Schutz der Betonoberfläche

Autor(en): **Ammann, Robert / Santandrea, Marc G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 19

PDF erstellt am: **09.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75458

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweiz ist sie damit weitgehend *vertikalisiert*, oft inklusive Produktionsmaschinenbau, und mit einem Vielfachen an Ingenieuren dotiert. Die Entwicklung geht in Richtung *automatisierter Produktion teurer Uhren*, somit *flexibler Systeme für mittlere Stückzahlen*. Der Gedanke, anspruchsvolle internationale technische Spezifikationen, in Anlehnung etwa an die Hi-Fi-Normen, zu schaffen, ist erörtert worden und könnte zweifellos für eine für Japan und die Schweiz erwünschte Markttransparenz sorgen.

Die notwendige *Abwendung Japans von der Billiguhr* wird dieses Land wieder vermehrt zum *Konkurrenten der Schweiz* werden lassen. Angesichts der Grösse des Weltmarktes liegen darin aber auch interessante Zusammenarbeitsmöglichkeiten.

Mögliche Reaktionen der Schweiz

Angesichts der weltweiten Anerkennung, welche die technischen und industriellen Leistungen Japans in den letzten Jahren gefunden haben, lag es auf der Hand, dass auch die Studiengruppe über weite Strecken über einen positiven und starken Eindruck der Technischen Wissenschaften in Japan berichten kann. Es wäre jedoch falsch, auf Grund solcher Feststellungen und auf Grund der Furcht vor der japanischen Konkurrenz, die zweifellos noch stärker werden wird, sich einseitig auf dieses Land auszurichten. Es gilt vielmehr abzuschätzen, welche Methoden und Strategien Japans lediglich regionale und sozio-kulturelle Bedeutung haben und welche als echte Weiterentwicklung in das weltweite technisch-industrielle Verhalten eingehen werden. Die Schweiz sollte sich soweit auf Japan ausrichten, als sie sich damit schlechthin *auf die Zukunft ausrichtet*.

In der Linie dieser Überlegungen muss leider bezüglich *Marktpotential* mit einer negativen Feststellung begonnen werden. Der Umstand, dass es Europa nicht gelungen ist, einen freien Markt, vergleichbar mit den USA oder Japan, aufzubauen, wird in den nächsten 20 Jahren nicht wettzumachen sein. Es wird wohl nicht einmal gelingen, gemeinsame Normen für Fernsehen und Datenübertragung zu schaffen. Als einzige Chance in dieser Marktfrage bleibt der *Weg über eine zunehmende Multinationalität in der Forschung und vor allem in den industriellen Strukturen*.

Bezüglich des zweiten Pfeilers japanischer Erfolge, des enorm starken Ingenieureinsatzes, muss vorerst festgestellt werden, dass vermutlich kein Land mit hohem Lebensstandard darum herum kommen kann, diesen Weg zumindest tendenziell einzuschlagen. Für die *Schweiz* führt dies zur *Verstärkung der Ingenieurschulen* und zu *Anlernkursen für Spezialisten* in der Praxis.

Die *universelle staatliche Forschungspolitik* Japans kann nicht auf schweizerische Verhältnisse verkleinert werden. Die Reaktion kann hier sozusagen nur im umgekehrten Weg, d.h. in einer bewusst punktuellen Taktik, bestehen. Auch dann aber ist zweifellos Japan in bezug auf Grundlagenwissen und vor allem auf Information, Dokumentation und Früherkennung als Vorbild im Auge zu behalten.

Neben den skizzierten grundsätzlichen Fragen wird der Erfolg einer schweizerischen Reaktion von der gründlichen Überarbeitung der Einzelfragen abhängig sein. Stichworte hierzu können sein:

- Produkte statt Managementtheorien
- Innovation durch Gruppen-Denken
- Qualität als integrierendes Firmenziel
- Automation schon vom Grundkonzept der Produkte an
- Integration von Kommunikation und Computer
- Verstärkung der Ausbildung der Ingenieure und deren Einsatz
- Passiver und aktiver Zugang zur wissenschaftlichen (*englischen*) Information.

Die Studiengruppe ist überzeugt, dass die Auseinandersetzung mit japanischen Leistungen zu einer Bereicherung der Möglichkeiten des Ingenieurs im allgemeinen führt und dass die schwierigen Probleme, die sich aus den Grenzen des Wachstums ergeben, nur durch eine weitgehende Integration der Ideen aller Menschen guten Willens, und hierzu gehören die Japaner, zu lösen sein werden.

A.W. Roth, M.P. Forrer, J.J. Morf, F. Sutter

Der Bericht kann zum Preis von Fr. 20.– beim Sekretariat der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (Satw), c/o SEV, Postfach, 8034 Zürich, bezogen werden.

