

Chemische, kristallographische und andere Angriffe an Gasbeton

Von

J. Arvid Hedvall*

Aus dem Institut für Bautechnik, Chalmers Techn. Hochschule Göteborg

Mit 3 Abbildungen

(Eingegangen am 16. Oktober 1964)

In vielen Ländern ist die Ausbildung von Architekten und Bautechnikern hinsichtlich physikalisch-chemischer und kristallographischer Eigenschaften ihres Materials zu mangelhaft, um eine effektive Zusammenarbeit mit den Naturwissenschaftlern der betreffenden Gebiete zu ermöglichen. Dies ist gefährlich und unpraktisch, weil gerade diese Eigenschaften von grundlegender Bedeutung bei richtiger Wahl des Materials sind, so daß Beständigkeit gegen klimatologische Faktoren und mechanische Beanspruchung gewährleistet wird. Diese Verhältnisse werden besonders in bezug auf Beton und Leichtbeton erörtert.

The education of architects and building constructors about the physico-chemical and crystallographical properties of their materials is still, in a number of countries, so imperfect that a discussion with scientists in order to choose the right material and to avoid unnecessary damages rarely can be conducted in an effective way. In this paper such questions are put forth in connection with the climatical and mechanical stability of different types of concrete.

Es ist paradox, daß die Häuser, in welchen Forschung betrieben wird oder schlechthin worin Menschen wohnen, Unzweckmäßigkeiten und Schäden aufweisen, die ohne jeden Zweifel darauf beruhen, daß immer noch ihre Materialprobleme mangelhaft gelöst sind, obwohl solches

* Es ist dem Verfasser eine Ehre und Freude, seiner berühmten Kollegin, Frau Professor Dr. *Erika Cremer*, durch diesen kleinen Beitrag, der wenigstens im Prinzip unsere gemeinsame Forschung über die Eigenschaften der Oberflächen fester Stoffe berührt, in Erinnerung an lange, hochgeschätzte Bekanntschaft herzlichst zu gratulieren.

Material — Natur- oder Kunstprodukte — sehr heterogen ist und daher eine Mehrzahl von korrosionsempfindlichen Phasengrenzen darbietet.

In dem Dreikomponentensystem von Architekten, Bautechnikern und physikalisch-chemischen Materialspezialisten findet man — um noch einmal ein Bild vom Phasendiagramm zu benutzen — viel mehr von voneinander scharf getrennten Phasen als von Homogenitätsgebieten. Das heißt: die Kontakte und das intime Ineinandergreifen der genannten „Komponenten“ sind mangelhaft oder nicht selten beinahe gar nicht vorhanden. Dies hängt damit zusammen, daß die Architekten, die Bautechniker und die physikalisch-chemischen Spezialisten an den Ausbildungsanstalten ganz verschiedene Wege wandern. In vielen Ländern gibt es immer noch keine Lehrstühle für physikalisch-chemische Baumaterialkunde. Dies ist ein Mangel, der außerordentlich unpraktisch und auch unökonomisch ist. Nach diesen prinzipiellen, aber hochaktuellen Bemerkungen sollen ganz allgemein und im Prinzip einige viel zu wenig beachtete Ursachen von Schäden an Baumaterialien und ganz besonders an den verschiedenen Sorten von Gasbeton beleuchtet werden.

Jede Substanz, jedes System strebt nach einem stabilen oder Gleichgewichtszustand, der entweder rein mechanisch oder thermodynamisch unter in dieser Hinsicht günstigen Umständen erreicht werden kann. Wie ein Körper durch die Schwerkraft von einem höheren zu einem niedrigeren Niveau fällt, wie eine amorphe Substanz unter dem Schmelzpunkt die Tendenz zu kristallisieren hat, wie ein polykristallines Aggregat rekristallisiert, d. h. größere oder stabilere Einheiten bildet (das Idealziel, einen Einkristall zu bilden, wird wegen gasförmiger oder anderer Einmischungssperren in der Regel nicht erreicht), geht ein Stoff, der in mehr als einer Modifikation kristallisieren kann, bei den für ihn charakteristischen Umwandlungstemperaturen (SiO_2 z. B. hat mehrere) in die stabileren Formen über. Es soll in diesem Zusammenhang auch erwähnt werden, daß instabile Phasen, Substanzen mit eingebauten gitterfremden Partikeln und Verbindungen, die sich in irgend einem Umwandlungszustand befinden, besonders empfindlich sind gegen aggressive Agentien oder andere beanspruchende Faktoren.

