungsmaßnahmen entsprechend der jeweiligen Schadensklasse zu ermöglichen [1].

Bei den folgenden Ausführungen wird vorausgesetzt, daß sowohl die Ursachen von karbonatisierungsbedingten Korrosionsschäden als auch deren Instandsetzung dem Leser bekannt sind und deswegen nicht erläutert werden.

2. EINTEILUNG IN SCHADENSSTUFEN

2.1 Übersicht

In Abhängigkeit von dem karbonatisierungsbedingten Beschädigungsgrad und von den erforderlichen Sanierungsmaßnahmen können Stahlbeton-Außenbauteile in die vier folgenden Schadensstufen eingeteilt werden:

- Schadensstufe I: keine Schäden, Sanierung nicht erforderlich
- Schadensstufe II: keine Schäden, vorbeugende Sanierung erforderlich
- Schadensstufe III: Korrosionsschäden vorhanden, Tragfähigkeit nicht gefährdet
- Schadensstufe IV: starke Korrosionsschäden vorhanden, Tragfähigkeit gefährdet.

Die Einteilung in diese Schadensstufen erfolgt unter Zugrundelegung einer repräsentativen Schadensdiagnose. Die Auswertung der Meßergebnisse soll ingeniermäßig erfolgen, unter Berücksichtigung der vorhandenen Streuung der Meßergebnisse, Gefährdungsgrad und Orientierung des Bauteils usw.

Durch die Einteilung in Schadensstufen wird eine schnelle Beurteilung der Konstruktion hinsichtlich der vorhandenen karbonatisierten Korrosionsschäden im Hinblick auf die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen ermöglicht. Darüber hinaus kann beurteilt werden, ob und wann eine vorbeugende Sanierung durchzuführen ist. Der Entscheidungsprozeß ist in Bild 1 dargestellt.

Die im folgenden verwendete Berechnungsmethode zur Klassifizierung eines Bauteiles in die jeweiligen Schadensstufen beruht auf empirischen Untersuchungen unter Verwendung der in [2] gegebenen Gleichung

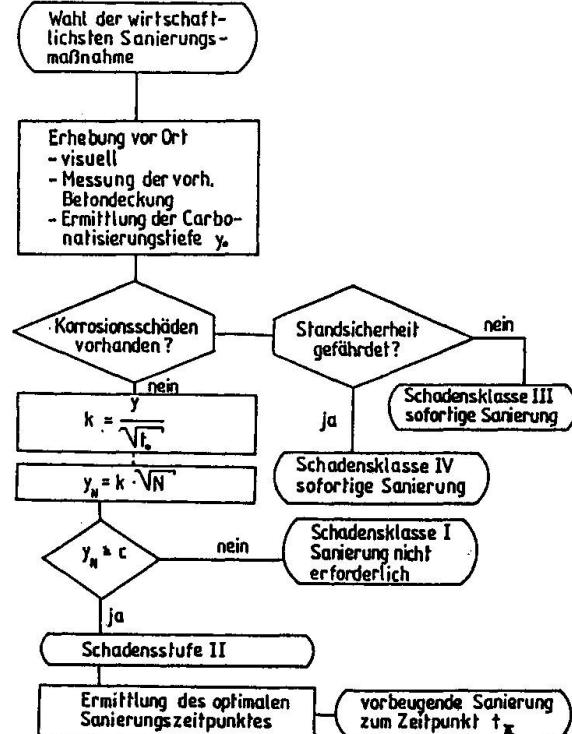


Bild 1 Schematische Darstellung des Entscheidungsvorganges

für den Karbonatisierungsverlauf in Abhängigkeit von der Zeit (s. Gl. (1)). Auch wenn diese Gleichung hinsichtlich ihrer Genauigkeit umstritten ist, ist sie für die hier beabsichtigten Zwecke – nämlich Entscheidungsgrundlage für die Wahl der richtigen Sanierungsmaßnahme – ausreichend.