Schutz der Betonoberfläche

Von Robert Ammann, Uster, und Marc G. Santandrea, Langnau-Zürich

Immer häufiger sind Schäden an der Betonoberfläche festzustellen. Die Autoren sehen in der gegenwärtigen Luftverschmutzung einen wesentlichen Faktor und plädieren für Schutzmassnahmen. Ausführungen zur Wirtschaftlichkeit zeigen, dass es dabei nicht um Kosmetik, sondern um die Bausubstanz geht.

Zunehmende Umweltverschmutzung

Vor mehr als 20 Jahren machten zuerst die Fischer auf Veränderungen im Fischbestand unserer Gewässer aufmerksam. In der Zwischenzeit sind die getroffenen Gewässerschutzmassnahmen wirksam geworden, und der Zustand hat sich merklich gebessert. Plötzlich ist nun aber die «Luftverschmutzung» akut geworden. Wieder erreichen uns Signale der Natur wie «saurer Regen» oder «Waldsterben», die grossangelegte Umweltschutz-Massnahmen auslösen. Aber nicht nur die belebte Umwelt ist davon betroffen. In neuester Zeit häufen sich Nachrichten von den laufend notwendig gewordenen Überholungsarbeiten an unserer historischen Bausubstanz. Auch jüngste Betonbauten haben bereits unerwartete Schäden. Nachfolgend soll die Betonzerstörung durch Umweltverschmutzung behandelt werden.

Werkstoffkorrosion

Einfluss der Jahreszeit

Die beiden wichtigsten, d. h. meistverwendeten Baustoffe sind sicher nach wie vor das *Eisen* und der *Beton*. Mit deren Korrosion, der von der Oberfläche ausgehenden Zerstörung bzw. deren Ursachen soll sich der nächste Abschnitt befassen.

Das bekannte *Rosten des Eisens* ist insofern ein natürlicher Vorgang, weil

Tabelle 1. Rostung von Stahlblech in Zürich

Zeitraum	Rostmenge [g/m²] voll bewittert	nur belüftet
September/Oktober	35	15
November/Dezember	36	18
Januar/Februar	38	26
März/April	32	16
Mai/Juni	30	7
Juli/August	12	7
September/Oktober	35	18

Tabelle 2. Schwefeldioxidkonzentrationen im Stadtzentrum [1]

Zeitraum	Schwefeldioxid Mittelwerte [ppb = mm³/m³]
Winter 1969/70	64
Sommer 1970	27
Winter 1970/71	60
Sommer 1971	29
Winter 1971/72	66
Sommer 1972	25
Winter 1972/73	50
Sommer 1973	24
Winter 1973/74	54
Sommer 1974	20
Winter 1974/75	47
Sommer 1975	22
Winter 1975/76	58
Sommer 1976	18

das aus dem oxidischen Erz durch Reduktion im Hochofen gewonnene unedle Metall die Neigung hat, wieder in die ursprüngliche Oxidform überzugehen. In ungeschütztem Zustande reagiert es mit Sauerstoff (O_2) und mit Feuchtigkeit (H_2O) und bildet so den rotbraunen Rost (Eisenoxidhydrat $FeO(OH)_2$.

Dieser chemische Rostungsvorgang bzw. *seine Geschwindigkeit* sind abhängig von der Umgebungstemperatur und von der Luftfeuchtigkeit. Da solche korrosionsfördernde Bedingungen im Sommer vorliegen, beschrieb noch vor 20–30 Jahren die Fachliteratur die stärkere Rostungsneigung des Eisens im Sommer, gegenüber der kälteren und trockeneren Winterszeit.

Eine unveröffentlichte, vor 10 Jahren vom erstgenannten Autor durchgeführte Untersuchung ergab ein unerwartetes, weil *gegenteiliges Resultat,* das jedoch in der Wiederholung bestätigt wurde. Entfettete, gewogene dünne Stahlbleche wurden in Zürich so exponiert, dass sie

- allen Niederschlägen voll ausgesetzt waren, bzw.
- nur von den Luftströmungen umstrichen, aber nicht beregnet wurden.

Nach jeweils zwei Monaten ermittelte man durch Wägung die entstandene Rostmenge und exponierte für die nächste Zeitphase einen neuen Blechabschnitt. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 dargestellt.

Diese *verminderte Rostung im Sommer,* die stärkere Rostungsneigung in unseren Übergangszeiten und die Optima im strengsten Winter – vor allem deutlich sichtbar bei den nur belüfteten Probeblechen – bot zum damaligen Zeitpunkt ein vorerst unerwartetes und unerklärliches Bild. Die in jenem Zeitpunkt in Zürich bereits laufenden Untersuchungen speziell im Zusammenhang mit den Ölfeuerungskontrollen zeigten bezüglich der Rauchgasmengen in der Stadtluft bereits ein eindeutiges Bild, aus dem ableitbar ist, dass *veränderte äussere Bedingungen zu aggressiverem Verhalten unserer Luft geführt haben!* Bestätigt wurde diese Annahme durch die vom Gesundheitsinspektorat veröffentlichten Daten über die Schwefeldioxid-(SO_2-)Konzentrationen in der Zürcher Stadtluft (Tab. 2).