Die vielen Erzeugnisse, die als Gasbeton bezeichnet werden, bieten Beispiele dar von Produkten mit einer durch sämtliche genannte Vorgänge oder Zustände verursachten Empfindlichkeit gegen zerstörende Faktoren. Der Hauptbestandteil ist Zement, dessen wichtigsten Verbindungen die kalkreichen Silikate (C_3S und C_2S) und Aluminate C_3A und C_4AF sind. Die Einwirkung von Wasser auf diese Verbindungen unter normalen Bedingungen besteht in einer Kombination von Hydrolyse und Hydratisierung. Es werden dabei kalkärmere Silikate und Calciumhydroxid gebildet. Die aluminiumhaltigen Komponenten können die Proportionen zwischen CaO und Al_2O_3 behalten z. B. in der Form eines

hydratisierten Tricalcium-aluminats $C_3A \cdot 6 H_2O$ (es gibt auch andere). Das Fe_2O_3 in C_4AF kann dabei ein Calciumferrit bilden. Auch wenn von den Zusätzen abgesehen wird, haben wir es also selbst unter normalen Bindungsumständen mit einem sehr heterogenen Produkt zu tun, und die Ungleichförmigkeit wird noch größer, erstens weil die Reaktionen in der Regel nicht vollständig verlaufen, zweitens weil einige Verbindungen in nicht stabilen Kristallformen auftreten können und drittens, weil auch amorphe oder gelartige Phasen existieren.

Bei der Herstellung vom Gasbeton finden die Reaktionen mit Wasser in der Form von Dampf unter Druck, und also bei erhöhter Temperatur, viel



Abb. 1. Korrosion an Phasengrenzen

schneller statt. Es ist selbstverständlich, daß diese Verhältnisse auf den Reaktionsverlauf und die entstandenen Produkte einwirken. Zum Teil werden andere Hydrolyseprodukte gebildet und die „normalen“ können strukturell verschieden entwickelt werden. Es ist offensichtlich, daß die durch die Reaktionen mit Wasser gebildeten Produkte keinem stabilen Gleichgewichtszustand entsprechen und daß dies erst recht im Gasbeton der Fall ist. Gegen chemische und biologische Angriffe oder

mechanische Beanspruchungen — und besonders beim Zusammenwirken dieser Faktoren — besteht nach dem eingangs Angeführten eine Empfindlichkeit, die unter Umständen eine schneller oder langsamer verlaufende Zerstörung herbeiführen kann.

Hier soll noch einmal das Bestreben jeder Verbindung oder jedes Systems, stabile Verhältnisse zu erreichen, hervorgehoben werden. Wenn solche Vorgänge mit chemischen Umsetzungen oder Kristallisationsprozessen zusammenhängen, ist ein Transport von Partikeln zwischen den Reaktionspartnern oder im Innern der Gitter eine selbstverständliche Notwendigkeit. Im festen Zustand — ohne Mitwirkung von flüssigen oder gasförmigen Phasen — spielen solche Vorgänge bei den hier behandelten Produkten nur bei so erhöhten Temperaturen eine Rolle, daß sie in der Praxis kaum vorkommen.

Genau wie bei der Entstehung der Zinn- oder Bronzepest oder bei der sogenannten Glaskrankheit, d. h. wo instabile Zustände in stabile durch eine Kombination von Erschütterungen und durch Flüssigkeiten in Form von Wasser und Lösungen den Materietransport erleichtern, können im Beton oder besonders im Gasbeton chemische und strukturelle Vorgänge, die die mechanische Festigkeit herabsetzen, ausgelöst und beschleunigt werden.

