Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 60-61 (1992-1993)
Heft: 11

Artikel: Untersuchung von Brandschäden
Autor: Hermann, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153774

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: 05.08.2025

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

CEMENTBULLETIN

NOVEMBER 1992 JAHRGANG 60 NUMMER 11

Untersuchung von Brandschäden

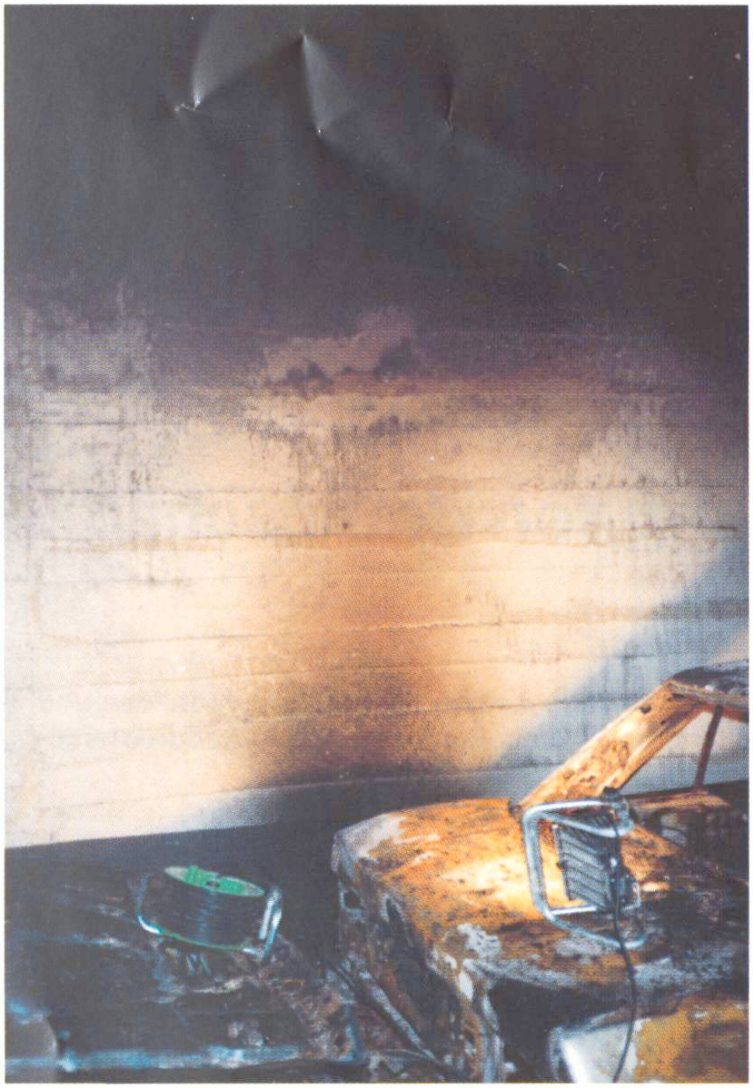
Ermittlung von Brandschäden: visuelle Aufnahme des Schadenbildes und zerstörungsfreie Untersuchungen, Probenentnahmen sowie Laboruntersuchungen.

Beton brennt nicht, erleidet aber bei einem Brand je nach Temperaturbelastung unterschiedlich grosse Schäden. In der letzten Ausgabe des «Cementbulletin» wurde eine allgemeine Übersicht über das Brandverhalten von Beton und Stahlbeton gegeben [1]. Auf die dort festgehaltenen Ergebnisse wird hier nur dann eingegangen, wenn dies zum Verständnis bestimmter Massnahmen notwendig ist.

Brandgeschädigte Beton- und Stahlbetonbauten lassen sich eigentlich immer sanieren. Ob eine Sanierung dagegen sinnvoll ist, muss erst sehr sorgfältig abgeklärt werden. Neben Überlegungen baulicher und finanzieller Art spielen dabei viele andere Faktoren mit. Soll beispielsweise nach einem Fabrikbrand möglichst schnell wieder mit der Produktion im geschädigten Bereich begonnen werden, wird man sich für eine Sanierung entscheiden. Auch veränderte Bauvorschriften, die einen Neubau verunmöglichen oder doch erschweren, können ein Argument gegen einen Abbruch und für eine Sanierung sein. Technisch mögliche Sanierungen einer veralteten Konstruktion sind wenig sinnvoll, wenn eine Neukonstruktion den gegenwärtigen Bedürfnissen eines Unternehmens weit mehr entsprechen würde. Meistens werden die Gründe überwiegen, die für eine Sanierung sprechen.