Gemäss den beiden vorerwähnten Untersuchungen muss angenommen werden, dass *Schwefeldioxid* einer der wesentlichen Faktoren für die Rostbildung ist. An der Luft oxidiert sich dieses Gas zu SO_2 auf und bildet schliesslich eine verdünnte Schwefelsäure, die mit den natürlichen Niederschlägen auf die Erde herunterrieselt. Es sei daran erinnert, dass praktisch alle sauren Medien, und diese speziell in verdünnter Form, Metalle effektiv auflösen oder, wie beim Eisen, den Rostvorgang fördern. Bereits 1930 hat der «Schweizerische Verband für die Materialprüfung der Technik» ein Prüfblatt [2] herausgegeben, nach welchem eine mit SO_2 angereicherte Atmosphäre zur Rostschutzprüfung von Anstrichen beigezogen wurde und auch heute noch wird.

Ursachen der sauren Luftverschmutzung

Die schädlichen Belastungen unserer Atemluft durch Metalle und Stäube soll hier nicht behandelt werden, wohl aber eine *stichwortartige Auflistung* über die Ursachen der Luftverschmutzung und die dabei entstehenden schädlichen sauren Endprodukte. Die Reihenfolge in der nachfolgenden Aufzählung sagt dabei nichts aus über die Belastungshöhe und die Aggressivität.

- Industrielle Abgase aller Art
- Auto-Abgase
- Verbrennungsprozesse, vorwiegend zu Heizzwecken und in thermischen Kraftwerken
- Kehrichtverbrennung

«Luftverschmutzung» nahm man während Jahren kaum zur Kenntnis; Ausnahme waren einzelne Behörden wie z. B. das Gesundheitsinspektorat der Stadt Zürich unter der Leitung von Ing. *W. Hess,* das seit 1960 mit Ölfeuerungskontrollen begann, um in erster Linie den Russauswurf zu vermindern und gleichzeitig durch die verbesserte Brennerleistung den Heizmittelverbrauch und damit die übrigen Emissionen zu vermindern.

Die Ablagerungen

Von den russigen, den staubigen oder der öligen u. ä. Emissionen wird hier gar nicht gesprochen, sondern ausschliesslich von den gasförmigen, die durch chemische Reaktion saure Endprodukte bilden. Dabei muss man sich aber bewusst sein,

- dass örtlich, d. h. in grossstädtischen Agglomerationen oder in Industriezentren die Konzentrationen an verschiedenartigsten Immissionen relativ hoch sind und
- dass diese Verschmutzungen aber «grenz- bzw. kontinentüberschreitend» verfrachtet werden und dann in grossen Entfernungen und oft an unerwarteten Stellen zur Auswirkung kommen. Laut Untersuchungen der OECD «importiert» die Schweiz etwa ¾ der sauren Immissionen unfreiwillig [3].

Für Europa sind Untersuchungen soweit gediehen, dass eindeutig feststeht, Schwefeldioxid sei der Hauptbestandteil des sauren Regens. In der Schweiz stehen für häusliche Heizzwecke die leichtern, schwefelärmeren *Heizöle* im Vordergrund. Im Ausland sind es, vor allem in grossen Heizzentralen und in thermischen Kraftwerken, die schwefelreichen *Schweröle oder Kohle,* die den Hauptanteil an SO_2 liefern (in Zentren der Schwerindustrie noch ergänzt durch den Ausstoss aus den Hochöfen). Man versuche sich einmal vorzustellen, dass *jährlich 65 000 000 Tonnen Schwefeldioxid* auf die Länder Europas einschliesslich Russlands herabrieseln und davon *rund 25 000 Tonnen auf die Schweiz* entfallen.

Es ist hier nicht der Platz, Hauptschuldige zu nennen oder zu suchen; *Leidtragende in dieser sich abzeichnenden echten und weltweiten Katastrophe sind wir alle.* Um die beschriebenen Faktoren in den Griff zu bekommen, sind bekanntlich verschiedenartigste Massnahmen vorgeschlagen bzw. angelaufen.

Schäden an Stahlbeton

Die saure Umgebung schädigt nicht nur das Konstruktionsmaterial Eisen, sondern auch das mineralische Gerüst des Baustoffes Beton. Der *Zement, als Bin-*

demittel im Beton, ist ein Calciumsilikathydrat, das relativ grosse Anteile des stark basisch wirkenden Calciumhydroxids $Ca(OH)_2$ enthält. Der dadurch hohe pH-Wert von etwa 12 schützt das inliegende Armierungseisen vor dem Rosten, obwohl neben dem beim Erhärten chemisch gebundenen Wasser auch noch ein grösserer Anteil freien, verdunstbaren Wassers vorhanden ist.

