

# Untersuchung von Brandschäden

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **60-61 (1992-1993)**

Heft 11

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153774>

## **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.

# CEMENTBULLETIN

NOVEMBER 1992

JAHRGANG 60

NUMMER 11

---

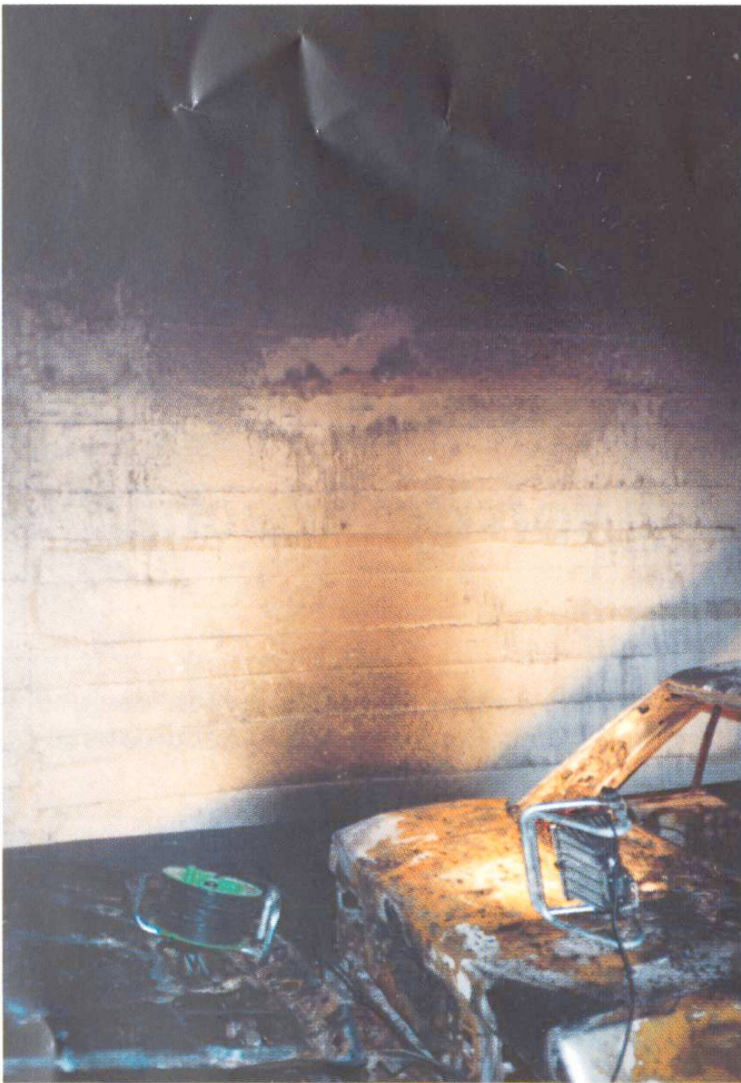
## Untersuchung von Brandschäden

**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



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**

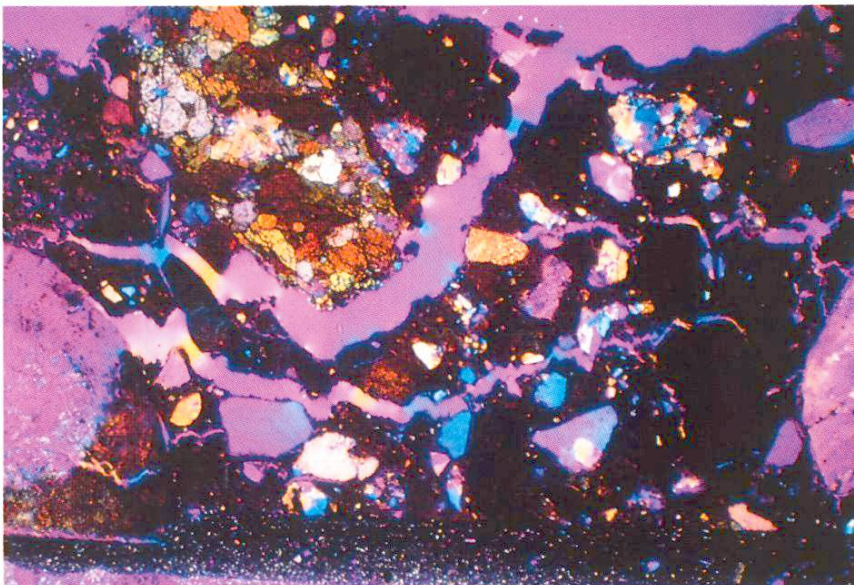
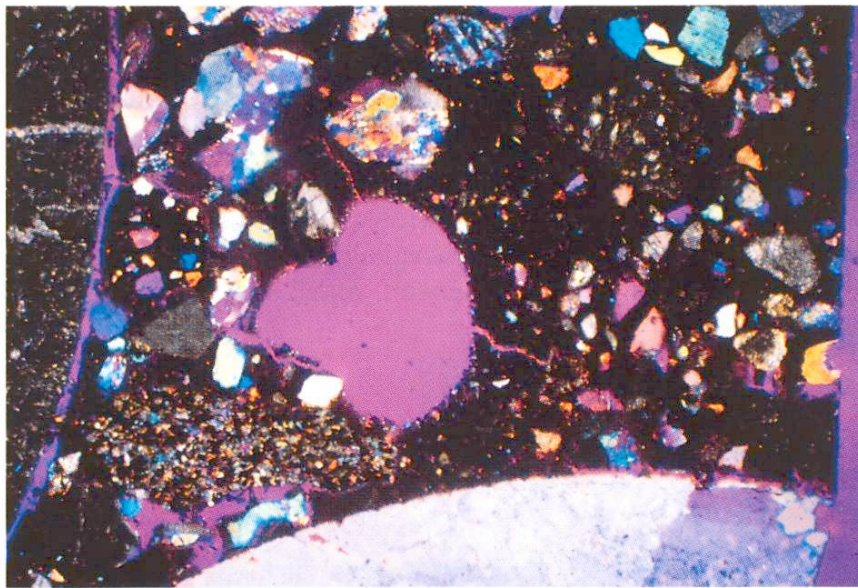
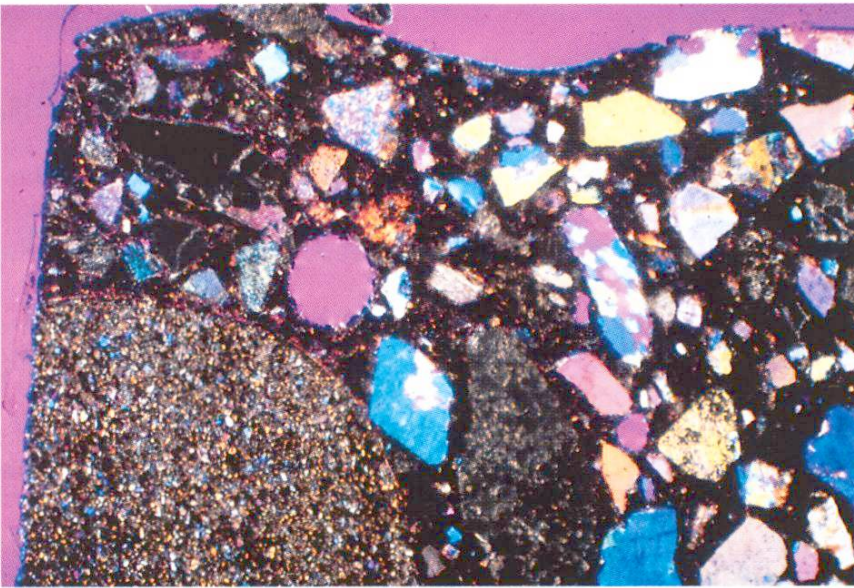
Das Ausmass der Zerstörung einer Beton- oder Stahlbetonkonstruktion nach einem Brand hängt von der Branddauer, den erreichten Temperaturen, dem statischen System der Bauwerkselemente, der Belastung, den Querschnittsabmessungen von Decken, Trägern, Stützen usw. sowie weiteren Einflüssen ab. Diese verschiedenen, 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  $\lambda$ -Plättchen.)