Mit der Sanierung eines brandgeschädigten Bauwerks kann erst begonnen werden, wenn sein Zustand möglichst sorgfältig abgeklärt worden ist. Dabei spielt die Erfahrung der beteiligten Spezialisten eine wichtige Rolle. Der Fachmann für die Abklärung der Brandschäden sollte eng mit einem Ingenieur zusammenarbeiten, der für die

2



Wenn das Benzin im Tank gebrannt hat: Die stark brandgeschädigte, verfärbte Zone der Betonwand ist relativ klein.
(Foto: Geotest)

Statik zuständig ist. Zudem sollte der Unternehmer, der die Sanierung voraussichtlich durchführen wird, möglichst frühzeitig beigezogen werden.

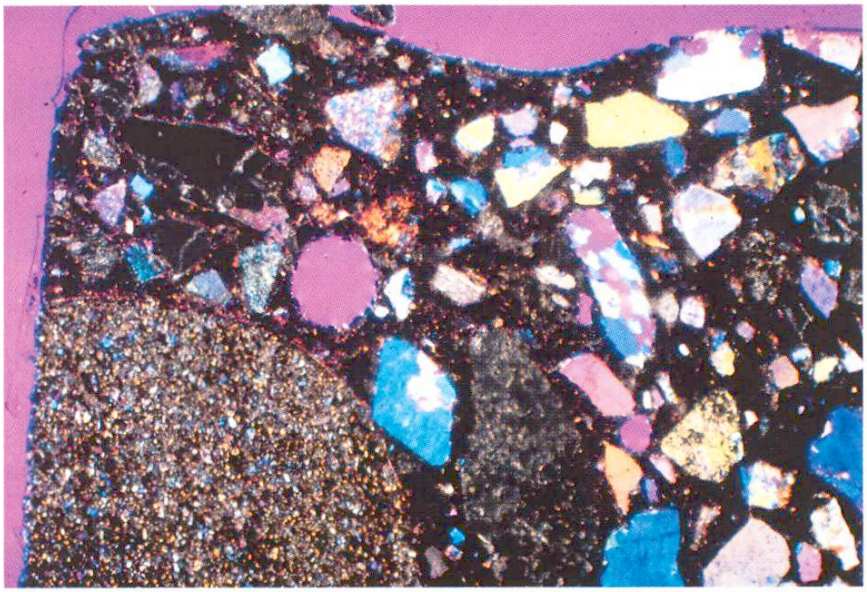
Vorgehen bei der Abklärung von Brandschäden

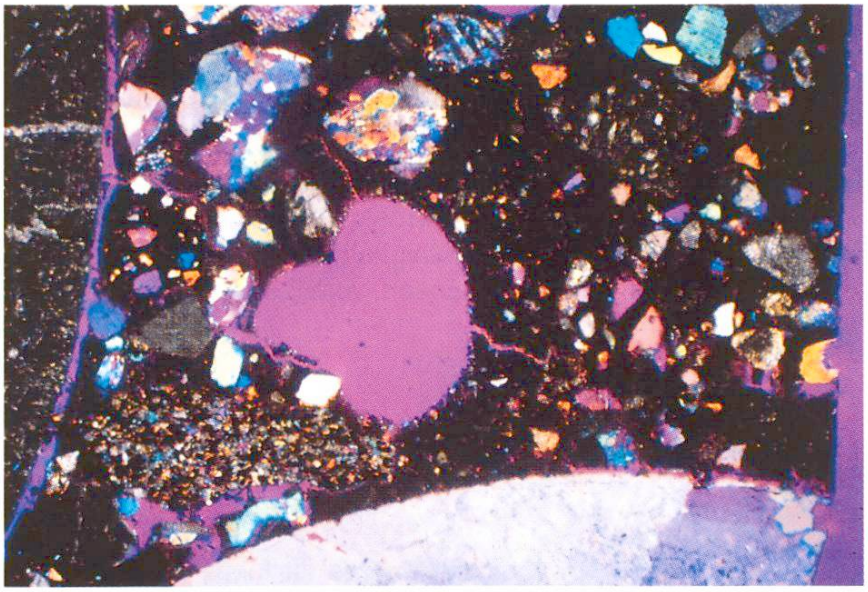
Das Ausmass der Zerstörung einer Beton- oder Stahlbetonkonstruktion nach einem Brand hängt von der Branddauer, den erreichten Temperaturen, dem statischen System der Bauwerkselemente, der Belastung, den Querschnittsabmessungen von Decken, Trägern, Stützen usw. sowie weiteren Einflüssen ab. Diese verschiedenen, sich teilweise überlagernden Faktoren bestimmen das Ausmass der Schädigung des Bauwerks. Die wichtigsten sind:

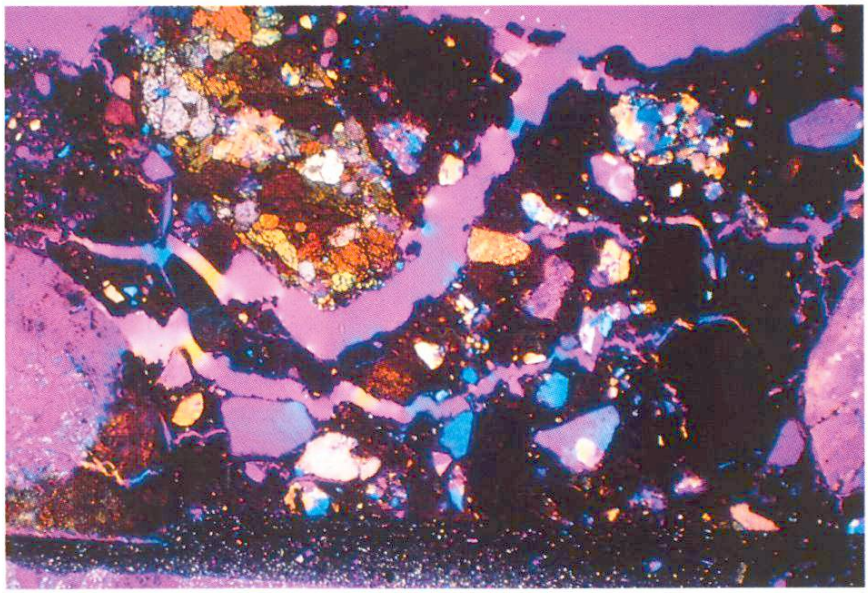
- Festigkeitsverluste des Betons (Gefügestörungen)
- Festigkeitsverluste der Bewehrung (sofern vorhanden)
- Schädigung des Verbundes Stahl/Beton
- Verformungen der Konstruktion

Der vorliegende Artikel ist nach einer ausführlichen Diskussion mit Fachleuten entstanden, die viel Erfahrung bei der Abklärung bzw. bei

3







Einfluss steigender Temperaturen auf Beton: Bei 300 °C (oben) sind keine Schäden sichtbar, bei 600 °C (Mitte) treten Risse im Zementstein auf, und bei 980 °C ist der Beton fast vollständig zerstört. (Ausschnittgrösse 3,7 × 5,4 mm; polarisiertes Licht und λ-Plättchen.)

(Fotos: TFB, Vernier)

der Sanierung von Brandschäden in Betonbauten haben [2]. Weitere Informationen können der Literatur [3–8] entnommen werden.
Als nützlich bei der Abklärung von Brandschäden hat sich ein systematisches Vorgehen erwiesen, bei dem nacheinander folgende Stufen durchlaufen werden:

- visuelle Aufnahme des Schadenbildes und zerstörungsfreie Untersuchungen
- Probenentnahmen
- Laboruntersuchungen

Visuelle Aufnahme des Schadenbildes

Wenn ein Gebäude voraussichtlich saniert werden wird, sollten Fachleute möglichst kurz nach dem Brand, also noch vor den Aufräum- und Reinigungsarbeiten, mit einer ersten Inspektion des Brandraumes beginnen. Sie sollten sich einen Überblick über seine Geometrie, die Art, Menge und Verteilung der brennbaren Materialien sowie die Ventilationsbedingungen (Sauerstoffzufuhr!) verschaffen. Feuerwehrleute und Zeugen des Brandes können wertvolle Auskünfte über die Dauer und möglicherweise sogar über die erreichten Temperaturen geben.
Auch der Zustand von nicht brennbaren Stoffen vermittelt Hinweise auf die maximal erreichten Temperaturen. Sind beispielsweise Gegenstände aus Aluminium geschmolzen, betrug die Maximaltemperatur im betroffenen Bereich über 700 °C. Zahlreiche andere Materialien können als Indikatoren bei der Festlegung der Brandtemperaturen dienen. Einige von ihnen sind in *Tabelle 1* zusammengefasst. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in unmittelbarer Nähe eines Brandherdes bereits innerhalb eines Umkreises von 1 m Temperaturunterschiede von einigen 100 °C auftreten können.
Beton, der oberflächlich keine Schäden aufweist, hat in der Regel keine tieferwirkenden Festigkeitsverluste erlitten. Risse und Abplatzungen dagegen sind Hinweise auf übermässige Temperaturbelastungen. Sie lassen vermuten, dass Gefügestörungen vorhanden sind.
Schäden an der Bewehrung können selbstverständlich dann direkt festgestellt werden, wenn Abplatzungen grösseren Ausmasses vorliegen. Allerdings wird davor gewarnt, aus dem Grad der Durchbiegung der Stähle zu weitgehende Schlüsse über die aufgetretenen Temperaturen zu ziehen: Die Eigenschaften der Ausgangsmaterialien, das statische System des Bauwerks und die während des Brandes aufgetretenen mechanischen Belastungen beeinflussen den Zustand der Bewehrung [5].
Russbedeckte Flächen sind ein Hinweis auf relativ niedrige Brandbelastung, denn Russ brennt oberhalb 800 °C schnell ab und hinterlässt