Bezüglich der chemischen Widerstandsfähigkeit von Beton beschreibt Prof. *G. Wischers* [4]:

«Ein lösender chemischer Angriff wird durch Säuren und bestimmte austauschfähige Salze hervorgerufen, er löst den Zementstein aus dem Beton heraus. Dieser Vorgang schreitet von aussen nach innen fort und ist bereits nach kurzer Dauer der chemischen Einwirkung an dem Absanden der Oberfläche zu erkennen.

Der treibende Effekt wird meist durch die in den erhärteten Beton eindringenden Sulfat-Ionen bewirkt, die (...) dabei wasserreiche Ettringitkristalle bilden. Diese Kristalle benötigen einen grösseren Raum, weshalb sie zuerst im Innern des Betons Kristallisationsdrücke hervorrufen, bis diese die Zugfestigkeit überschreiten und dadurch zu einem Zertreiben führen. Diese Form des chemischen Angriffs ist zunächst nicht äusserlich erkennbar.»

Abgesehen davon, dass der Säurewiderstand von der Art bzw. der Zusammensetzung des Zementes, von der Qualität der verwendeten Zuschlagstoffe und noch andern Faktoren abhängt, spielt natürlich auch die *Art und die Konzentration der einwirkenden Säure* eine wesentliche Rolle.

Betrachten wir vorerst einmal die Möglichkeiten der chemischen Reaktionen zwischen den Bestandteilen des sauren Niederschlages und dem alkalischen (= basischen) Zementanteil, dem Calciumhydroxid. Die eher schwache Kohlensäure neutralisiert dieses Calciumhydroxid und bildet damit neutralen Kalkstein, das Calciumcarbonat. Der *pH*-Wert des Betons sinkt im Laufe von Jahren ab (Betonkarbonatisation), und wenn der Wert 8 erreicht ist, entfällt langsam, aber sicher der Schutz des Armierungseisens.

Die stärkere Schwefelsäure unterstützt die Karbonatisation bzw. beschleunigt den Neutralisationsvorgang unter Bildung von Calciumsulfat (Gips), unter gewissen Umständen in Form von treibendem Ettringit. Ihren Hauptschaden richtet sie beim Erreichen des Armierungseisens an, indem in diesem Moment die Rostung enorm beschleunigt wird. Der «wachsende», d. h. sein Volumen vergrössernde Rost bewirkt wahrscheinlich zusammen mit der Ettringit-Sprengwirkung die Ursache für die in den letzten Jahren immer häufiger auftretenden Beton-Abplatzungen bzw. Freilegungen der zu knapp überdeckten Armierungseisen. Auch wenn es nicht bis zur Abplatzung kommt, so bewirkt diese katalytisch geförderte Rostung die bräunliche Fleckenbildung auf der scheinbar noch intakten Betonoberfläche. Die übrigen, früher erwähnten Säuren wirken alle in der gleichen Weise. Aber auch an und für sich neutrale Salze wie z. B. das gegen die Eisbildung auf die Strassen ausgestreute Natriumchlorid (Kochsalz) vermag den Rostungsvorgang wesentlich zu intensivieren; ein Faktum, das jedem Autobesitzer hinlänglich bekannt ist.

Betonschutz

Untergrund

Prinzipiell korrodieren also beide Baustoffe; das Eisen rascher und gut sichtbar mit braunroter Färbung, der Beton und die meisten übrigen mineralischen Baustoffe wohl langsamer, aber infolge des Fehlens sichtbarer Korrosionsprodukte um so unangefochtener vor sich hin - bis es dann eigentlich schon zu spät ist.

Die Konditionen für einen sachgerechten und wirksamen *Korrosionsschutz des Eisens* sind bekannt, weil sie in jahrzehntelanger Praxis erarbeitet worden sind. Betrachten wir vorläufig einmal *Beton als mineralischen Anstrichuntergrund,* so sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Beton ist porös,
- durch Schwund- oder Setzungsvorgänge hat er bereits feinste Risschen,
- die Makrostruktur kann sehr ungleichmässig (Kiesnester), löchrig und/oder evtl. zu wenig gebunden sein,
- dieser Untergrund ist alkalisch,
- er enthält mehr oder weniger verdunstbares Wasser
- in vielen Fällen wird eine gewisse Atmungsfähigkeit, d. h. Durchlässigkeit für Luft und Wasserdampf, verlangt,
- anderseits verlangen aber die vorbeschriebenen aggressiven Medien eine haltbare und abdichtende Wirkung; Bedingungen, die nicht immer einfach zu kombinieren sind.

Mit zweckmässig komponierten Anstrichstoffen lassen sich einige der obgenannten Forderungen erreichen, nur liegt dann praktisch ein deckender farbiger, bzw. ein lasierender oder klarer Anstrich vor, der dem Beton ein anderes Aussehen und damit einen andern Charakter verleiht.