Die im folgenden getroffenen Aussagen für die Schadensstufen I und II sollten ohnehin in festen Abständen (z. B. alle fünf Jahre) überprüft werden, da der Gefährungsgrad eines Bauteiles sich im Laufe der Zeit verändern kann (z. B. aufgrund veränderter Verkehrsführung, Nutzungsänderungen usw.).

2.2 Definition der einzelnen Schadensstufen

2.2.1 Schadensstufe I: keine Schäden, Sanierung nicht erforderlich

In dieser Schadensstufe werden diejenigen Stahlbeton-Außenbauteile eingestuft, in denen die Karbonatisierungstiefe während der gesamten Lebensdauer des Bauwerkes immer kleiner als die Betonüberdeckung sein wird. Dies ist in der Regel der Fall bei sehr guten Betonen (B 35 und höher) und bei Vorhandensein einer ausreichenden Betonüberdeckung der Stahlbewehrung.

Die Ermittlung der vorhandenen Betonüberdeckung c und der Karbonatisierungstiefe y_0 ist in Abschnitt 2 beschrieben. Der weitere Fortgang der Karbonatisierung kann nach [2] wie folgt berechnet werden:

$$y = k \cdot \sqrt{N^t} \quad [mm] \quad (1)$$

Es bedeuten:

k Karbonatisierungskonstante

$$\left[\frac{mm}{a^{0.3}} \right]$$

$$k = \frac{y_0}{\sqrt{t_0}} \quad (2)$$

N Lebensdauer des Bauwerkes

[a]

t_0 Alter des Bauwerkes zum Erhebungszeitpunkt

[a]

y Prognostizierte Karbonatisierungstiefe zum
Zeitpunkt N

[mm]

y_0 Karbonatisierungstiefe zum Erhebungszeitpunkt

[mm]

Wenn die prognostizierte Karbonatisierungstiefe kleiner als die vorhandene Betonüberdeckung ist, so können karbonatisierungsbedingte Korrosionsschäden während der Lebensdauer des Bauwerkes ausgeschlossen werden. Eine vorbeugende Sanierung in der Form eines karbonatisierungsbremenden Anstriches wäre in diesem Fall nicht erforderlich.

Wenn jedoch die prognostizierte Karbonatisierungstiefe größer als die vorhandene Betonüberdeckung ist, so muß mit späteren Korrosionsschäden gerechnet werden. – In diesem Fall ist das Bauteil der Schadensstufe II zuzuordnen.

2.2.2 Schadensstufe II: keine Schäden, vorbeugende Sanierung erforderlich

In dieser Schadensstufe werden diejenigen Stahlbeton-Außenbauteile klassifiziert, in denen die Karbonatisierungstiefe zwar zum Entscheidungszeitpunkt kleiner als die Betonüberdeckung ist, aber während der Lebensdauer des Bauwerkes karbonatisierungsbedingte Korrosionsschäden zu erwarten sind. Das bedeutet, daß während der erwarteten Lebensdauer des Bauwerkes die Karbonatisierungstiefe (s. Gl. (1)) größer als die vorhandene Betonüberdeckung sein wird, und daß dadurch aufgrund des dann nicht mehr vorhandenen Korrosionsschutzes voraussichtlich Korrosionsschäden auftreten werden.



Die in [1] dargestellten Untersuchungen haben ergeben, daß eine vorbeugende Sanierung immer billiger ist als das Auftreten von Korrosionsschäden abzuwarten, um sie nachträglich zu sanieren. Hierbei wurden unterschiedliche Sanierungskosten, unterschiedliche Zinsen sowie Baupreisseigerungsraten und die Tatsache, daß karbonatisierungsbremsende Anstriche kreiden - wie alle anderen Anstriche auch - und deswegen ca. alle 10 Jahre zu erneuern sind, berücksichtigt (siehe Bild 2).