Temperatur-bereich	Indikatoren
150 °C	Gegenstände aus *Polyethylen* erweicht bzw. geschmolzen.
200–300 °C	Cellulosehaltige Gegenstände *(Holz, Papier)* geschwärzt.
200–300 °C	Gegenstände aus *Blei* geschmolzen.
> 250 °C	Gegenstände aus *Polystyrol* geschmolzen.
> 300 °C	*PVC* (zum Beispiel Kabelisolationen) geschmolzen.
300–400 °C	*Stahloberflächen* blau angelaufen (verschwindet bei höheren Temperaturen wieder).
400 °C	Sanitärinstallationen aus *Zink* geschmolzen.
≥ 400 °C	Natursteinvliesen und Marmorstufen auf Treppen kalziniert und gebrochen.
> 400 °C	Rückbildung von *Calciumhydroxid* aus thermisch gebildetem Calciumoxid. (Als Pulver auf Betonteilen nachgewiesen.)
500–600 °C	Gegenstände aus *Glas* (Flaschen, Gläser) erweicht.
> 700 °C	Gegenstände aus *Aluminium* geschmolzen.
850 °C	Gegenstände aus *Glas* (Flaschen, Gläser) zerflossen.
950 °C	Gegenstände aus *Silber* geschmolzen.
< 1000 °C	*Zuschläge* im Beton (stabil bis 1000 °C) nicht beschädigt.
1000 °C	Gegenstände aus *Bronze* geschmolzen.
ca. 1000 °C	Netz von *Rissen* auf belüfteter Betonoberfläche bis 2 cm Tiefe.
> 1000 °C	*Silikatglas* geschmolzen.
1000–1100 °C	Gegenstände aus *Kupfer* (Kabel) geschmolzen.
1100–1200 °C	Gegenstände aus *Gusseisen* (Radiatoren) geschmolzen.
> 1200 °C	*Mauerwerk* gesintert.

Tab. 1. Hinweise auf Minimal-/Maximaltemperaturen am Fundort [5–8].

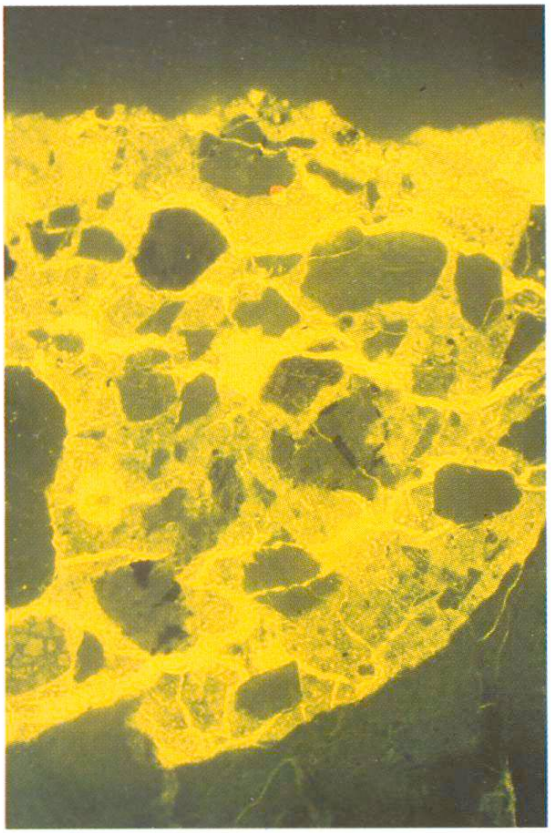
keine Spuren. Zu beachten ist allerdings, dass der Russ auch erst während der Abkühlphase aufgetreten sein kann. Unterschiede in der Beschaffenheit der Betonoberflächen ermöglichen dem Fachmann aber eine Unterscheidung zwischen den beiden Brandtemperaturzuständen [5].