Imprägnierung

Als Alternative drängt sich seit einiger Zeit eine althergebrachte, aber mit modernen Rohstoffen und bestimmter Einsatz- und Arbeitstechnologie optimiertes Schutzverfahren wieder in den Vordergrund. Es handelt sich dabei um die *Imprägnier-Technologie.* Eine Imprägnierung (z. B. *ASSA-B-Imprägnierung*) dringt und sickert auf Grund ihrer speziellen Komposition und des chemischen Charakters ihres Wirkstoffes tief in die Poren und feinsten Risschen des Untergrundes ein und vermag dann in einer Randzone von mehreren Millimetern Tiefe unter der Oberfläche ihre Wirkung zu entfalten: Das Eindringen wässriger Flüssigkeiten wird auf Grund der hohen Grenzflächenspannung des Wirkstoffes *wesentlich erschwert (Hydrophobie).*

Da nach dem Verdunsten der Lösemittel - im Gegensatz zu einer Lackierung oder einem Anstrich - *kein* geschlossener Oberflächenfilm zurückbleibt, kann Wasser, das im Mauerwerk vorhanden ist, verdunsten; flüssiges Wasser und wässrige Lösungen hingegen werden optimal abgestossen. Saure Niederschläge und salziges Spritzwasser können infolge dieser optimalen Hydrophobierung *gar nicht mehr mit dem Baustoff in Berührung kommen.*

Die tiefimprägnierte Randzone bietet jedoch noch zusätzliche Vorteile: Bei allfälligem späterem Auftreten von Schwind- oder Setzrissen oder bei oberflächlicher Verletzung ist das Eindringen von Wasser gleichwohl verunmöglicht oder mindestens stark erschwert, weil innerhalb der Imprägnierzone die *Flanken solcher Risse bereits hydrophobiert* sind.

Schutz gegen Karbonatisation

In der einschlägigen Fachliteratur taucht heute immer der Ausdruck «Karbonatisierungsbremse» auf. Filmbildende Anstriche und Lackierungen haben natürlich eine Barrierewirkung, weil der Durchgang von Gasen (CO_2, SO_2 usw.) stark abgebremst wird. Wir sind der Auffassung und vertreten die These, dass die *Neutralisierung des Zementalkalis* nicht primär durch die Reaktion mit dem gasförmigen Kohlendioxid und/oder dem ebenfalls gasförmigen Schwefeldioxid erfolgt, sondern mit deren wässrigen Folgeprodukten, *den flüssigen verdünnten Säuren!*

Diese diffundieren in den porösen Baustoff ein und neutralisieren dabei das Zementalkali. Diese Reaktion aus der wässrigen Phase heraus hat mindestens so grosse Wahrscheinlichkeit wie die Theorie des ständigen Gasaustausches in den feinen Porenbereichen des Be-

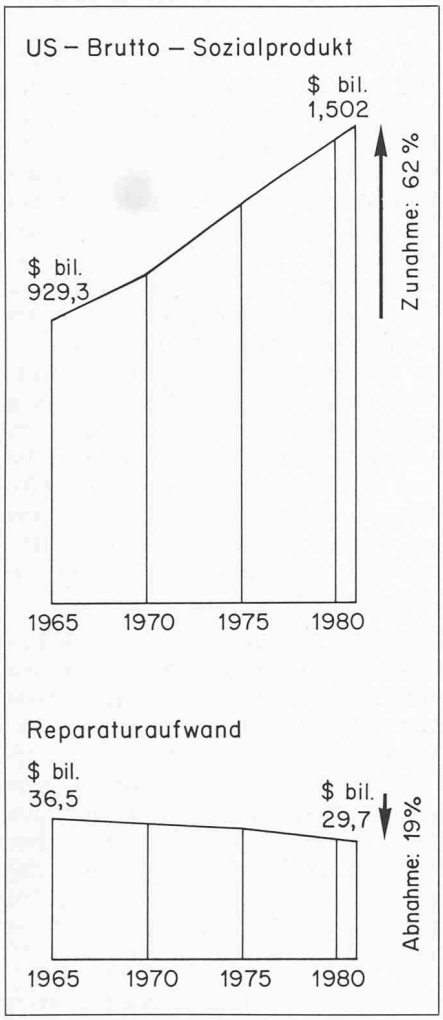

Bild 1. Abnahme des Unterhalts trotz steigender Konjunktur [6]

tons! Dazu kommt noch, dass auch saubere Niederschläge in ungeschützten Beton eindringen und dabei das Calciumhydroxid auflösen; beim anschliessenden Trocknen wandert diese Calciumhydroxidlösung an die Oberfläche. *Dort* karbonatisiert sie und bildet die unerwünschten Ausblühungen, während in der Tiefe eine Verarmung an Zementalkali stattfindet, die dann schliesslich das Armierungseisen rosten lässt.