(Fotos: TFB, Vernier)



4 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



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



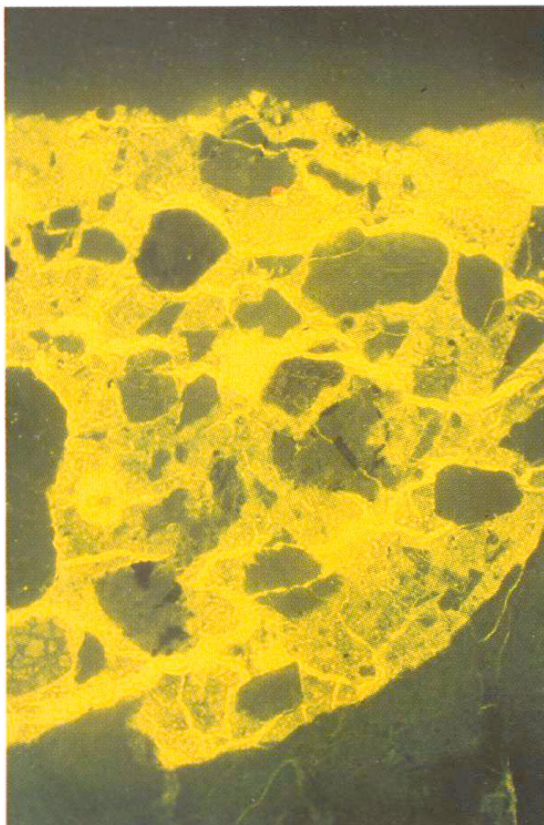
- 6 keine Spuren. Zu beachten ist allerdings, dass der Russ auch erst während der Abkühlphase aufgetreten sein kann. Unterschiede in der Beschaffenheit der Betonoberflächen ermöglichen dem Fachmann aber eine Unterscheidung zwischen den beiden Brandtemperaturzuständen [5].

### 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  $\lambda$ -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 Bohrkerne 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<sup>3</sup> angegeben. *Als maximale Dosierung gelten 7 Gewichtsprozent (170 kg/m<sup>3</sup>)* [5]. Ein wesentlicher Grund ...

---

**TFB**

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