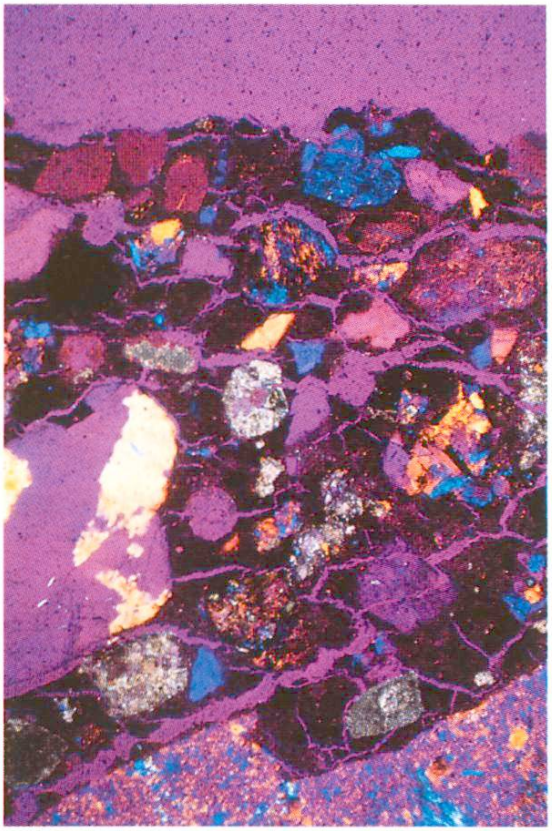
Zerstörungsfreie Untersuchungen

Beton mit keinen sichtbaren Schäden oder nur geringfügigen Abplatzungen hat meistens keine oder doch nur unbedeutende Veränderungen erlitten. Durch Abklopfen mit einem Hammer lassen sich schadhafte Stellen im Beton lokalisieren: Der Klang von intaktem Beton unterscheidet sich vom dumpfen Klang des geschädigten Betons.

Mit dem *Schmidthammer* [9] können durch vergleichende Messungen ausserhalb des Brandbereichs qualitative Angaben über die Stärke von Schäden erhalten werden. Voraussetzung ist allerdings, dass keine Abplatzungen vorliegen und die Oberfläche eben ist.

Auch *Ultraschallmessungen* haben sich bei zerstörungsfreien Untersuchungen bewährt, da Ultraschallwellen sehr empfindlich auf Gefügestörungen (Rissbildungen) reagieren. Gemessen wird die Laufzeit eines Ultraschallimpulses zwischen einem Impulsgeber und einem gegenüberliegenden Empfänger. Mit leistungsfähigen Geräten kön-





Mikroskopische Dünnschliffuntersuchungen einer brandgeschädigten Betonprobe: Hohe Temperaturen haben Risse im Zementstein, an der Verbundzone Zuschlag/Zementstein und im Zuschlag verursacht. (Bildausschnitt: 2,7×1,8 cm; links Fluoreszenzlicht, rechts polarisiertes Licht und λ-Plättchen.) (Foto: TFB, Vernier)

7 nen Bauteile mit 60 bis 70 cm Dicke «durchschallt» werden. Vor allem Säulen, aber auch Decken, wenn sie von oben und unten zugänglich sind, lassen sich damit leicht auf ihren Zustand untersuchen. Korrelationen mit der Druckfestigkeit des Betons sind zwar möglich, werden aber meistens nicht gemacht.
Besonders im Hinblick auf mögliche Chloridschäden kann es auch notwendig sein, die Bewehrungseisen zu lokalisieren. Fehlen die entsprechenden Pläne, geschieht dies mit Hilfe eines auf magnetischer Basis arbeitenden Suchgeräts.