Gelingt es also, durch eine wirksame und haltbare hydrophobierende Randzonen-Imprägnierung die starke, sich immer wiederholende Durchnässung von Bauwerkoberflächen zu verhüten, so muss man auch bei einer nichtfilmbildenden Tiefenimprägnierung von einer Karbonatisierungsbremse sprechen.

Unter dem Titel «Die Wasserdurchlässigkeit von Zementstein» bringt das Cementbulletin vom Oktober 1983 den Hinweis [5]

«Um gegen das Eindringen von Wasser und auch von anderen Flüssigkeiten zu schützen, müssen geeignete Imprägnierungen der Poren vorgenommen werden. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren ist, ein genügend tiefes Eindringen des Dichtungsmittels in das feine Porensystem zu erreichen.»

Diesem Hinweis haben wir nichts beizufügen, bestätigt er doch, dass eine Imprägnierung nach dem ASSA-Verfahren (starke Hydrophobierung mit tiefem Eindringvermögen) in diese Richtung zielt. Unter den aktuellen und noch lange Zeit anhaltenden Umweltbedingungen gilt es zu erkennen, dass die mineralischen Baustoffe (vor allem der Beton) *unbedingt mit einem Schutz* zu versehen sind.

Zur Wirtschaftlichkeit des Betonschutzes

Nach der technischen Abhandlung des Problems sollte auch die nicht minder wichtige, sehr oft noch vernachlässigte ökonomische Seite beleuchtet werden. Zur eigentlichen Erhaltung der Bausubstanz sind zwei Erfordernisse zu erfüllen:

- beschädigte Objekte müssen repariert und für die Zukunft geschützt werden,
- neue Bauten müssen eine vorsorgliche Schutzbehandlung erhalten.

Neue Betonteile können *relativ kurz nach dem Ausschalen* mit der Schutzimprägnierung versehen werden. Reinigungen oder andere Vorbehandlungen sind nur noch nötig, sofern Schalölrückstände vorhanden sind.

Wenn die Schäden nicht wirksam behoben bzw. *vorsorglich verhindert* werden, können Bauwerke verschiedenster Art durch teilweisen Verlust der statischen Festigkeit unbenützbar werden. In diesem Endstadium ist eine Reparatur meistens nicht mehr möglich.

Schadenhöhe in Zahlen

Die eigentliche Schadenermittlung an der Bausubstanz ist schwierig. In Europa und insbesondere in der Schweiz sind (noch) keine Schadenstatistiken verfügbar. Ähnlich wie im Forstwesen werden sich auch Schadenerhebungen an der Bausubstanz aufdrängen.

Interessant in diesem Zusammenhang sind verfügbare *Zahlen aus den USA*, die veröffentlicht worden sind [6]. Danach beträgt der *Bausubstanz-Gesamtschaden an staatlichen Gebäuden* (Bund, Staaten und Gemeinden) und festen Einrichtungen in den USA $ 2,5–3,0 Trillionen.

In dieser Summe sind neben eigentlichen Bauschäden auch überalterte, untaugliche oder unsichere Einrichtungen und Fahrzeuge des Staates erfasst. Wenn man nun von $ 3,0 Trillionen ausgeht und ein Drittel für Einrichtungen, Fahrzeuge und überdurchschnittliche Überalterung abzieht, erhält man eine Vergleichszahl von $ 2,0 Trillionen. Bei einem Schadenvergleich USA – Schweiz muss ein beträchtliches Unterhaltsmanko in den USA in die Berechnung einbezogen werden. Mit der Verminderung um einen Drittel ist dieser Faktor auch gebührend berücksichtigt.

Vergleicht man nun die USA bevölkerungs- und kaufkraftmässig mit der Schweiz, ergibt sich für die Schweiz eine umgerechnete Schadensumme von *122 Milliarden Schweizer Franken*. Selbst wenn diese Zahl auf Grund genauerer Analysen vermindert werden müsste, wäre sie immer noch unglaublich hoch!

Die heutigen normalen *Aufwendungen des US-Haushalts* über ein Jahrzehnt gerechnet reichen nicht einmal aus, einen Drittel der Schäden zu beheben. Ein Kongressberater warnte die Regierung: «Amerikas Infrastruktur ist am Rande des Kollapses!» [7] Die praktizierte Nachlässigkeit zeigt sich in Bild 1. Während des US-Brutto-Sozialprodukt von 1965–1981 um 62% zunahm, verringerte sich im gleichen Zeitraum der Unterhaltsaufwand um 19%. Diese Misswirtschaft rächt sich heute.

Einer weiteren Statistikangabe ist zu entnehmen, dass in den USA zur Zeit 45% aller Brücken reparaturbedürftig sind. Die Hälfte dieser Mängelobjekte dürfen nur noch mit Leichtfahrzeugen befahren werden [8].