Weil, wie erwähnt, Calciumhydroxyd beim Hydratisieren des Zements gebildet wird, greifen saure Gase oder Flüssigkeiten leicht an und dabei



Abb. 2. Biologische Angriffe und Frostschäden

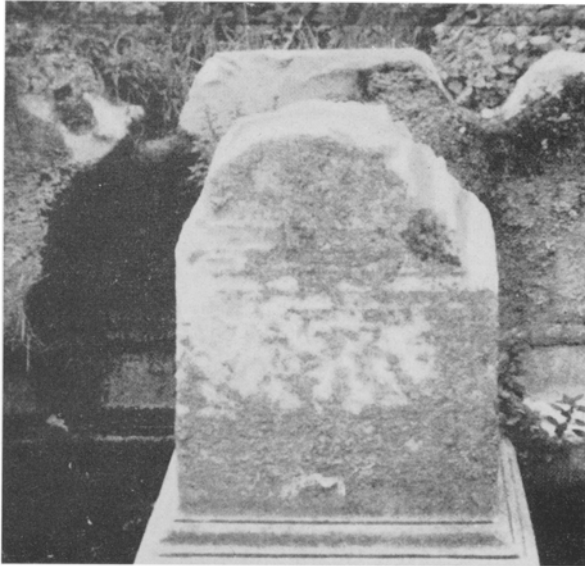


Abb. 3. Durch von Wohnhäusern herabfließendes Abwasser beschädigter Stein mit Inschriften (Römische Agorà, Athen)

natürlich gerade diese Verbindung. Ob auch andere Verbindungen angegriffen werden können — ich habe kürzlich solche Vermutungen in einer Publikation geäußert — ist natürlich aus Aviditätsgründen eine sekundäre Frage.

Von chemischen Angriffen soll auch die meines Wissens sehr wenig beachtete Einwirkung von calcophilen Flechten, deren Säuren den Kalk angreifen, wodurch ihre Hyphen sich in den Beton einbohren und Sprödigkeit oder Frostsprengung erzeugen und natürlich auch die chemischen Angriffe erleichtern, erwähnt werden. Auf solche Angriffe auch bei der Verwitterung vom Naturstein hat man ebenfalls viel zu wenig die Aufmerksamkeit gelenkt. Sehr oft beginnen derartige Prozesse durch Angriffe dieser Art.

In Fabrikslokalen, wo nicht nur Feuchtigkeit und erhöhte Temperaturen vorkommen, sondern auch direkt reaktionsfähige Gase und katalytisch wirkende Stoffarten, stellt die Wahl des Materials der Bauelemente einen großen und nur unvollständig gelösten Problemkomplex dar. Es ist nach dem angeführten ersichtlich, daß die Gasbetonprodukte mit ihren angriffseinladenden Korngrenzen zwischen sowohl chemisch als auch strukturell verschiedenen Stoffarten mehr Forschung erfordern, damit ihre vielen Vorteile sich mit größerer chemischer Beständigkeit des Materials vereinen lassen.

Vergessen darf man auch nicht die Einwirkung auf innere oder äußere Vorgänge von solchen Vibrationen, die z. B. durch Traversen oder andere Maschinen verursacht werden. Es ist schon längst bekannt, daß solche Vibrationen Kristallisationsprozesse, z. B. im Zinn (Zinnpest) oder im Glas (Glaskrankheit), beschleunigen. Es gibt auch andere hochaktuelle Fragen, die mit der Porosität und mit dem daraus folgenden großen Kontakt des Gasbetons mit der umgebenden Atmosphäre oder mit Flüssigkeit zusammenhängen. Hier kommt auch das Problem der Armierung in das recht komplizierte Forschungsprogramm herein.

Es handelt sich immer um die Rätsel der Oberflächen und Kontaktzonen, wo eine Fülle von unvollständig gelösten Problemen existieren und zu wichtiger Forschung einladen; vielleicht wegen der großen und ruinösen Schäden einige der wichtigsten. Die hier behandelten Verhältnisse beim Beton sind natürlich nur ein Einzelfall.