Probenentnahmen

Wenn Bereiche mit möglichen Schädigungen durch die visuellen und zerstörungsfreien Untersuchungen ausgemacht worden sind, werden Bohrkerne gezogen. Sie können zur Identifikation von Gefügestörungen und zur Bestimmung der Betonqualität (Festigkeit) verwendet werden. Wichtiger aber sind mikroskopische Untersuchungen mittels Dünnschliffen, mit denen Schädigungen im Betongefüge (Risse, Störungen im Verbund) nachgewiesen werden können (siehe *Abbildungen)*. Hinweise auf die Temperaturbelastung gibt auch die Farbe des Betons: Der rosarote Bereich war einer Temperatur von 300 bis 600 °C ausgesetzt. Zuverlässig ist diese Methode allerdings nicht, denn die Verfärbungen treten nicht immer auf.
Sind grössere Mengen an PVC verbrannt, was bei Bränden im Gebäudeinneren fast immer zutrifft, ist mit einer Chloridverseuchung des Betons zu rechnen [10]. Zu berücksichtigen ist, dass die höchsten Chloridkonzentrationen oft im nicht feuergeschädigten Bereich auftreten. Zuverlässig lassen sich Chloridkonzentrationen an Oberflächen und im Innern des Betons nur im Labor bestimmen. Die dafür benötigten Proben werden entweder durch oberflächliches Abkratzen oder Abtupfen einer 10 × 10 cm grosse Fläche mit einem in verdünnte Salpetersäure getauchten Wattebausch gewonnen. Anhand von Proben aus den gegebenenfalls entnommenen Bohrkernen kann ein Tiefenprofil der Chloridbelastung erstellt werden.
Die Kombination der Resultate sämtlicher Untersuchungen ergibt zusammen mit der Beurteilung des Ingenieurs (Statik!) darüber Auskunft, wo Brandschäden vorliegen, die nicht allein durch eine Reinigung behoben werden können. Sie ermöglichen auch dem Besitzer des Gebäudes, die Entscheidung zwischen Sanierung und Neubau zu treffen. Gleichzeitig bilden sie die Grundlage für die Ausschreibung der Sanierungsarbeiten.

Kurt Hermann

8 Literatur

[1] *Hermann, K.,* «Brandverhalten von Beton», Cementbulletin **60** [10] (1992).

[2] Ich danke den Herren *Ernst Büchi,* Geotest, Zollikofen, *Roger Heinz,* Geotest, St.Gallen, und *Edy Gnehm,* Greuter AG, Hochfelden, für ihre Unterstützung.

[3] *Ruffert, G.,* «Brandschäden an Stahlbetonkonstruktionen», Deutsche Bauzeitschrift **39** [11], 1659–1668 (1991).

[4] «Assessment of fire-damaged concrete structure and repair by gunite», Concrete Society Technical Report No. **15**, May 1978.

[5] *Haksever, A.,* und *Krampf, L.,* «Möglichkeiten, nachträglich die in einem Betonbauteil während eines Schadenfeuers aufgetretenen Temperaturen abzuschätzen», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft **352**, 35–65 (1984).

[6] *Schneider, U.,* «Brandschäden an Stahlbetonbauwerken», schriftliche Unterlagen zur Fachveranstaltung «Reparaturfähigkeit von Stahlbetonbauteilen nach einem Brand» der Haus der Technik eV, Essen, vom 5. Mai 1988.

[7] *Nene, R.L.,* und *Kavle, P.S.,* «Rehabilitation of a Fire Damaged Structure», in *Malhotra, V.H.* (Ed.), «Evaluation and Rehabilitation of Concrete Structures and Innovations in Design», Proceedings ACI International Conference Hong Kong, 1991, American Concrete Institute, Detroit (Mi.), SP-128, Volume II, Seiten 1195–1211 (1992).

[8] «Fire design of concrete structures», Bulletin d'information no. **208** des Comité Euro-International du Béton (1991).

[9] *Trüb, U.A.,* «Einsatz des Betonprüfhammers für die Qualitätskontrolle», Cementbulletin **53** [16] (1985).

[10] *Bernhard, H.,* «Erkennen, Bewerten und Beseitigen der durch Brandgase an Bauteilen entstehenden Korrosionsschäden» schriftliche Unterlagen zur Fachveranstaltung «Reparaturfähigkeit von Stahlbetonbauteilen nach einem Brand» der Haus der Technik eV, Essen, vom 5. Mai 1988.

Korrektur

Im Cementbulletin Nr. 7 dieses Jahres ist leider eine Ungenauigkeit enthalten. Auf Seite 6, ganz oben, sollte es heissen: ... kg/m^3 angegeben. *Als maximale Dosierung gelten 7 Gewichtsprozent (170 kg/m^3) [5].* Ein wesentlicher Grund ...

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
Postfach Telefon 064 57 72 72
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Telefax 064 53 16 27