Aufgrund der regelmäßigen Erneuerungsbedürftigkeit des Anstriches würde eine zu frühe Sanierung mehr Anstriche bedingen; eine zu späte vorbeugende Sanierung kann u. U. die karbonatisierungsbedingten Korrosionsschäden nicht mehr abwenden. Das bedeutet, daß einerseits das Hinauszögern der vorbeugenden Sanierung die Kosten verringert, aber andererseits, wenn die vorbeugende Sanierung nicht rechtzeitig eingeleitet wird, spätere und auch teurere Schäden nicht mehr vom Bauwerk abgewendet werden können.

Der späteste und somit auch optimale Zeitpunkt für die vorbeugende Sanierung erfolgt nach [1] zu:

$$t = \left(\frac{c}{k} - \frac{1}{\alpha} \right)^2 \quad [a] \quad (3)$$

Es bedeuten:

t optimaler Sanierungszeitpunkt [a]

c minimal vorhandene Betonüberdeckung [mm]

$k = \frac{y_0}{\sqrt{t_0}} \quad \left[\frac{\text{mm}}{\text{a}^{0.5}} \right]$

y_0 Karbonatisierungstiefe zum Erhebungszeitpunkt [mm]

t_0 Alter des Betons zum Erhebungszeitpunkt [a]

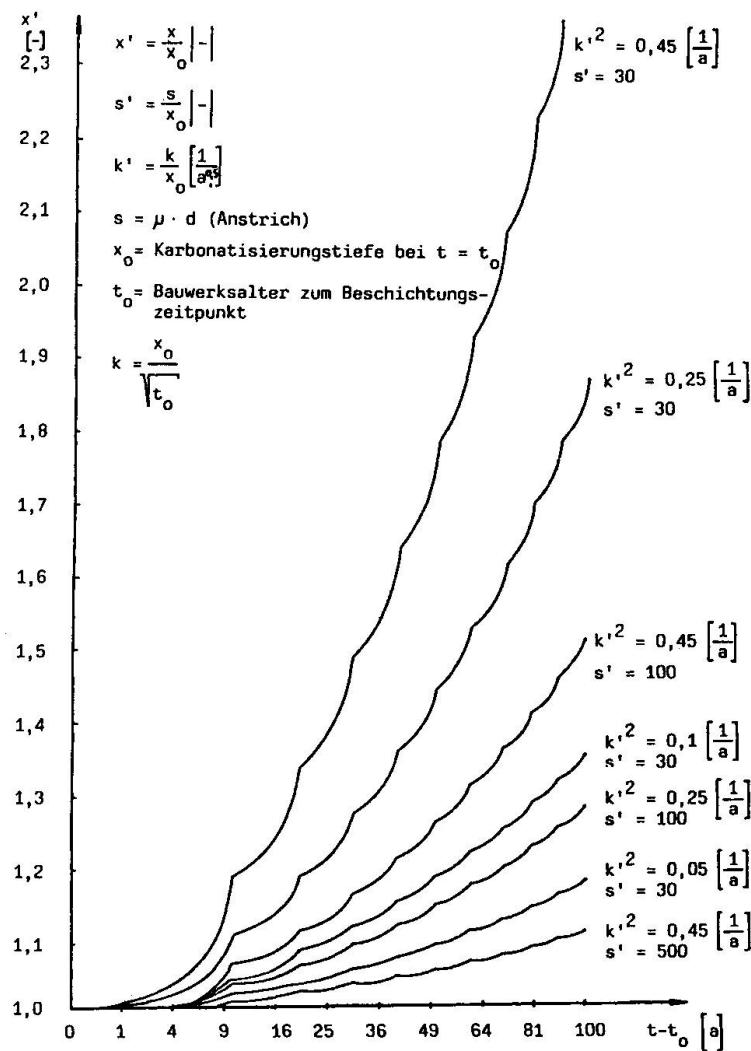


Bild 2 Karbonatisierung in Abhängigkeit von der Zeit unter Berücksichtigung der Kreidung des Anstriches. Auszug aus [2]

$$\begin{aligned}\alpha &= 8,2 \text{ für } N = 100 \quad [\text{a}] \\ \alpha &= 10,3 \text{ für } N = 80 \quad [\text{a}] \\ \alpha &= 16,5 \text{ für } N = 50 \quad [\text{a}] \\ N &= \text{Lebensdauer des Bauwerks} \quad [\text{a}]\end{aligned}$$