Der vorgenannte Kongressberater äusserte sich auch zu den Gründen dieser Situation [7]:

- Die Schäden an Beton, seien es Sichtobjekte oder an erdverlegten Anlagen, werden erst sichtbar, wenn es schon zu spät ist.
- Es fehlt weitgehend eine Kontroll- und Meldepflicht über den Erhaltungsgrad von Bausubstanzen. Seit Jahren hat man versäumt, über die zunehmenden Schäden Buch zu führen bzw. Statistiken zu erstellen.
- Politiker bevorzugen es in der Regel, an Eröffnungen neuer Bauwerke Ehrenbänder zu zerschneiden; der Unterhalt bestehender Objekte dagegen ist weniger interessant.

Mancher Leser wird nun einwenden, diese gravierende Situation treffe nur für die USA zu. Aus jahrelanger Erfahrung können wir feststellen, dass in der Schweiz und dem benachbarten Ausland die Lage keinesfalls besser ist. In den letzten zwei Jahren mehren sich die Schadenfälle an «jungen» Objekten,

d. h. im Alter zwischen 8 und 15 Jahren. Das Suchen nach Schuldigen oder Verantwortlichen bleibt meistens negativ, weil einerseits die Garantiefristen abgelaufen sind und anderseits die schädlichen Umwelteinflüsse (zu spät) erkannt werden.

Was kann heute und zukünftig vorgekehrt werden?

Alle von den Behörden geplanten Massnahmen zur Reduktion des Schadstoffausstosses werden langfristig wirksam werden. Auch eine wesentliche Verminderung der Schadstoffe in der Luft gibt noch keine Gewähr, dass die Bausubstanz nicht angegriffen wird. Höchstens der Zeitfaktor wird sich ändern, indem die Korrosion langsamer wirkt.

Baufachleute, Hausbesitzer, Bauherren und Behörden müssen erkennen, dass *neue Bausubstanz geschützt* werden muss, wenn man sie erhalten will. Ausser der Denkmalpflege, die sich seit Jahren schon verdienterweise um die Erhaltung wertvoller Bausubstanz bemüht, wird man bei Altbauten durch die aufgetretenen Schäden erst jetzt richtig aufmerksam. Bestehende Objekte sollen gründlich überprüft und bei festgestellten Schäden die Reparatur- und Schutzmassnahmen nicht aufgeschoben werden. Nachlässigkeit wird später teuer zu stehen kommen und in vielen Fällen sogar ein Sicherheitsrisiko bedeuten.

Adresse der Verfasser: *R. Ammann,* Chemiker, und *M.G. Santandrea,* Bauspezialitäten/Abt. ASSA, Oberrenggstr. 18, 8135 Langnau-Zürich.

Literatur

[1] Gesundheitsinspektorat Zürich: Schwefeldioxidmessungen Stadt Zürich 1969–1976
[2] Schweizerischer Verband für die Materialprüfung der Technik (SVMT): Rostschutzprüfung von Anstrichen. Prüfblatt Nr. 81, Ausgabe 1930
[3] OECD-Bericht 1983: Immissionen-Verfrachtungen in Europa
[4] *Wischers, G.:* «Beton-Widerstandsfähigkeit». Zement-Taschenbuch, Ausgabe 1976/77
[5] T.F.B. Wildegg: Die Wasserdurchlässigkeit von Zementstein. Cementbulletin Nr. 22, Oktober 1983
[6] *Richardson, D.B.:* «To Rebuild America». U.S. News & World Report, Sept. 1983
[7] *Choate, P.,* Congressional Adviser: US-Kongress-Bericht 1983
[8] Road Information Program, Research Group Washington: US-Strassen- und Brükkenstudie 1983

Wettbewerbe

Überbauung «Eichholz» Steinhausen ZG

In diesem öffentlichen Projektwettbewerb wurden 26 Entwürfe beurteilt. Ergebnis:

1. Preis (15 000 Fr.): R. Brandenberg, Brugg

2. Preis (12 000 Fr.): Hansjörg Gügler, Zollikerberg

3. Preis (11 000 Fr.): Architektengemeinschaft Beat Wiss und Heinz V. Hüsler, Zug

4. Preis (10 000 Fr.): Albert Müller und Partner AG, Baar; Partner: Hanspeter Beck, Ruedi Zeberli

5. Preis (9000 Fr.): Erich Weber, Cham; Mitarbeiter: Gerhard Unternährer, Adolf Zürcher, Gartenarchitekt

6. Preis (8000 Fr.): J. Stöckli, Zug; Mitarbeiter: J. Csòka, B. Nievergelt, H. Staffelbach

Ankauf (6000 Fr.): Markus Rupper, Zug; Mitarbeiter: G. Balzarini

Ankauf (4000 Fr.): Hannes Müller und Alois Staub, Baar; Mitarbeiter: M. Bucher, D. Stefanovic

Fachpreisrichter waren Albert Glutz, Kantonsbaumeister, Zug; Prof. Benedikt Huber, Zürich, Prof. Dolf Schnebli, Zürich, Rico Christ, Zürich; Ersatzfachpreisrichter waren Andreas Nydegger, Leiter des Amtes für Raumplanung, Benno Baumeler, Willisau.