2.2.3 Schadensstufe III: Korrosionsschäden vorhanden, Tragfähigkeit nicht gefährdet

In dieser Schadensstufe werden diejenigen Stahlbeton-Außenbauteile eingestuft, in denen die Karbonatisierungstiefe bereichsweise größer als die Betonüberdeckung der Stahlbewehrung ist ($y > c$) und deswegen bereits korrosionsbedingte Absprengungen der Betonüberdeckung vorhanden sind. Die Korrosionsschäden dürfen hierbei jedoch nicht so weit fortgeschritten sein, daß eine Gefährdung der Standsicherheit gegeben ist.

Bauteile dieser Schadensstufe weisen korrosionsbedingte Abplatzungen der Betonüberdeckung auf. - Aufgrund dieser Betonabplatzungen ist es erforderlich, die Sanierungsmaßnahmen kurzfristig einzuleiten: Wenn Stahl ungeschützt im Abplatzungsbereich direkt der Atmosphäre ausgesetzt ist bzw. im bereits karbonatisierten Betonbereich liegt, kann er schnell korrodieren. Aufgrund der deswegen zunehmenden Korrosionsschäden wird der erforderliche Aufwand, um die Schäden zu beheben, in kürzester Zeit überproportional steigen (siehe Bild 3).

2.2.4 Schadensstufe IV: Korrosionsschäden vorhanden, Tragfähigkeit gefährdet

In dieser Schadensstufe werden diejenigen Stahlbeton-Außenbauteile klassifiziert, in denen die karbonatisierungsbedingte Korrosion der Stahlbewehrung so weit fortgeschritten ist, daß die Standsicherheit nicht mehr gewährleistet ist.

Bauteile dieser Schadensklasse sind aufgrund der nicht ausreichend vorhandenen Standsicherheit sofort zu sanieren. Entsprechend der statischen Bedeutung des Bauteiles und in Abhängigkeit vom Zerstörungsgrad der vorhandenen Stahlbewehrung sind gegebenenfalls sofortige Stützmaßnahmen erforderlich. Die Standsicherheit muß selbstverständlich auch während der Sanierung gewährleistet sein.

Diese Schadensstufe wird deswegen erreicht, weil Bauteile der Schadensstufe III nicht rechtzeitig saniert worden sind.

3. LITERATUR

- [1] Friedmann, M.: Betonkorrosion im Hochbau; Schadensanalyse, Betonvoruntersuchung, Bewertung - Bauverlag, 1986.
- [2] Klopfer, H.: Die Carbonatisierung von Sichtbeton und ihre Bekämpfung. Bautenschutz und Bausanierung, Heft 3, 1978.

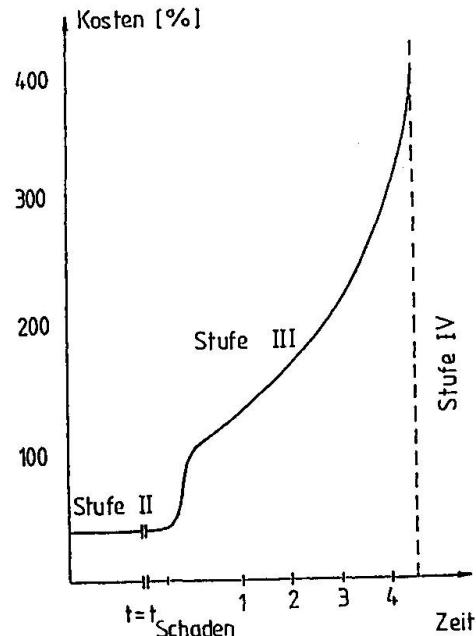


Bild 3 Entwicklung der Instandsetzungskosten für Beton in Abhängigkeit von der Zeit bei nicht erfolgter Instandsetzung

Leere Seite
Blank page
Page vide