Die Ausstellung der Wettbewerbsprojekte dauert noch bis zum 6. Mai. Sie findet statt im Gewerbebau, Riedstrasse 6, Cham, (vis-à-vis Tennis und Squashcenter) und ist täglich geöffnet von 17 bis 20 Uhr.

Ortszentrum Unterkulm AG

In diesem Wettbewerb auf Einladung wurden sechs Entwürfe beurteilt. Ein Projekt musste wegen schwerwiegender Verstösse gegen Programmbestimmungen von der Preiserteilung ausgeschlossen werden. Ergebnis:

1. Preis (8000 Fr.): Aeschbach + Felber + Kim, Aarau; Mitarbeiter: R. Schenkel, R. Müller

2. Preis: (3000 Fr.): Bachmann + Schibli + Zerkiebel, Aarau; Mitarbeiter: U. Meier

3. Preis (2000 Fr.): V. Langenegger, Muri

4. Preis (1000 Fr.): Froelich + Keller, Brugg

Ankauf (6000 Fr.): R. Weber und Partner AG, Beinwil a. See; Mitarbeiter: O. Kaplan, L. Montanarini, A. Schäpper

Das Preisgericht empfahl der Bauherrschaft, die Verfasser des erstprämiierten und des angekauften Projektes zu einer Überarbeitung einzuladen. Fachpreisrichter waren F. Althaus, Kantonsbaumeister, Aarau, R. Guyer, Zürich, W. Moser, Baden; Ersatzfachpreisrichter waren M. Tschupp, Kantonsbaumeister-Stellvertreter, Aarau, H. Eppler, Baden.

Wettbewerb Appenzell-Innerrhodische Kantonalbank

Im Sommer 1983 veranstaltete die Appenzell-Innerrhodische Kantonalbank einen öffentlichen Projektwettbewerb für die Erweiterung ihres Hauptsitzes in Appenzell. Teilnahmeberechtigt waren alle Architekten, die seit dem 1. Januar 1983 im Kanton Appenzell-Innerrhoden Wohn- oder Geschäftssitz haben sowie drei auswärtige Fachleute. Preisrichter waren T. Etter, Direktor AIKB, Appenzell, Dr. J. Grünenfelder, Eidg. Kommission für Denkmalpflege, die Architekten Prof. B. Hoesli, Zürich, Prof. A. Camenzind, Zürich, E. Stücheli, Zürich. Es wurden neun Projekte beurteilt. Ergebnis:

1. Preis (12 000 Fr.): R. Bamert und R. Kölbener, Appenzell

2. Preis (11 000 Fr.): Peter Thoma, Appenzell; Mitarbeiter: Markus Zbinden, Jürg Niggli

3. Preis (9000 Fr.): Ernst Gisel, Zürich; Mitarbeiter: Heinz Schmid, Toni Güntensperger

4. Preis (6000 Fr.): Koller und Signer, Appenzell

5. Preis (5000 Fr.): Werner Gantenbein, Zürich; Mitarbeiter: Alojz Cerar

6. Preis (4000 Fr.): Albert Dörig, Appenzell

7. Preis (3000 Fr.): F. Filippi, Appenzell; Mitarbeiterin: Hedy Dörig

Das Preisgericht empfahl der Bauherrschaft, die Verfasser der beiden erstrangierten Projekte zu einer Überarbeitung einzuladen.

Zur Aufgabe

Das Raumprogramm umfasste die folgenden Funktionsgruppen: Direktion 85 m², Inspektorat 60 m², Kredite 150 m², Wertschriften 310 m², Kassa und Tresore 415 m², Zahlungsverkehr 120 m², Dienste 70 m², EDV 100 m², Rechnungswesen 170 m², Hilfsflächen 180 m², Technik-, Archiv- und Sonderflächen 1560 m², total 3210 m².

Das Flächenangebot des bestehenden Bankgebäudes war in diesem Raumprogramm bereits integriert. Es sollte sinngemäss belegt werden. Es stand den Teilnehmern offen, das alte Bankgebäude in die Gesamtplanung einzubeziehen oder aber den Abbruch mit entsprechenden Neubauten vorzusehen.

In den Randbedingungen wurde unter anderem besondere Rücksichtnahme auf das auf der nördlich angrenzenden Parzelle stehende Haus Salesis gefordert. Es war als Denkmalschutzobjekt in die städtebaulichen Überlegungen einzubeziehen. Eine verbindliche Ausnützungsziffer war nicht gegeben. Die teilweise Nutzung des Areals nördlich des bestehenden Bankgebäudes war möglich, wenn damit bessere räumliche und ku-

Fortsetzung Seite 381